



# Aandachtvragende stoffen in rwzi-effluent

Samenvatting van de huidige stand van de kennis

*Opgesteld door:*  
Anja Derksen (AD eco advies)

*In opdracht van:*  
Werkgroep Aanpak Opkomende Stoffen  
Contactpersoon: Rob Berbee (Rijkswaterstaat)

Wageningen, 7 december 2022

# Inhoudsopgave

Samenvatting.....	1
<b>1 Inleiding .....</b>	<b>3</b>
1.1 Aanleiding.....	3
1.2 Doel en afbakening .....	3
1.3 Leeswijzer.....	3
<b>2 Relevante onderzoeken naar microverontreinigingen in rwzi-effluent .....</b>	<b>4</b>
2.1 Definitie aandachtvragende stoffen .....	4
2.2 Toelichting op terminologie .....	4
2.2.1 (potentieel) Zeer Zorgwekkende Stoffen .....	4
2.2.2 ZZS-similarity tool.....	4
2.2.3 Suspect en non-target screening.....	5
2.2.4 Effect Directed Analysis .....	5
2.2.5 NORMAN prioriteringssysteem.....	5
2.3 Inventarisatie relevante onderzoeken.....	6
<b>3 Bevindingen per onderzoek .....</b>	<b>8</b>
3.1 Nederlandse onderzoeken .....	8
3.1.1 pZZS-lijst en ZZS similarity tool.....	8
3.1.2 PMT stoffen in de Watson database.....	10
3.1.3 Bibliotheekscreening rwzi-effluent.....	11
3.1.4 Prioritering suspect screening data .....	14
3.1.5 Effect Directed Analysis in effluent.....	14
3.2 Buitenlandse onderzoeken .....	15
3.2.1 NORMAN Case studie prioritering rwzi-effluenten Donau.....	15
3.2.2 Risicogebaseerde prioritering Europese effluenten .....	17
3.2.3 Bijdrage rwzi aan milieubelasting met biociden.....	23
<b>4 Synthese.....</b>	<b>24</b>
4.1 Van prioritering naar aandachtvragende stoffen.....	24
4.2 (potentiële) ZZS stoffen in effluent.....	27
4.3 Samenhang met aandachtvragende stoffen in oppervlaktewater .....	27
4.4 Bronnen en routes van aandachtvragende stoffen.....	27
4.5 Kennislacunes .....	28
<b>5 Conclusies en aanbevelingen .....</b>	<b>28</b>
5.1 Conclusies .....	28
5.2 Aanbevelingen .....	31
<b>6 Literatuur .....</b>	<b>32</b>
<b>Bijlagen.....</b>	<b>34</b>
<b>Bijlage 1 Aangetroffen stoffen uit de Watson database met mogelijke ZZS-zorg .....</b>	<b>35</b>
<b>Bijlage 2 Clusters van stoffen uit de Watson database .....</b>	<b>40</b>
<b>Bijlage 3 PMT stoffen in de Watson database .....</b>	<b>42</b>
<b>Bijlage 4 Brede screening effluenten waterschap Limburg en waterschap Aa en Maas</b>	<b>47</b>
<b>Bijlage 5 Geprioriteerde stoffen in effluent uit Sjerps et al (2016).....</b>	<b>51</b>
<b>Bijlage 6 Geprioriteerde stoffen in effluent uit Finck et al (2022) .....</b>	<b>52</b>
<b>Bijlage 7 Relevante lopende onderzoeken (november 2022).....</b>	<b>54</b>

## Samenvatting

Rioolwaterzuiveringsinstallaties vormen een belangrijke route van microverontreinigingen naar het oppervlaktewater. In het effluent dat de zuivering verlaat worden honderden tot duizenden stoffen aangetroffen. In deze studie zijn diverse onderzoeken naar organische microverontreinigingen in binnen- en buitenland bestudeerd, met als doel om de huidige stand van kennis ten aanzien van opkomende stoffen in het effluent van rwzi's samen te vatten en een synthese te maken van welke stoffen of stofgroepen nadere aandacht verdienen. Aandachtvragende stoffen en stofgroepen zijn in dit kader gedefinieerd als organische microverontreinigingen die via effluent van communale rwzi's in het oppervlaktewater komen en daarnaast:

- Onwenselijke stoffeneigenschappen hebben, of
- Potentiële risico's veroorzaakt (bijvoorbeeld door overschrijding van voorspelde geen effect concentraties), of
- Hoog scoren in risicogebaseerde prioriteringsacties.

