

## Sleutelfactor Toxiciteit



### De DPSIR-aanpak van de kaderrichtlijn water (KRW) en toepassing en nut voor de Ecologische Sleutel Factor Toxiciteit (versie 2.0)

#### Achtergronddocument beschikbare kennis bij de sleutelfactor Toxiciteit

**Auteurs:**

Leo Posthuma (RIVM)  
Inge van Driezum (RIVM)  
Jos van Gils (Deltares)  
Tessa Pronk (KWR-Water Cycle Research)

Contact: [leo.posthuma@rivm.nl](mailto:leo.posthuma@rivm.nl)

**Datum: 30 november 2021**

Bij verwijzing naar deze notitie graag de volgende gegevens gebruiken:

Posthuma, L., I. Van Driezum, J. Van Gils and T. Pronk (2021). De DPSIR-aanpak van de kaderrichtlijn water (KRW) en toepassing en nut voor de Ecologische Sleutel Factor Toxiciteit (versie 2.0). Achtergronddocument beschikbare kennis bij de sleutelfactor Toxiciteit. Versie 1, 30 oktober 2021. KIWK-Toxiciteit Notitie S4a. Amersfoort, the Netherlands. Kennis Impuls Water Kwaliteit.

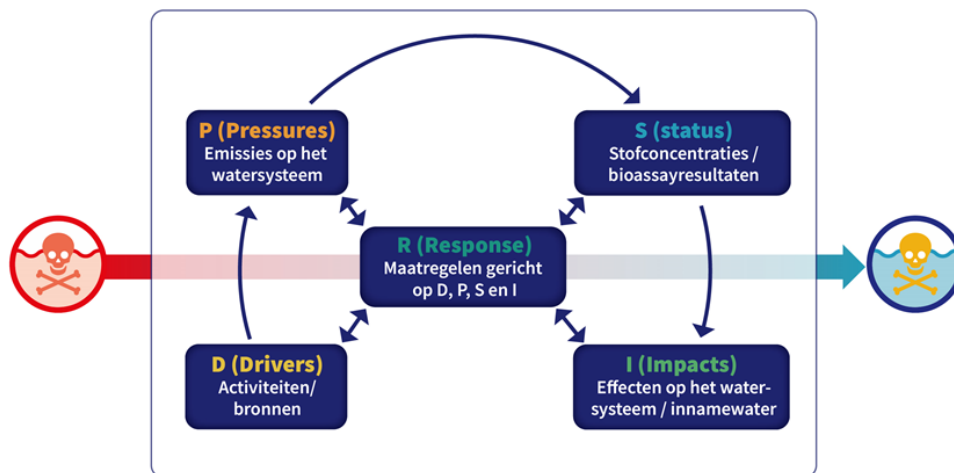




## Highlights

1. Chemische verontreiniging van oppervlaktewateren belemmert de ecologische toestand en verhoogt de zuiveringsinspanning voor de productie van drinkwater.
2. Diagnose van chemische verontreiniging is moeilijk door de hoge aantallen stoffen en de variabiliteit aan mengsels in oppervlaktewateren.
3. De Kaderrichtlijn Water (KRW) biedt een systematische aanpak voor diagnose
4. Die benadering heet 'het DPSIR-model'
5. De diagnose bestaat uit het verzamelen van waarnemingen over economische activiteiten, emissies, waterkwaliteit en effecten (resp. Drivers, Pressures, Status en Impacts).
6. De ESFT2 aanpak omvat hulpmiddelen voor elke DPSI-stap.
7. De KRW is actiegericht, met als doel schoon en voldoende water, via maatregelen.
8. De ESFT2-aanpak plaatst de maatregelen (Respons) centraal.
9. De maatregelen kunnen op allerlei aspecten gericht worden; de ESFT2 levert hiervoor een opzoektabel met mogelijke maatregelen.
10. Het verzamelen van DPSI-gegevens verschilt van geval tot geval, en elke combinatie van gegevens kan voldoende zijn voor maatregelen
11. De ESFT2 levert bijvoorbeeld kaartbeelden van de chemische verontreiniging van de periode 2013-2018, als bestaande gegevens over de Status van chemische verontreiniging.

## Grafische samenvatting



De DPSIR-analyse (*Drivers, Pressures, Status, Impacts, Response*) die onder de Kaderrichtlijn Water voorgesteld wordt voor het uitvoeren van een op maatregelen gerichte diagnose van de mogelijke effecten van allerlei drukfactoren, waaronder chemische verontreiniging. Het DPSIR-model is in de ESFT2 op een nieuwe wijze getekend, zodat benadrukt wordt dat waterbeheerders – gedurende het verzamelen van gegevens – voortdurend gericht blijven op de vraag of er al genoeg gegevens zijn om maatregelen (R) te nemen.



## Inhoudsopgave

Highlights .....	3
Grafische samenvatting .....	3
Inhoudsopgave.....	4
Samenvatting.....	5
1 Inleiding.....	6
2 Gerelateerde onderwerpen.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3 Stappenplan toepassingen DPSIR .....	10
3.1 Volgorde en samenvoegen van DPSI-resultaten .....	10
3.2 Drivers (D) – economische activiteiten .....	11
3.3 Pressures (P) – de emissies.....	12
3.4 Status (S) – de toestand van de waterkwaliteit .....	12
3.5 impacts (I) – het effect op de ecologische toestand of de zuiveringsinspanning.....	14
3.6 Response (R) – de maatregelen .....	15
3.7 Samenwerking bij de DPSIR-aanpak .....	15
4 Voorbeeld van de toepassing van de DPSIR-aanpak .....	16
4.1 Inleiding op het voorbeeld.....	16
4.2 De voorbeeld-casus: RWZI's .....	16
4.2.1 RWZI's als Driver .....	16
4.2.2 Uitvoering.....	16
4.2.3 Resultaten (1) - Nederland.....	17
4.2.4 Resultaten (2) – Regionaal Waterbeheer (Aa en Maas) .....	17
4.2.5 Resultaten (3) – Alle regionale beheerders.....	18
4.2.6 Afleiding van Status en Impacts.....	19
4.2.7 Evaluatie van de RWZI-analyses .....	20
5 Randvoorwaarden.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
6 Kosten en baten .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
7 Governance.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
8 Praktijkervaringen en lopende onderzoeken.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
9 Kennisleemten .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
10 Lopende initiatieven .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
11 Bronen & Links .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
12 Verantwoording.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Colofon.....	21
Referenties.....	21



## Samenvatting

De Kaderrichtlijn Water suggereert het gebruik van de DPSIR-aanpak om op systematische wijze een watersysteemanalyse uit te voeren. Aan de hand van de watersysteemanalyse kunnen doelen opgesteld worden en maatregelen genomen worden die bijdragen aan de goede ecologische status van waterlichamen en een zo gering mogelijke zuiveringsopgave voor drinkwaterbedrijven.

Bij de DPSIR-aanpak wordt informatie verzameld over vier typen van gegevens, die samen leiden tot een maatregelenpakket, de Response (R): de Drivers (D), Pressures (P), Status (S) en Impact (I). Of in gewoon Nederlands: een analyse van de economische activiteiten (D), van de daarbij te verwachten of waargenomen emissies (P), de fysisch-chemische en hydromorfologische aspecten van de waterkwaliteit inclusief chemische verontreiniging (S) en de effecten op de ecologische toestand of de zuiveringsinspanning (I). De DPSIR-analyse wordt op systeemniveau ingezet, omdat landgebruik de emissies bepaalt, en omdat water stroomt en verontreinigingen zich daardoor verplaatsen.

Deze notitie beschrijft de flexibele inzet van de DPSIR-analyse voor de diagnose van de mogelijke aanwezigheid van chemische verontreinigingen en de effecten daarvan. Dit om voor chemische verontreinigingen (kosten)effectieve maatregelen te kunnen afleiden (Response).

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



## 1 Inleiding

### 1.1 Praktijkprobleem: greep op chemische verontreiniging

Waterbeheerders en drinkwaterbedrijven worden regelmatig geconfronteerd met een achteruitgang in waterkwaliteit en een daarbij behorende verminderde ecologische toestand en een groter wordende zuiveringsopgave. Deze achteruitgang kan veroorzaakt worden door chemische stoffen. De rol van toxische stoffen en andere drukfactoren loopt echter nogal door elkaar heen. Dus: hoe diagnosticeer je de rol van chemische verontreinigingen, en hoe doe je dat slim, systematisch, compleet en efficiënt?

### 1.2 Kaderrichtlijn Water methode: de DPSIR-analyse

De DPSIR aanpak die in de kader richtlijn water (KRW) gebruikt wordt helpt bij het in kaart brengen van verschillende factoren die dit veroorzaken en bij het nemen van maatregelen. DPSIR staat voor een analyse van Drivers, Pressures, Status, Impacts en Responses.

Bij de DPSIR-aanpak wordt gebruik gemaakt van informatie over *Drivers* (economische activiteiten) als uiteindelijke bronnen van verminderde waterkwaliteit (bijvoorbeeld op basis van landgebruikskaarten en specifieke economische en demografische gegevens), *Pressures* (de emissies: welke stoffen komen voort uit de geïdentificeerde *Drivers*?), *Status* (de lotgevallen van de geëmitteerde stoffen: wat is door de emissie en transporten in het watersysteem de huidige status van het waterlichaam, komt er verontreiniging voor in het water?) en de *Impacts* (de aantasting van de waterkwaliteit in termen van lagere ecologische toestand of hogere zuiveringsopgave) van deze ontwikkelingen op het ecosysteem en de zuiveringsopgave.

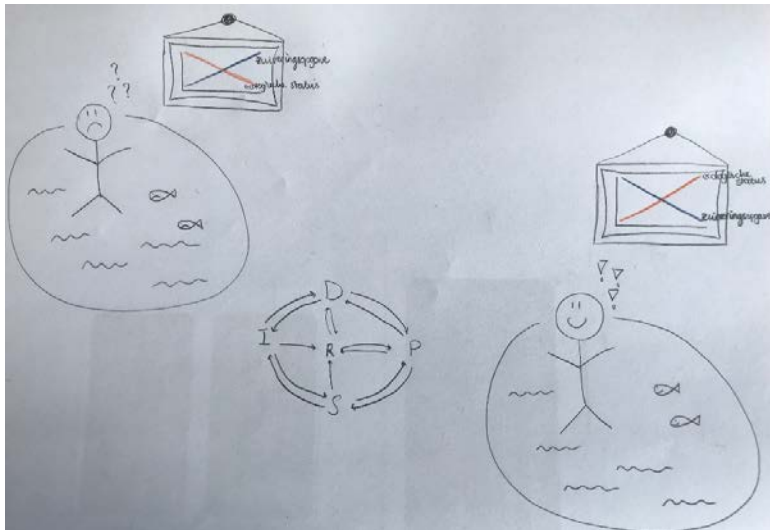
De DPSIR-aanpak wordt binnen de KRW gebruikt om tot een goede watersysteemanalyse te komen. Deze watersysteemanalyse helpt bij het opstellen van doelen en maatregelen voor het verbeteren van de ecologische status van het waterlichaam en voor het indammen van de zuiveringsopgave van de drinkwaterbedrijven. Het DPSIR-denkmodel is enkele decennia oud, en kent allerlei vormen (zie bijvoorbeeld de tekeningen en de uitleg van het Planbureau voor de Leefomgeving ([https://www.pbl.nl/sites/default/files/rest/cms/afbeeldingen/0046\\_016s\\_en\\_adhoc.pdf](https://www.pbl.nl/sites/default/files/rest/cms/afbeeldingen/0046_016s_en_adhoc.pdf)) of de helpdesk Water (<https://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/wetgeving-beleid/kaderrichtlijn-water/uitvoering/rijn-west/we/krw/dpsir/>)).

### 1.3 De ESFT2 specificatie van de DPSIR-analyse

Omdat de KRW actiegericht is (het nemen van maatregelen bij actuele of dreigende verminderde waterkwaliteit is verplicht) heeft het KIWK-Toxiciteit project het denkmodel aangepast, met een centrale positie van de R, van Response (Maatregelen). Figuur 1 geeft de schets die tijdens een brainstorm van het project gemaakt is: de Response is centraal geplaatst, terwijl de pijlen in beide richtingen aanduiden:

1. Pijlen van DPSI naar R: “Genoeg is genoeg”: waterbeheerders kunnen maatregelen nemen als er afdoende informatie is dat chemische verontreiniging nadelige effecten hebben
2. Pijlen van R naar DPSI: “Er zijn vele maatregelen denkbaar”: waterbeheerders kunnen de Maatregelen-strategie en -opzoektabel van de ESFT2 gebruiken als hulpmiddel bij het vinden van lokaal best-passende maatregelen.



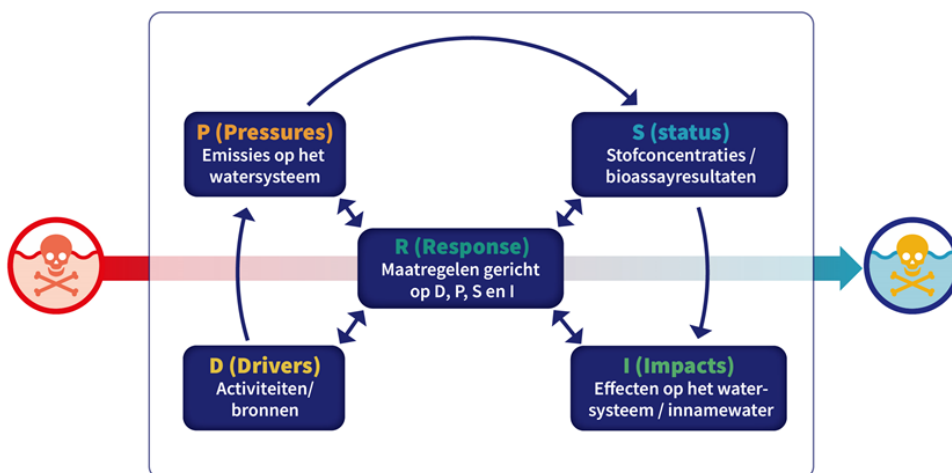


**Figuur 1.** Schets van het ESFT2-specifieke DPSIR-schema, waarbij het oorspronkelijke DPSIR-schema vanwege de actiegerichtheid van de KRW her-ontworpen is tot een schema met een centrale rol voor de R (Response, Maatregelen). Schets: Inge van Driezum/Leo Posthuma.

Hoewel de DPSIR-analyse vaak wordt weergegeven als lineair systeem (waarbij een goede Response een verbetering bij D, P, S en/of I kan bewerkstelligen) is het beter om het nieuwe, typerende cirkelvormige ESFT2-systeem van Figuur 1 te gebruiken met de dubbele pijlen naar de R:

- de Response wordt afgeleid van informatie die verzameld kan worden over de D, P, S en/of I; dit is kortweg de ‘diagnose’ (de werkwijzen voor de diagnose worden via de ESFT2-website en andere KIWK-Tox Notities toegelicht)
- de Response (het maatregelenpakket) grijpt ook potentieel op één of meer van die factoren aan (zie voor Maatregelen-strategie en -opzoeklijst de ESFT2-website, bij het menu “Respons”)

De schets van Figuur 1 is daarom omgewerkt naar de grafische weergave van de ESFT2-DPSIR analyse in Figuur 2. De ESFT2 biedt voor alle onderdelen hulpmiddelen.



**Figuur 2.** De ESFT2-specifieke weergave van het DPSIR-concept, waarbij de maatregelen centraal gesteld worden, in lijn met de actiegerichtheid van de KRW. Voor elk onderdeel heeft de ESFT2 één of meer hulpmiddelen, die vaak eenvoudig bruikbaar zijn.



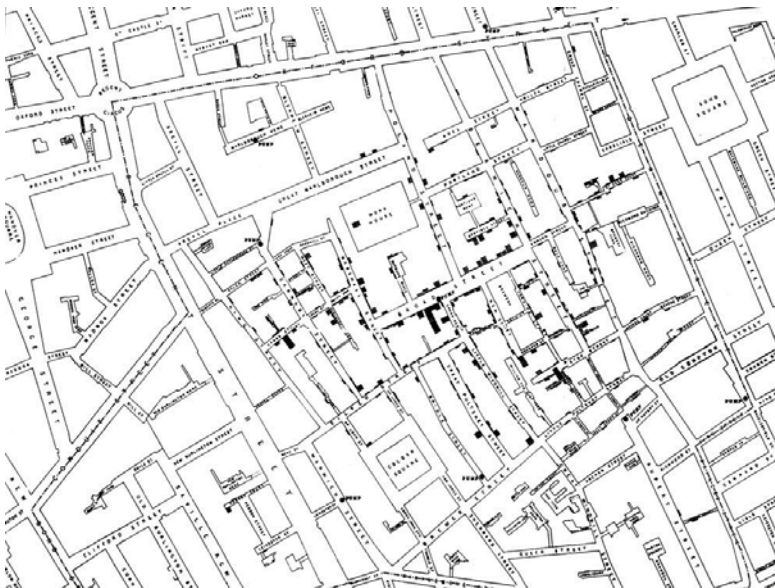
### 1.4 Leuke feitjes: de DPSIR historie en bewezen nut

De DPSIR-aanpak heeft zijn wortels in een meer dan 40 jaar oude rapportage van Statistics Canada: “Towards a comprehensive framework for environmental statistics. A stress-response approach” (Rapport and Friend, 1979). In dat rapport wordt beschreven hoe milieubeleid en -beheer in de praktijk ondersteund kan worden door het systematische verzamelen van gegevens over:

1. Eenvoudig zichtbare ‘macro-variabelen’ (zoals economische activiteiten en bevolkingsdichtheid, en emissies ten gevolge van die activiteiten), en
2. Specifiek te bepalen ‘micro-variabelen’ (gegevens over de eigenschappen van bijvoorbeeld een watersysteem ten gevolge van de emissies, afgeleid van bijvoorbeeld monitoring-gegevens van stoffen en over aquatische organismen).