Het project is geïnitieerd vanuit de Themagroep Oppervlaktewater die onder de landelijke Werkgroep Aanpak Opkomende Stoffen valt. Dit betekent dat de focus ligt op opkomende stoffen. Stoffengroepen die in andere kaders worden aangepakt, dat wil zeggen geneesmiddelen en gewasbeschermingsmiddelen, zijn wel meegenomen in de bestudering van de onderzoeken, maar in de synthese is de aandacht gericht op de stoffen met (ook) andere toepassingen.

In effluenten van rwzi's worden honderden stoffen aangetroffen. In totaal zijn in studies in binnen- en buitenland meer dan 1200 unieke stoffen aangetroffen. De concentraties variëren van <1 ng/l tot >100 µg/l. Vooral bij industriële stoffen is er sprake van (zeer) grote concentratieverschillen tussen verschillende rwzi's.

Door samenvoegen van de stoffen die in de diverse studies hoog scoren in risicogebaseerde methoden is een lijst van bijna 60 aandachtvragende stoffen opgesteld (zie tabel A). De aandachtvragende stoffen zijn ingedeeld naar stofgroep en/of toepassing:

- Benzotriazolen: worden vrijwel altijd en in hoge concentratie (µg/l) aangetroffen in effluenten.
- Stoffen die worden toegepast bij de productie van rubber: deze stoffen worden soms in zeer hoge concentratie (> µg/l) aangetroffen.
- PFAS: vragen vooral aandacht vanwege hoge persistentie en toxiciteit.
- Alkylfosfaatesters: vanwege frequent aantreffen en hoge toxiciteit.
- Diverse andere industriële stoffen: het zijn vooral stoffen die gebruikt worden in chemische processen, voor de productie van stoffen of vrijkomen uit producten.
- Diverse biocides: vooral biociden met een desinfecterende werking.
- Stoffen met meerdere toepassingen, waaronder als biocide: vooral de stoffen die in antivlooiemiddelen voor huisdieren worden toegepast vallen op door hun hoge score op risico in diverse studies.
- Een diverse restgroep: onder andere enkele zoetstoffen en de insectwerende stof DEET.

De bestudeerde studies zijn divers van aard, opzet, onderzochte stoffen en wijze van risicogebaseerde prioritering. Dit maakt het lastig om aan te geven welke van deze aandachtvragende stoffen of stofgroepen de hoogste prioriteit hebben.

Veel van de aandachtvragende stoffen (bijna de helft) zijn al in beeld doordat zij als (p)ZZS stof zijn aangewezen, of als (kandidaat) prioritaire stof of Watchlist stof binnen de KRW. Enkele aandachtvragende stoffen in effluent overlappen met de aandachtvragende stoffen die eerder in opdracht van de Werkgroep Aanpak Opkomende Stoffen voor oppervlaktewater zijn vastgesteld.

Aanbevolen wordt:

- De resultaten van deze studie bij de betreffende (beleids)kaders onder de aandacht te brengen zodat kennis kan worden genomen van de bevindingen en hierop met vervolgacties op kan worden geanticipeerd.
- Bij monitoring van rwzi-effluenten naast gerichte doelstofanalyses vaker suspect screening toe te passen. Bij deze methode worden bij analyse aangetroffen pieken in een chromatogram vergeleken met gegevens uit een stoffenbibliotheek om zodoende met enige mate van zekerheid te kunnen vaststellen om welke stof het gaat. Aanbevolen wordt om daarbij de stoffenbibliotheek uit te breiden de stoffen die in deze studie naar voren komen.
- Het belang van verschillende bronnen en routes beter in kaart te brengen, o.a. industriële puntbronnen en gebruik van stoffen als biocide en/of antivlooiemiddel.

Tabel A Samenvatting aandachtvragende stoffen in effluent.