Door de slimme combinatie van de macro- en de micro gegevens is een basis gelegd voor een goede en systematische diagnose van waterkwaliteitsproblemen: de DPSIR-analyse zoals die nu bekend is. Volgens de KRW wordt de methode op land- en watersysteemniveau toegepast.

De DPSIR-analyse is herkenbaar in een klassiek geval van het aanpakken van gevolgen van verontreiniging van drinkwaterbronnen. Namelijk, dat de cholera-epidemie in Londen in 1854 werd aangepakt, doordat Dr. Snow via een systeemanalyse verzamelde gegevens over de spreiding van de ziekte een drinkwaterpomp af liet sluiten (Smith, 2002). Anders gezegd: Dr. Snow maakte een kaart van de ruimtelijke verdeling van de ziektegevallen, en leidde daaruit waar de besmettingsbron was, en wat daar aan gedaan moest worden.



**Figuur 3. Dr. Snow maakte een systeemanalyse van de incidentie van cholera in Londen, door op een stadkaart de aantallen zieken weer te geven (zwarte blokjes). Daar deductie leidde hij af, dat de Broad Street pump de bron van de ziekte moest zijn, en nam hij maatregelen.**

De “DPSI-analyse” van Dr. Snow *avant la lettre* leidde tot een effectieve maatregel, zelfs binnen de historische context dat iedereen dacht dat cholera verspreid werd via de lucht (de *Status*-analyse van Dr. Snow dat cholera via water werd verspreid klopte, in tegenstelling tot de *Status*-analyse van zijn tijdgenoten).





### 1.5 “Genoeg is genoeg”: maatregelen, kosten en de nodige informatie

Bij de toepassing van de DPSIR-analyse geldt in principe: als de waterbeheerder meent dat er voldoende gegevens en/of inzichten bestaan om maatregelen te nemen, dan kunnen die afgeleid en zo mogelijk geïmplementeerd worden. De KRW vereist *niet* dat een waterbeheerder een volledig wetenschappelijk bewijs van alle oorzaak-gevolg relaties levert ( $D \rightarrow P \rightarrow S \rightarrow I$ ), omdat KRW-Bijlage II (Artikel 1.5) uitsluitend meldt dat de waterbeheerder de kans moet vaststellen dat de KRW-doelen niet bereikt zouden kunnen worden. De KRW kent ook een proportionaliteitsbeginsel, waarbij de (DPSI) onderbouwing bij hele hoge kosten van maatregelen uiteraard sterker zal zijn dan bij maatregelen die nauwelijks iets kosten.

De ESFT2 voorziet (al) in sterke informatie over de Status van de waterkwaliteit bij de start van een nieuwe analyse. Alle monitoring-gegevens van de periode 2013-2016 zijn op watersysteemniveau geanalyseerd en omgezet in kaartbeelden van de waterkwaliteit, en de stofgroepen die bijdragen aan chemische verontreinigingen en effecten. De Status-analyse van chemische verontreinigingen is gerapporteerd in Postma et al. (2021). De kaartbeelden van de toxiciteit van stofgroepen of de totale mengsels van gemeten stoffen op een plek zijn ook vindbaar in de Atlas Natuurlijk Kapitaal (<https://tinyurl.com/2xs9kh34>). Deze gegevens kunnen al genoeg zijn om maatregelen af te leiden, of ze kunnen uitgebreid of geactualiseerd worden.

.



## 2 Stappenplan toepassingen DPSIR

Chemische stoffen kunnen op verschillende manieren in een watersysteem terecht komen. Niet alleen lozingen of incidenten spelen hierbij een rol, ook hydromorfologische eigenschappen kunnen bijvoorbeeld zorgen voor een grotere impact van chemische stoffen op het waterlichaam. Een bovenstroomse emissie kan immers via de hydromorfologie in een benedenstrooms waterlichaam terecht komen, of juist niet (bv. bij een dam). Om een zo goed mogelijke watersysteemanalyse uit te voeren is het nodig informatie in te winnen over de verschillende typen gegevens van de DPSIR-aanpak. De website van de ESFT2 bevat een verzameling hulpmiddelen voor elk onderdeel van de DPSIR-analyse. *Noot: in een later Hoofdstuk wordt een voorbeeld gegeven van de mogelijkheden en kansen die de toepassing van de DPSIR-analyse biedt.*

### 2.1 Volgorde en samenvoegen van DPSI-resultaten

Het stappenplan bij de toepassing van het DPSIR-model is allereerst een iteratief model dat overal kan beginnen, en dat stopt bij ‘genoeg is genoeg’ gegevens om maatregelen te onderbouwen. Verder is het een model zonder volgorde, dus niet “eerst D, dan P, dan I, dan S, dan R”. of een “altijd compleet model”.

Belangrijk is, dat er veel bekend is over de Status van de waterkwaliteit qua chemische verontreinigingen, omdat de metingen van de gehele landelijke dataset van monitoringgegevens al omgerekend zijn naar landelijke toxische druk kaarten (verder toegelicht in de paragraaf over Status). De startpositie voor het toepassen van de ESFT2 en daarbinnen de DPSIR-analyse is de set toxische druk kaarten voor verschillende stofgroepen, afgeleid voor de periode 2013-2018 (Figuur 4).



**Figuur 4.** De DPSIR-analyse kan pragmatisch starten met de gegevens over toxiciteit die er al zijn. Deze kaart is gebaseerd op de monitoringdata van alle waterschappen en alle gemeten stoffen (periode 2013-2018). Voor details: zie Postma et al. (2021) en De Atlas Natuurlijk Kapitaal. Via de Atlas is de kaart zoombaar (<https://tinurl.com/2xs9kh34>).

Het afleiden en prioriteren van maatregelen kan gebaseerd worden op elke combinatie van DPSI-gegevens, zodra er genoeg informatie is om potentieel zinvolle maatregelen af te leiden. Vaak zal worden overwogen dat er een balans zal zijn tussen de kosten van de stappen in de DPSIR-analyse en de kosten van de maatregelen (de DPSIR-analyse zal gewoonlijk lagere kosten hebben dan de maatregelen). De KRW suggereert dit in Bijlage II, dat de waterbeheerder informatie verzamelt, letterlijk uit allerlei relevante bronnen (lees: alle DPSI-onderdelen), en zo nodig aangevuld uit



monitoring, om maatregelen te nemen. De KRW schrijft geen volgorde voor, noch een start bij monitoringgegevens! De paragrafen hierna geven daarom wel een beschrijving van de typen informatie die bij elk onderdeel nuttig kan zijn, maar zijn dus geen volgorde. De ESFT2 biedt voor alle mogelijkheden hulpmiddelen.

## 2.2 Drivers (D) – economische activiteiten en opzoektabel

**Wat?** Om een analyse te kunnen maken van de Drivers kan gebruik gemaakt worden van demografische en economische gegevens, en uiteraard van hydrologische gegevens over het watersysteem. Ook het lokale en bovenstroomse landgebruik en de aanwezigheid van industrie (en soorten industrie) spelen een belangrijke rol in het analyseren van de *Drivers*.

Een goede analyse van de *Drivers* helpt de waterbeheerder om het aantal stoffen terug te brengen van (potentieel) de meer dan 170.000 stoffen die in Europa in de handel zijn naar een hanteerbare hoeveelheid, namelijk: de stoffen die bij de *Drivers* horen.

**Hoe? Hulpmiddel ESFT2:** Het KIWK-project Toxiciteit heeft hiervoor een opzoektabel (groei-document) gemaakt, waarbij landgebruiksvormen en de daarbij vaak voorkomende emissies van stoffen worden opgesomd.

Voorbeeld: stel, dat er in een overigens schoon gebied een kassencomplex wordt gepland, waardoor de waterbeheerder uit ervaringen van diverse waterschappen (zie Postma et al., 2021) afleidt dat er sprake is van een dreigende vermindering van de waterkwaliteit, bijvoorbeeld door de emissies van bestrijdingsmiddelen. De dreigende achteruitgang door deze nieuwe *Driver* kan omgezet worden in een lijst stoffen die bij dit landgebruik horen. De waterbeheerder kan dan bij de dreigende achteruitgang maatregelen nemen die de emissies van de stoffen voorkómen, bijvoorbeeld door de maatregel ‘vergunning’.

De *Drivers* zijn de sectoren en activiteiten die druk kunnen (gaan) uitoefenen op het watersysteem en omvatten zowel puntbronnen als diffuse bronnen. Voorbeelden van *Drivers* zijn landbouw, afvalwater en industrie, maar ook (drink)waterabstractie en de analyse van bovenstroomse emissies die benedenstrooms invloeden uitoefenen.

Aan de hand van de verzamelde informatie kan een inschatting gemaakt worden van de belangrijkste potentiële bronnen in het gebied en kan er gericht gezocht worden naar stoffen die eventueel een invloed kunnen hebben op de waterkwaliteit.

Er zijn een aantal mogelijkheden om de verschillende *Drivers* in het watersysteem te identificeren:

- Regionale waterbeheerders kunnen voor hun beheergebied de regionale gegevensbronnen identificeren, en als basis gebruiken. Hier gaat het bijvoorbeeld om gedetailleerde gegevens over landgebruik en afgegeven vergunningen. Daarop aanvullend zijn er landelijke bronnen. We noemen een aantal voorbeelden, maar het staat de waterbeheerders vrij om elke relevante bron als basis te gebruiken om *Drivers* te identificeren:
- Met behulp van satellietbeelden wordt door WEnR het landgebruik in Nederland in kaart gebracht (Landelijk Grondgebruik Nederland, LGN, <https://www.wur.nl/nl/Onderzoek-Resultaten/Onderzoeksinstituten/Environmental-Research/Faciliteiten-Producten/Kaarten-en-GIS-bestanden/Landelijk-Grondgebruik-Nederland.htm>). Dit is een lands-dekkend bestand waarin 48 landgebruiksklassen worden weergegeven met een resolutie van 5 m<sup>2</sup>.
- De Atlas Natuurlijk Kapitaal (ANK, [www.atlasnatuurlijkkapitaal.nl](http://www.atlasnatuurlijkkapitaal.nl)) heeft een grote database met nationale kaarten over bijvoorbeeld lage vegetatie, groenkaarten en de aanwezigheid van landbouw.



- Het Compendium voor de LeefOmgeving (CLO, [www.clo.nl](http://www.clo.nl)) verzamelt veel verschillende gegevens over *Drivers*, waaronder bodemgebruik, infrastructuur etc. In CLO worden data van vele verschillende instanties (bijvoorbeeld CBS en het kadaster) aan elkaar gekoppeld.
- Bij het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS, [www.cbs.nl](http://www.cbs.nl)) kunnen ook gegevens over mogelijke *Drivers* voor watersystemen worden opgevraagd.
- Voor drinkwaterwinningen worden elke 6 jaar gebiedsdossiers samengesteld. Hierin zijn per locatie de *Drivers* opgenomen die een probleem zouden kunnen zijn voor de waterkwaliteit, zowel van oppervlaktewater (Rivierdossiers) als van grondwater (Gebiedsdossiers). Deze dossiers zijn vrij via het internet te raadplegen.

Deze lijst is niet bedoeld om compleet te zijn.

**Werkwijze: samenwerkend!** Het spreekt voor zich, dat een analyse van de *Drivers* het beste gedaan kan worden door samenwerkende waterbeheerders: de uiteindelijke bronnen van de emissies van stoffen (en de oorzaken van andere drukfactoren) zijn immers identiek voor alle waterbeheerders.

### 2.3 Pressures (P) – de emissies

**Wat?** Wanneer de *Drivers* zijn geïdentificeerd kan er gericht gekeken worden naar de druk (*Pressure*) die zij uitoefenen op het systeem, lokaal en/of benedenstrooms. Hierbij gaat het wat betreft de druk van chemische verontreiniging om de vaak typerende soorten chemische stoffen die zij uitstoten.

**Hoe? Hulpmiddelen ESFT2:** In maart 2015 zijn hierover diverse wetenschappers bij elkaar gekomen om in kaart te brengen of er voldoende informatie beschikbaar was om emissies vanuit verschillende scenario's (soorten landgebruik, maar bijvoorbeeld ook verschillende industrieën of stedelijke scenario's) bij elkaar te brengen. Een aantal wetenschappelijke publicaties hebben de emissies via afspoeling van stedelijke oppervlakken, landbouw-emissies en emissies door huishoudens op Europese schaal vervolgens in kaart gebracht (de Zwart et al., 2018; Diamond et al., 2018; Holmes et al., 2018; Posthuma et al., 2018), inclusief een analyse van de *Pressures*, *Status* en *Impacts* voor een gebied met diverse vormen van landgebruik (Posthuma et al., 2018). Uit de analyses bleek dat de diverse vormen van landgebruik leiden tot herkenbare 'handtekeningen' in de vorm van typerende mengsels, die ook in de tijd variëren als gevolg van bijvoorbeeld het gebruik van bestrijdingsmiddelen gedurende het groeiseizoen.

**Opzoektabel “Landgebruik – Stoffen die geëmitteerd kunnen worden”:** Voor Nederland omvat de ESFT2-hulpmiddelenlijst een opzoektabel waarin getoond wordt welke stoffen het meeste vrijkomen en de meeste invloed hebben op de ecologische status van het watersysteem. De opzoektabel is te vinden op de website van de ESFT2.

De in die opzoektabel getoonde landgebruik-scenario's zijn specifieke vormen van landgebruik, bijvoorbeeld een rioolwaterzuiveringsinstallatie (RWZI) of kassenteelt. Denk aan bepaalde gewasbeschermingsmiddelen die specifiek zijn voor de teelt van een bepaald gewas en aan medicijnresten die door RWZI's vrij komen in het milieu. Wanneer het gebied bestaat uit een mix van diverse soorten landgebruik zullen er dus meer stoffen vrij komen in het watersysteem. De hoeveelheid aan stoffen en hun vrachten hangen af van verschillende factoren. Dit zijn punten waarop maatregelen getroffen kunnen worden, bijvoorbeeld door een extra zuiveringsstap toe te voegen aan RWZI's om bepaalde medicijnresten uit het afvalwater te filteren.

### 2.4 Status (S) – de toestand van de waterkwaliteit

**Wat?** De emissies van chemische stoffen naar het watersysteem leiden tot een veranderde *Status* van het watersysteem: de concentraties nemen toe en af, afhankelijk van de geëmitteerde massa en de hydrologische verdunning- en transportprocessen. De effecten van chemische stoffen worden dus



uiteindelijk beïnvloed door een combinatie van het gedrag van de stoffen, de hydrologie van het systeem en de gevoeligheid van de soorten in het aquatische ecosysteem. Stoffen die bijvoorbeeld afbreken met behulp van zonlicht (fototransformatie) kunnen een minder groot probleem vormen in een relatief kleine beek dan in een grote, diepe rivier. Naast zonlicht kunnen ook andere factoren een rol spelen zoals het zuurstofgehalte, de zuurgraad, de temperatuur, hechting aan sediment of bodemdeeltjes en de stroomsnelheid. Veel van deze factoren bepalen de zogenoemde ‘biobeschikbare fractie’ van elke stof: het is die fractie die uiteindelijk bepalend is voor de *Impact* (de effecten op de ecologie en/of de zuiveringsopgave).

Hydrologische processen hebben invloed op de uiteindelijke *Status* van het watersysteem, omdat zij mede bepalen welke stoffenmengsels waar terecht komen. De processen bepalen immers hoe de chemische stoffen verdeeld worden over de watersystemen en hoe zij zich verspreiden. De verspreiding van chemische stoffen in oppervlaktewateren wordt door een aantal verschillende processen beïnvloed. Allereerst bepalen de stroomsnelheid en de turbulentie in welke mate en met welke snelheid een stof zich kan verspreiden door het oppervlaktewater. Advectie en dispersie spelen een belangrijke rol bij het verspreiden van een chemische stof in een rivier en hangen onder andere af van de stroomsnelheid en de dwarsdoorsnede van de rivier. De mate van advectie bepaalt de verspreiding in de tijd (wanneer bereikt de concentratie piek een bepaald punt stroomafwaarts), de dispersie bepaalt de hoogte van de concentratie (dit hangt onder andere af van de mate van turbulentie).

De stroomsnelheid van de rivieren kan door vele factoren worden beïnvloed, waaronder menselijk handelen. In Nederlandse wateren zijn veel menselijke structuren aanwezig die de stroomsnelheid kunnen beïnvloeden zoals sluizen, gemalen en dammen. In Nederland is ook sprake van actief beheer, waarbij stoffen in droge periodes tegen de natuurlijke stroomrichting getransporteerd worden.