Stofgroep	Stof	Toepassing
Benzotriazolën		
	1,2,3 benzotriazol*	anticorrosiemiddel, rubber additief
	4-en/of 5-methyl-1H-benzotriazol*	anticorrosiemiddel, rubber additief
	5-chloor-1H-benzotriazol	anticorrosiemiddel
Rubber additieven		
	1,3-Difenyguanidine	catalysator in rubber
	2-Benzothiazolesulfonzuur	fungicide, rubber additief
	Hexamethoxymethylmelamine (HMMM)*	rubber additief, crosslinker in harsen en coatings (o.a.)
	Mono-, di- en tri(methoxymethyl)melamine	afbraakproducten van HMMM
PFAS		
	Perfluorhexaanzuur (PFHxA)	divers, afbraakproduct andere PFAS
	Perfluorheptaanzuur (PFHpA)	divers, afbraakproduct andere PFAS
	Perfluorocataanzuur (PFOA)	divers, afbraakproduct andere PFAS
	Perfluorocataansulfonaat (PFOS)	divers, afbraakproduct andere PFAS
Alkylfosfaatesters		
	Tris(2-chloorethyl)fosfaat (TCEP)	brandvertrager
	Tris(2-chloor-1-(chloormethyl)ethyl)fosfaat (TDCP)	weekmaker, brandvertrager
	Trichloorpropylfosfaat (TCPP)	brandvertrager
	Triisobutylfosfaat (TIBP)	weekmaker
	Tributylfosfaat (TBP)	weekmaker
	Triethylfosfaat (TEP)	weekmaker, brandvertrager en meer
Overige industriële stoffen		
	1,3,5-Triazine-2,4,5-triamine (melamine)	basis voor harsen en coatings
	2- en/of 4-nitrofenol	gebruikt bij productie gms, gbm en kleurstoffen
	2,3- en/of 2,4- en/of 2,6-nitrofenol	gebruikt bij productie gbm en kleurstoffen
	2,4-dichloorfenol	gebruikt bij productie gbm en biocides
	4-tert-Octylfenol	gebruikt bij productie industriële stoffen
	Bisfenol A (BPA)	plastic additief (o.a.)
	Di-ethyleentriaminedipentaazijnzuur (DTPA)	complexvormer
	Dichloorazijnzuur	industriële toepassingen
	Dodecyl-benzeensulfonaat (C12-LAS)	detergent
	Ethyleendiaminetetraethaanzuur (EDTA)*	complexvormer
	Hexamethyleentetramine (urotropine)	industriële toepassingen, conserveringsmiddel
	Tetabroombisfenol A (TBBPA)	brandvertrager
	Tetraglyme (TEGDME)	oplosmiddel
	Trifenyloxyfineoxide (TPPO)	bijproduct chemische synthese
Biocides		
	1,2-benzisothiazol-3(2H)-on	fungicide, conserveringsmiddel
	Benzododecinium	desinfectant
	Benzyl-dimethyltetradecylammonium	desinfectant (quaternaire ammonium verbinding)
	Didecyl-dimethylammonium (DDAC)	desinfectant (quaternaire ammonium verbinding)
	N,N-dimethyldodecylamine	reiniging oppervlakten
	Triclosan	desinfectant
Stoffen met meerdere toepassingen onder andere als biocide		
	Aminocarb	insecticide, biocide
	Carbendazim	fungicide, biocide
	Diazinon	insecticide, acaricide, antivlooiënmiddel
	Diuron	herbicide, biocide
	Fipronil	insecticide, acaricide, biocide, antivlooiënmiddel
	Hexachloorcyclohexaan (lindaan, HCH)	insecticide, biocide
	Imidacloprid	insecticide, biocide, antivlooiënmiddel
	Permethrin	insecticide, biocide, antivlooiënmiddel
	Piperonyl-butoxide*	insecticide, biocide, versterking effect antivlooiënmiddel
	Propoxur	insecticide, acaricide, biocide, antivlooiënmiddel
	Terbutryn	herbicide, biocide
	Terbutryn-sulfoxide	herbicide, biocide (metaboliet)
	Terbutylazine	herbicide, biocide in koeltorens
	Thiabendazool	fungicide, biocide
	Thiamethoxam	insecticide, houtconservering
Overige		
	Sucralose	zoetstof
	Cyclamaat	zoetstof
	Caffeïne	geneesmiddel, stimulant
	Cotinine	tabak ingrediënt
	DEET	insectenwerend
	Fenantreen	polycyclische aromatische koolwaterstof (PAK)

\* = ook aandachtvragende stof in oppervlaktewater (Osté et al, 2022)



# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding

Rioolwaterzuiveringsinstallaties vormen een belangrijke route van microverontreinigingen naar het oppervlaktewater. In het effluent dat de zuivering verlaat worden honderden tot duizenden stoffen aangetroffen. Voor geneesmiddelen, stoffen uit cosmeticaproducten en PFAS is duidelijk dat rwzi's een belangrijke route vormen. Voor andere microverontreinigingen is het op dit moment grotendeels onduidelijk om welke stoffen of stofgroepen het gaat. Om beter zicht te krijgen op welke opkomende stoffen via rwzi-effluent in het oppervlaktewater komen lopen verschillende initiatieven. Het betreft onder andere de prioritering van stoffen uit gerichte chemische analyses en brede screening op stoffen in afvalwater, en de vergelijking van stoffen in effluent met lijsten en eigenschappen van Zeer Zorgwekkende Stoffen (ZZS) en potentieel Zeer Zorgwekkende Stoffen (pZZS). Deze nieuwe initiatieven geven meer zicht op welke stoffen en stofgroepen de grootste reden tot zorg zijn. Het totaaloverzicht van de bevindingen en wat we daaruit kunnen leren ontbreekt echter.