Een chemische stof of een mengsel van stoffen wordt altijd verdund in de rivier door deze processen. Bovendien kan een mengsel van stoffen nog verder verdund worden door de infiltratie van grondwater naar de rivier of de aanwezigheid van zijtakken en dus extra (onvervuild) water. In tijden van droogte kan deze verdunning echter minder zijn dan men gewend is. De druk van bijvoorbeeld RWZI's op het watersysteem zal in tijden van droogte groter zijn door de hogere concentraties in de waterlichamen.

Andere hydrologische processen zoals afspoeling (run-off) van landbouwgronden en/of stedelijke verharde oppervlaktes kunnen de Status van een watersysteem ook beïnvloeden/veranderen. In landbouw gebieden kan het bijvoorbeeld zo zijn dat er na zware regenval meer gewasbestrijdingsmiddelen afstromen richting de waterlichamen waardoor de Status van het waterlichaam (tijdelijk) verandert.

Naast de fysieke verspreiding van stoffen spelen diverse processen een rol in de afbraak van chemische stoffen in waterlichamen. Fysische processen zoals uitwisseling tussen lucht en water (*air-water exchange*) en tussen water en sediment (*sediment-water interaction*, denk aan adsorptie en suspensie) kunnen de concentratie van (mengsels van) stoffen verder verlagen. Ook chemische reacties zoals hydrolyse kunnen bijdragen aan het verlagen van de concentratie. Biologische processen zoals fototransformatie en biotransformatie zorgen ervoor dat stoffen worden afgebroken en daarmee de druk op het systeem wordt verminderd. Biotransformatie hangt af van de aanwezigheid van micro-organismen. Welke micro-organismen voorkomen in een bepaald waterlichaam hangt af van bijvoorbeeld de zuurgraad, de temperatuur en de hoeveelheid aanwezige zuurstof. Fototransformatie kan onder directe invloed van de zon plaatsvinden (*direct photolysis*), maar kan ook plaatsvinden door de aanwezigheid van radicalen die gevormd zijn door de aanwezigheid van de zon. Deze radicalen kunnen vervolgens reageren met de chemische stoffen en ze omzetten (*indirect photolysis*).



**Hoe? Hulpmiddelen van de ESFT2:** De uiteindelijke *Status* van chemische verontreinigingen van een waterlichaam kan op verschillende manieren bepaald worden, namelijk niet alleen door metingen (monitoring) maar ook door modellering. De KRW beschrijft in Bijlage II dat de concentraties van stoffen in het watersysteem inderdaad door modellering afgeleid mogen worden om inzicht te krijgen in (potentieel) bedreigende emissies.

Dit principe is succesvol toegepast in het EU-project SOLUTIONS, waarbij de concentraties van meer dan 1800 stoffen werd voorspeld voor tienduizenden waterlichamen in de EU op dagelijkse basis (Van Gils et al., 2019). Bijlage II van de KRW beschrijft dat de *Status* meestal bepaald wordt via monitoring. Verzamelde monsters worden geanalyseerd, en de identiteiten en concentraties van de aanwezige stoffen worden bepaald (Brack et al., 2019). Bij het vaststellen van de *Status* is het ook van belang om synthetische en niet-synthetische stoffen grondig te onderscheiden. In een ijzerrijke beek behoort ijzer aanwezig te zijn als gevolg van natuurlijke processen. De *Status*-resultaten moeten dan duidelijk maken welke concentraties voor een waterlichaam natuurlijk zijn, en of er sprake is van toevoeging van stoffen door menselijke activiteiten. De KRW maakt dus een duidelijk onderscheid tussen synthetische stoffen (natuurlijke achtergrondwaarde: nihil) en niet-synthetische stoffen (natuurlijke achtergrondwaarde kan per waterlichaam verschillen, maar maatregelen zijn niet nodig als er natuurlijk verhoogde stoffenconcentraties worden aangetroffen).

De ESFT2 levert twee belangrijke hulpmiddelen bij het bepalen van de Status van de chemische verontreiniging:

- Het Chemie-spoor waarbij concentraties van stoffen worden omgerekend in een toxische druk van stoffen, stofgroepen en totale mengsels
- Het Bioassay-spoor waarbij levend materiaal wordt blootgesteld aan watermonsters, waarna afgeleid wordt of de aanwezige mengsels nadelige netto-effecten hebben.

Voor beide sporen bevat de ESFT2-website een aantal toelichtende documenten, en handreikingen voor de toepassing van de hulpmiddelen uit beide sporen.

## 2.5 Impacts (I) – het effect op de ecologische toestand of de zuiveringsinspanning

**Wat?** Het is heel belangrijk om een inschatting te kunnen maken van de effecten (*Impact*) die de stoffen en hun mengsels hebben op het watersysteem en op de zuiveringsopgave. Binnen de KRW zijn de belangrijkste effecten benoemd als:

- Effecten op de ecologische toestand
- Effecten op de zuiveringsinspanning voor de bereiding van drinkwater

In beide gevallen is de effect-parameter in de KRW bewust gekozen als “integrale parameter”. Voor bijvoorbeeld de ecologische toestand kan blijken dat deze is aangetast, dat wil zeggen: de toestand is afwijkend van de watertype-specifieke referentie. De integrale parameter “ecologie” signaleert dan dus een probleem, waarvan de gevolgen zich kunnen uitstrekken naar bijvoorbeeld het gebruik van water als drinkwater, als zwemwater, als irrigatiewater en als habitat voor een diversiteit aan soorten. Als de ecologische toestand afwijkt betekent dit dus: twijfel aan één of meer van deze rollen van water (voor de mens, voor het ecosysteem of voor beide), en is die generieke twijfel het motief voor maatregelen ter bescherming en/of herstel. De aantasting van de holistisch maatlat (ecologische toestand) moet kennelijk ontstaan zijn doordat tenminste één drukfactor dit veroorzaakt heeft, en die moet gevonden worden om effectieve maatregelen – en bescherming van alle functies – te kunnen afleiden. Dit vraagt om diagnose: wat is de (combinatie van) drukfactor(en) die de afwijking van de Impact-parameter veroorzaakt? De cirkelvormige DPSIR-aanpak van Figuur 1 en Figuur 2 is hierbij een hulpmiddel, omdat voor zo ver nodig alle potentieel belangrijke informatie verzameld wordt, over alle drukfactoren.



**Hulpmiddelen van de ESFT2:** de Impact van drukfactoren op de ecologie wordt volgens de KRW vastgelegd via de Ecologische Toestandsklassen. Dit hulpmiddel is niet specifiek voor de ESFT2; deze gegevens worden verzameld in de gebruikelijke KRW-monitoringdata-analyses. De impact van chemische verontreiniging op de zuiveringsinspanning is binnen de ESFT2 aangevuld met een classificatie in vijf klassen die een toenemende complexiteit van de zuivering weerspiegelen (Pronk et al., 2020).

## 2.6 Response (R) – de maatregelen

**Wat?** In de KRW worden alle gegevens van de DPSIR-aanpak samen gebracht om uiteindelijk een beheerplan af te kunnen leiden met maatregelen (*Response*). Deze maatregelen kunnen specifiek zijn voor een bepaald waterlichaam of (deel)stroomgebied, maar kunnen ook algemener van aard zijn. Voorbeelden zijn een extra zuiveringsstap in een RWZI om de emissie van geneesmiddelen te verminderen of de emissietoets die waterbeheerders moeten doen bij het afgeven van vergunningen.

**Hoe? ESFT2 hulpmiddelen:** Het nemen van maatregelen kan zowel reactief als proactief. Wanneer in een watersysteem is geconstateerd (diagnose) dat de ecologische status slecht is kan het nemen van maatregelen leiden tot een verbeterde status van het waterlichaam. Deze maatregelen zijn reactief en worden pas genomen nadat de diagnose gesteld is. De response komt vanuit de effecten (*Impact*). Proactief kunnen er ook al maatregelen genomen worden. Wanneer men een bepaalde economische activiteit wil opzetten in een watersysteem kan vooraf al gekeken worden naar de mogelijke druk (*Pressure*) op het systeem en kunnen zo specifieke maatregelen getroffen worden om de *Impacts* van de nieuw geplande *Driver* op het watersysteem zo gering mogelijk te houden. Denk hierbij aan bijvoorbeeld aan het installeren van een filter op de effluenten van glastuinbouw om de concentratie van gewasbeschermingsmiddelen zo laag mogelijk te maken.

Een strategie voor- en overzicht van de ESFT2-hulpmiddelen is samengevat op de ESFT2 website, evenals een opzoektabel voor mogelijke maatregelen.

## 2.7 Samenwerking bij de DPSIR-aanpak

Het ligt voor de hand dat waterbeheerders de DPSIR-analyse zo veel mogelijk samen uitvoeren (gegevens verzamelen, diagnose doen, maatregelen afleiden en prioriteren), dan wel alle inzichten samen bespreken, *gestuurd door de eigenschappen van het hydrologische systeem*. Hierbij werken waterschappen die hydrologisch met elkaar verbonden zijn (bovenstrooms → benedenstrooms) samen, en met beheerders van (grote) rivieren omdat daaruit soms water wordt ingenomen, en/of met producten van drinkwater. Het samenstel van *Drivers*, *Pressures* en *Status* (concentraties van stoffen) is immers voor alle waterbeheerders die in een gebied opereren samenhangend en deels identiek! Ook het nemen van maatregelen (de *Response*) is in principe een gezamenlijke, afgestemde actie. Als de emissies in het eigen beheersgebied verminderen hebben alle waterbeheerders daar voordeel aan. Als de emissies van bovenstrooms komen kan het effectief zijn om de samen op te trekken om die emissies te verminderen.



## 3 Voorbeeld van de toepassing van de DPSIR-aanpak

### 3.1 Inleiding op het voorbeeld

Aan de hand van het voorgaande iteratieve stappenplan zonder vaste volgorde van D, P, S en I informatieverzameling, kunnen waterbeheerders en drinkwaterbedrijven door middel van een watersysteemanalyse met behulp van de DPSIR-stappen zowel reactief als proactief maatregelen nemen. Het voorbeeld hieronder beschrijft dus slechts een voorbeeld van het verzamelen van betekenisvolle DPSI-informatie: betekenisvol voor het afleiden van maatregelen.

### 3.2 De voorbeeld-casus: RWZI's

#### 3.2.1 Probleemstelling

RWZI's vormen een bron van een grote diversiteit aan chemische verontreinigingen. De landelijke overheid en Nederlandse waterbeheerders doen momenteel grote inspanningen om de emissies van stoffen terug te dringen, de waterkwaliteit (Status) te verbeteren, en de effecten (Impacts) te verlagen (zie Koopman et al. (2021) voor de bredere context).

Deze situatie kan systematisch, systeem- en actiegericht met de ESFT2-hulpmiddelen worden onderzocht, om te evalueren waar, wanneer en hoe fors er maatregelen nodig zijn. Het gebruik van de ESFT2-hulpmiddelen via het DPSIR-model begint bij het verzamelen van informatie die al vrij voorhanden is. Dat wordt eerst getoond. Daarna worden de mogelijke vervolgstappen geïllustreerd.

#### 3.2.2 Start van de DPSIR-analyse

De analyse start met het verzamelen van bestaande gegevens. Bestaande gegevens over de waterkwaliteit (Status) zijn samengevat in een rapport over hot spots nabij RWZI's (STOWA, 2017), een ESFT2-rapport over de modellering van de lotgevallen van stoffen in Nederlandse oppervlaktewateren (Van Gils et al., 2021) en de landsdekkende kaart over de toxische druk van stofgroepen in Nederland (Postma et al., 2021) die via de Atlas Natuurlijk Kapitaal kan worden bekeken. De waterkwaliteit varieert sterk door allerlei soorten landgebruik, de mate van stroming en verdunning, et cetera. Na het verkrijgen van dit algemene inzicht gaat de DPSIR-analyse verder, door de aandacht te vestigen op de RWZI's in het watersysteem: de RWZI's als Driver achter verminderde waterkwaliteit.

#### 3.2.3 RWZI's als Driver

In dit voorbeeld zijn de *Drivers* de RWZIs, en die zijn ruimtelijk verdeeld naar bijvoorbeeld de bevolkingsdichtheid voor medicijngebruik, en landbouw voor gewasbeschermingsmiddelen uit de stedelijke omgeving. Als voorbeeld wordt beschreven welke resultaten en inzichten er over *Pressures* en *Status* kunnen worden afgeleid voor de emissie-route "huishoudelijk afvalwater" via de RWZI's. De gebruikte proxy voor de *Status* van het oppervlaktewater in een beheergebied is in plaats van stofconcentraties nu de volumefractie geloosd effluent gebruikt, zoals die aanwezig is in het oppervlaktewater (op basis van modellering van het gedrag van de effluenten na emissie uit een RWZI, gegeven de hydrologische systemen, zie Van Gils et al. (2021)).

#### 3.2.4 Uitvoering

In dit voorbeeld wordt aangenomen dat de stoffen waar het omgaat niet afbreken en niet hechten aan sediment- of bodemdeeltjes (dit wordt aangeduid als stoffen die "very mobile – very persistent" zijn).





Dit is een aanname die redelijk is voor veel van de opkomende stoffen die een risico vormen, maar bijvoorbeeld niet voor vervuiling met *coli*-bacteriën of BZV (biologisch zuurstof verbruik). Aangezien de regionale watersystemen integraal onderdeel uitmaken van het gebruikte LWKM<sup>1</sup>2.4 model kunnen de landelijke kaartbeelden ook per waterschap worden afgebeeld. Er zijn twee analysestappen toegevoegd om invulling te geven aan de DPSI-aanpak:

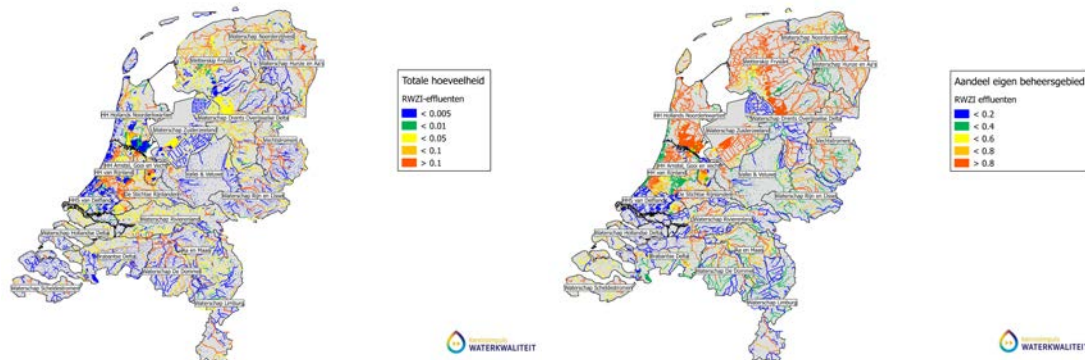
- Het aandeel RWZI-effluenten dat in een waterlichaam aanwezig is, is onderverdeeld naar herkomst:
  - o afkomstig uit het buitenland;
  - o geloosd op rijkswater;
  - o geloosd in een ander waterschap.

De route waarlangs de effluent-aandelen met verschillende herkomst het regionale systeem bereiken wordt in kaart gebracht:

- Lokale lozingen;
- Via rijkswater;
- Vanuit specifieke waterschappen.

### 3.2.5 Resultaten (1) - Nederland

Figuur 3 toont een totaalbeeld voor alle regionale systemen. Per oppervlaktewater-segment is het totale aandeel van RWZI-effluenten weergegeven, en de fractie daarvan die afkomstig is van RWZI-effluenten geloosd in het eigen regionale systeem. Als aangenomen wordt dat het aandeel RWZI-effluenten een proxy is van blootstelling aan stoffen, gedefinieerd door de typerende 'stoffenhandtekening van RWZI-effluenten' (zoals uit de eerdergenoemde publicaties van de internationale wetenschappers blijkt), dan representeert de kaart een *Driver* en *Pressure* analyse van de (relatieve) druk van chemische verontreinigingen uit RWZI's.



**Figuur 5. Totaal aandeel van RWZI-effluenten in regionale watersystemen (links) en de fractie daarvan afkomstig van lozingen in het eigen beheersgebied (rechts) (jaargemiddeld, gebaseerd op de hydrologie van 2015).**

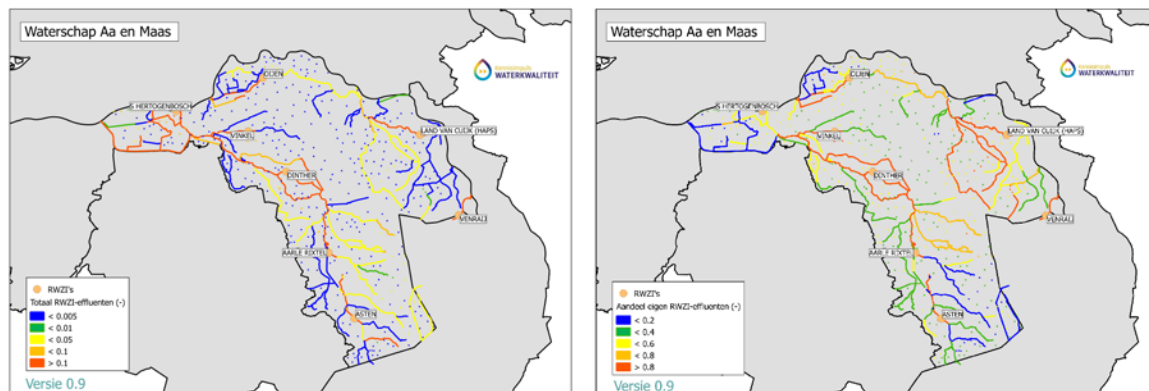
### 3.2.6 Resultaten (2) – Regionaal Waterbeheer (Aa en Maas)

Om het type informatie van Figuur 3 verder te duiden, voor het afleiden van informatie over mogelijke maatregelen (*Response*, R), wordt ingezoomd op een specifiek waterschap. Hier doen we dat als voorbeeld voor Waterschap Aa en Maas.

<sup>1</sup> Landelijk Water Kwaliteits Model.



Figuur 4 laat in groter detail dezelfde kaartbeelden nog eens zien, waarbij ook de RWZI's in het beheersgebied zijn afgebeeld,.



**Figuur 6.** Totaal aandeel van RWZI-effluënten in regionale watersystemen (links) en de fractie daarvan afkomstig van lozingen in het eigen beheersgebied (rechts) (jaargemiddeld, gebaseerd op de hydrologie van 2015).

Deze kaarten laten zien waar het aandeel van RWZI-effluënten relatief hoog is, en hoe groot het aandeel van lokale lozingen is. In dit voorbeeld is te zien dat plaatselijk lozingen van elders dominant zijn (bijvoorbeeld in het uiterste noordwesten en zuidoosten).

Samengevat voor het hele Waterschap Aa en Maas zijn 5 bronnen van belang: lokale lozingen, buitenlandse lozingen, lozingen op rijkswater en lozingen in twee naburige waterschappen. De analysesresultaten die daarvoor konden worden afgeleid staan in Tabel 1. Bovendien is bepaald langs welke routes de effluënten het waterschap bereiken. Zo bereikt de belasting vanuit het buitenland dit waterschap voor het grootste deel via de Rijkswateren, en voor een klein deel via de naburige waterschappen.

**Tabel 1: Overzicht van de herkomst en de route van RWZI-effluënten in het beheersgebied van het Waterschap Aa en Maas.**

Route	Oorsprong					Totaal
	Buitenland	Aa en Maas	Dommel	Limburg	Rijkswater	
Lokale lozingen		16%				16%
Vanuit Rijkswateren	34%	4%		11%	14%	62%
Vanuit De Dommel	1%		15%			16%
Vanuit Rivierenland						
Vanuit Limburg	5%	0%		1%	0%	6%
Totaal	40%	20%	15%	11%	14%	100%

### 3.2.7 Resultaten (3) – Alle regionale beheerders

Voor alle water-segmenten in het LWKM is de precieze onderverdeling naar herkomst opgesteld, vergelijkbaar met Figuur 4 en Tabel 1. Deze informatie is getabelleerd beschikbaar via een zeer gedetailleerde opzoektabel (beschikbaar via de contactpersoon voor dit rapport). De informatie in die opzoektabel is bijvoorbeeld bruikbaar als men geïnteresseerd is in de herkomst van stoffen op een



drinkwater-inlaatpunt of in een specifiek natuurgebied, omdat met die informatie maatregelen kunnen worden afgeleid tegen belangrijke emissiebronnen.

Voor alle Nederlandse waterschappen toont Tabel 2 de herkomstverdeling op de schaal van 'aanleverend en ontvangend' waterschap (minder detail dan de gedetailleerde opzoektabel). Hieruit volgt een zeer gevarieerd beeld: de bijdrage buitenland ligt tussen 0 en 85%. De lokale bijdrage ligt tussen 0% en 94%. Dit is belangrijke informatie voor het nemen van maatregelen: het is belangrijk om de emissiebron(nen) te kennen, ook als uit deze gegevens niet precies duidelijk is welke stoffen er in welke concentraties aanwezig zijn.

**Tabel 2: Overzicht van de herkomst van RWZI-effluenten voor alle waterschappen.**

Waterschap	Bijdragen uit:											
	Buitl	AaMaas	Amstel	BDelta	Delfl	Domm	Frysl	DrOvD	HNoKw	HDelta	HunAas	NrdZV
Aa en Maas	40%	20%	0%	0%	0%	15%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Amstel	4%	0%	71%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Brabantse Delta	71%	6%	0%	3%	0%	6%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Delfland	70%	6%	0%	1%	0%	6%	0%	0%	0%	4%	0%	0%
Dommel	11%	1%	0%	0%	0%	86%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Fryslan	3%	0%	0%	0%	0%	0%	94%	0%	0%	0%	0%	0%
Drents Overijsselse Delta	57%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	7%	0%	0%	0%	0%
Hollands Noorderkwartier	3%	0%	9%	0%	0%	0%	0%	0%	40%	0%	0%	0%
Hollandse Delta	41%	4%	0%	0%	0%	4%	0%	0%	0%	43%	0%	0%
Hunze en Aa's	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3%	0%	0%	0%	92%	1%
Noorderzijlvest	2%	0%	0%	0%	0%	0%	74%	0%	0%	0%	4%	18%
Rijn en IJssel	84%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Rijnland	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Rivierenland	64%	11%	0%	1%	0%	9%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Limburg	67%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Schieland en Krimpenerwaard	72%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Stichtse Rijnlanden	85%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Vallei en Veluwe	78%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Scheldestromen	25%	2%	0%	7%	0%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Zuiderzeeland	2%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	11%	0%	0%	0%	0%
Vechtstromen	11%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	0%
Waterschap	RijnIJs	Rijnl	RivierL	Limb	Schiel	StichR	ValVel	Schel	ZuiderZ	VechtS	Rijks	TOTAAL
Aa en Maas	0%	0%	0%	11%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	14%	100%
Amstel	0%	0%	0%	0%	0%	7%	12%	0%	0%	0%	5%	100%
Brabantse Delta	0%	0%	0%	5%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	9%	100%
Delfland	0%	0%	0%	4%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	10%	100%
Dommel	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	100%
Fryslan	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	1%	100%
Drents Overijsselse Delta	5%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	16%	14%	100%
Hollands Noorderkwartier	0%	13%	0%	0%	0%	4%	5%	0%	0%	0%	25%	100%
Hollandse Delta	0%	0%	0%	2%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	5%	100%
Hunze en Aa's	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3%	0%	100%
Noorderzijlvest	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	100%
Rijn en IJssel	10%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	5%	100%
Rijnland	0%	87%	0%	0%	0%	5%	0%	0%	0%	0%	7%	100%
Rivierenland	0%	0%	1%	7%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	7%	100%
Limburg	0%	0%	0%	23%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	10%	100%
Schieland en Krimpenerwaard	0%	0%	1%	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	26%	100%
Stichtse Rijnlanden	0%	0%	1%	0%	0%	2%	0%	0%	0%	0%	11%	100%
Vallei en Veluwe	3%	0%	0%	0%	0%	0%	8%	0%	0%	0%	10%	100%
Scheldestromen	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%	56%	0%	0%	7%	100%
Zuiderzeeland	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3%	0%	76%	5%	1%	100%
Vechtstromen	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	88%	0%	0%	100%

### 3.2.8 Afleiding van Status en Impacts

De proxy-gegevens die tot nu toe getoond zijn representeren informatie over de Status van waterlichamen in een beheergebied, in dit geval uitgedrukt als fractie effluent. Dit is informatief, want als de waarde lokaal 'nul' is zijn er geen RWZI-stoffen van lokaal of elders aanwezig, en als de



waarde verhoogd is kan er een combinatie van RWZI-stoffen aanwezig zijn. En dan geldt: hoe hoger de fractie, hoe hoger de waarschijnlijkheid dat de KRW-doelen niet gehaald worden.

Het is echter gebruikelijk om de *Status* uit te drukken als concentraties. De omrekening van de proxy-informatie naar voorspelde concentraties is denkbaar maar thans nog niet uitgevoerd. Door de proxy-gegevens van Tabel 2 en/of de gegevens van de gedetailleerde opzoektabel namelijk te koppelen aan de eerdergenoemde ‘handtekening’ van de stoffen die per inwoner geëmitteerd worden uit RWZI’s kan afgeleid worden wat de toxische druk van stoffen is. Hier zou de ‘handtekening’ afgeleid worden van de opzoektabel met landgebruik-scenario’s en stoffen (een ander hulpmiddel van de ESFT2), waarna de proxy omgerekend kan worden in voorspelde concentraties. Die kunnen vervolgens omgerekend worden naar lokale mengsel toxische druk per waterlichaam, via toepassing van het de rekentool van het Chemie-spoor. De DPSI-analyse kan dus via modellerings-stappen afgemaakt worden tot een volledige set D, P en S gegevens. Omdat de Status uitgedrukt kan worden als mengsel toxische druk van de chemische verontreiniging, en omdat die (via uitdrukking in het vijfklassensysteem van de ESFT2, zie het Deltafact daarover (Posthuma et al., 2021)) gerelateerd zijn aan Impacts, is de DPSIR-analyse relatief compleet wat betreft de diagnose van de invloeden van RWZI’s.

### 3.2.9 Evaluatie van de RWZI-analyses

De kaarten en tabellen geven een eerste, concrete maar beperkte invulling van alle stappen van de DPSIR-causale analyse, en maken voornamelijk zichtbaar wat de lotgevallen zijn van stoffen die van buiten het beheergebied komen, en waar ze uiteindelijk terecht komen. Dit is belangrijke informatie voor de DPSIR-analyse, omdat duidelijk wordt hoe stoffen die van bovenstroomse waterbeheergebieden komen zich verspreiden in het eigen beheergebied, en of een waterbeheergebied een bron is voor effecten benedenstrooms. Deze informatie is bruikbaar voor het afleiden van maatregelen, de inschatting van de eigen bijdrage aan de emissies, het eventueel verzoeken om bovenstroomse maatregelen en het waarschuwen van beheerders van benedenstroomse gebieden.

Er zijn nog grote uitdagingen. Kunnen we een objectieve maatstaf vaststellen voor de mate waarin de aanwezigheid van effluenten de waterkwaliteit beïnvloedt, zodat de waterbeheerder een oordeel kan vellen of er wel of geen probleem te verwachten is? De situatie is immers volgens de KRW gedefinieerd indien de emissies leiden tot een aantasting van de waterkwaliteit, uitgedrukt als minder-dan-goede ecologische- en/of chemische toestand. Dat is niet direct af te leiden uit het aandeel RWZI-effluent. En kunnen we die maatstaf koppelen aan zuiveringsniveaus en andere relevante infrastructuur-parameters en zodoende de effectiviteit van maatregelen inschatten? Kunnen we een dergelijke aanpak ook toepassen op de andere relevante emissie-routes? En beoordelen waterbeheerders dit als een kansrijke aanpak, zolang deze nog niet expliciet in wetgeving of uitwerkingsregelingen is opgenomen, maar wel optimaal gebruik maakt van de DPSIR-aanpak die de KRW suggereert, en in Bijlage II uitwerkt?



## 4 Evaluatie en conclusies

Een grondige vergelijking tussen de ambities en doelen van de KRW, de voor de KRW-implementatie voorgestelde werkwijzen, de huidige praktijk, en een groot aantal kennisvragen uit de praktijk (verzameld in oktober 2018, via een rondgang langs alle Nederlandse waterbeheerders) werd duidelijk dat er een ‘wereld te winnen is’ voor de diagnose van de rol van chemische verontreinigingen. Eén van de belangrijkste resultaten van die vergelijking tussen KRW-ambities en de huidige praktijk was, dat de systematische DPSIR-analyse versterkt kon worden, enerzijds als systematische aanpak, anderzijds om een diversiteit aan hulpmiddelen te ontwikkelen, en praktijktoepasbaar te maken. De DPSIR-analyse als systematische aanpak is daarbij in de ESFT2 gecompleteerd met een analyse-principe dat, uitgevoerd wordt op watersysteemniveau (zoals onder de KRW bedoeld is) in relatie tot landgebruiksvormen, en ook uitgevoerd met het oog op (dus) alle stoffen die vermoedelijk geëmitteerd worden en de uiteindelijke mengsels die ontstaan.

Via de ESFT2-website zijn bij de vernieuwd vormgegevens DPSIR-analyse de diverse hulpmiddelen beschikbaar. Denk aan kaartbeelden van de huidige toxische druk (periode 2013-2018), aan kaarten met de fractie effluent, aan opzoektabelen tussen landgebruiksvormen en emissies van stoffen, etc.

De ESFT2 biedt, als conclusie, de momenteel beschikbare kennis aan om de DPSIR-analyse in de praktijk toe te kunnen passen, enerzijds als systematische maar flexibele aanpak, anderzijds als bron van allerlei hulpmiddelen. De ESFT2 biedt de waterbeheerder alle hulpmiddelen aan via de ESFT2-website.

## 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 kennisinstututen 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

- Brack, W., Hollender, J., de Alda, M.L., Müller, C., Schulze, T., Schymanski, E., Slobodnik, J. and Krauss, M. 2019. High-resolution mass spectrometry to complement monitoring and track emerging chemicals and pollution trends in European water resources. *Environmental Sciences Europe* 31(1), 62.
- de Zwart, D., Adams, W., Galay Burgos, M., Hollender, J., Junghans, M., Merrington, G., Muir, D., Parkerton, T., De Schampelaere, K.A.C., Whale, G. and Williams, R. 2018. Aquatic exposures of chemical mixtures in urban environments: Approaches to impact assessment. *Environmental Toxicology and Chemistry* 37(3), 703-714.
- Diamond, J., Altenburger, R., Coors, A., Dyer, S.D., Focazio, M., Kidd, K., Koelmans, A.A., Leung, K.M.Y., Servos, M.R., Snape, J., Tolls, J. and Zhang, X. 2018. Use of prospective and retrospective risk assessment methods that simplify chemical mixtures associated with treated domestic wastewater discharges. *Environmental Toxicology and Chemistry* 37(3), 690-702.



- Holmes, C.M., Brown, C.D., Hamer, M., Jones, R., Maltby, L., Posthuma, L., Silberhorn, E., Teeter, J.S., Warne, M.S.J. and Weltje, L. 2018. Prospective aquatic risk assessment for chemical mixtures in agricultural landscapes. *Environmental Toxicology and Chemistry* 37(3), 674-689.
- Koopman, R., Slootweg, J. and Posthuma, L. 2021 Evaluatie van de toxische druk rond Nederlandse RWZI's. Een case studie met de ecologische sleutel factor Toxiciteit (versie 2.0). Versie 1, 30 oktober 2021. Kennis Impuls Water Kwaliteit (ed).
- Posthuma, L., Brown, C.D., de Zwart, D., Diamond, J., Dyer, S.D., Holmes, C.M., Marshall, S. and Burton, G.A. 2018. Prospective mixture risk assessment and management prioritizations for river catchments with diverse land uses. *Environmental Toxicology and Chemistry* 37(3), 715-728.
- Posthuma, L., Slootweg, J., Pronk, T., De Baat, M.L. and Van den Berg, S. 2021 Classificatie en communicatie van de graad van chemische verontreiniging. Deltafact. Versie 30 oktober 2021., STOWA, Amersfoort, the Netherlands.
- Postma, J., Keijzers, R., Slootweg, J. and Posthuma, L. 2021 Toxiciteit van Nederlandse oppervlaktewateren in de periode 2013-2018, STOWA-rapport 2021-43, Amersfoort, the Netherlands.
- Pronk, T.E., Hofman-Caris, R.C.H.M., Vries, D., Kools, S.A.E., ter Laak, T.L. and Stroomberg, G. 2020. A water quality index for the removal requirement and purification treatment effort of micropollutants. *Water Supply*.
- Rapport, D. and Friend, A. 1979 Towards a comprehensive framework for environmental statistics. A stress-response approach <https://www.worldcat.org/title/towards-a-comprehensive-framework-for-environmental-statistics-a-stress-response-approach/oclc/21772350>.
- Smith, G.D. 2002. Commentary: Behind the Broad Street pump: aetiology, epidemiology and prevention of cholera in mid-19th century Britain. *International Journal of Epidemiology* 31(5), 920-932.
- STOWA 2017 Landelijke hotspotanalyse geneesmiddelen RWZI's, STOWA-Rapport 2017-42, ISBN 978.90.5773.766., Amersfoort, the Netherlands.
- Van Gils, J., Posthuma, L., Cousins, I.T., Lindim, C., De Zwart, D., Bunke, D., Kutsarova, S., Müller, C., Munthe, J., Slobodnik, J. and Brack, W. 2019. The European Collaborative Project SOLUTIONS developed models to provide diagnostic and prognostic capacity and fill data gaps for chemicals of emerging concern. *Environmental Sciences Europe* 31(1), 72.
- Van Gils, J., Van den Meiracker, R., Van der Linden, A. and Altena, W. 2021 Modellering van nieuwe stoffen in oppervlaktewater.
- Modelaanpassing, validatie. Achtergronddocument beschikbare kennis bij de sleutelfactor Toxiciteit. Versie 1, 30 oktober 2021. Kennis Impuls Water Kwaliteit (ed).