## 1.2 Doel en afbakening

Doel van het project is om de huidige stand van kennis ten aanzien van opkomende stoffen in het effluent van rwzi's samen te vatten en een synthese te maken van welke stoffen of stofgroepen nadere aandacht verdienen.

Het onderzoek beperkt zich tot organische microverontreinigingen in effluent van communale rwzi's. Industriële afvalwaterzuiveringsinstallatie vallen buiten de scope van het onderzoek. De focus ligt bij de synthese nadrukkelijk breder dan alleen op individuele stoffen: er wordt ook gekeken naar stofgroepen, en bronnen en routes voor deze stofgroepen naar het afvalwater. De bronnen en routes vormen het startpunt voor handelingsperspectieven om de emissie terug te kunnen dringen.

De synthese en samenvatting is in de eerste plaats beschrijvend van aard. Het gaat daarbij om het grotere plaatje en mogelijk zinvolle vervolgacties. Voorbeelden van mogelijke vervolgacties zijn een meer gedetailleerde uitwerking van de bevindingen op stofgroepniveau, bronnen en routes beter in beeld brengen of uitgebreider monitoren. Een vervolgactie kan ook zijn 'signaleren en elders adresseren'.

Het project is geïnitieerd vanuit de Themagroep Oppervlaktewater die onder de landelijke Werkgroep Aanpak Opkomende Stoffen valt. Dit betekent dat de focus ligt op opkomende stoffen. Stoffengroepen die in andere kaders worden aangepakt, dat wil zeggen geneesmiddelen en gewasbeschermingsmiddelen, zijn wel meegenomen in de bestudering van de onderzoeken, maar in de synthese is de aandacht gericht op de stoffen met (ook) andere toepassingen.

De resultaten van dit project zullen worden besproken in de Themagroep (inhoudelijk) en de Werkgroep (op hoofdlijnen) en worden gebruikt om verdere invulling te geven aan gesignaleerde mogelijk zinvolle vervolgacties.

## 1.3 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 start met een definitief van aandachtvragende stoffen, een toelichting op de gebruikte terminologie en een inventarisatie van relevante onderzoeken naar microverontreinigingen in rwzi-effluent. In hoofdstuk 3 worden de belangrijkste bevindingen per onderzoek samengevat. Vanwege de focus van deze studie op opkomende stoffen wordt in deze samenvattingen nadrukkelijk aandacht besteed aan stoffen en stofgroepen die niet uitsluitend als geneesmiddel en/of gewasbeschermingsmiddel worden gebruikt. De details in dit hoofdstuk vormen de basis voor de synthese in hoofdstuk 4: in dit hoofdstuk worden de onderzoeken in samenhang beschouwd en worden de bevindingen geïntegreerd. De conclusies en aanbevelingen staan in hoofdstuk 5.

In de tekst van het rapport worden Nederlandse stofnamen gebruikt. In de figuren en bijlagen worden, afhankelijk van de herkomst zowel Nederlandse als buitenlandse stofnamen gebruikt omdat het onevenredig veel inspanning vraagt om alles te vertalen.

## 2 Relevante onderzoeken naar microverontreinigingen in rwzi-effluent

### 2.1 Definitie aandachtvragende stoffen

Er zijn verschillende redenen waarom stoffen in effluent aandacht vragen. In dit project zijn de volgende redenen meegenomen:

- De stof komt via effluent van communale rwzi's in het oppervlaktewater, én
- De stof heeft onwenselijke stofeigenschappen<sup>1</sup>:
  - Identificatie als Zeer Zorgwekkende Stof (ZZS) of potentiële Zeer Zorgwekkende Stof (pZZS)
  - Eigenschappen vergelijkbaar met ZZS (vastgesteld met de Similarity Tool)<sup>2</sup>
  - Identificatie als Persistent, Mobiel en Toxisch (PMT stof)
  - Identificatie als very Persistent, very Mobile (vPvM stof)
  - Identificatie als Persistent, Bioaccumulerend en Toxisch (PBT stof)
  - Identificatie als very Persistent, very Bioaccumulating (vPvB stof)
  - Identificatie als Endocrine Disruptor (ED stof)
  - Identificatie als Carcinogeen, Mutageen of Reproductietoxisch (CMR stof)
  - Hoge toxiciteit (binnen dit kader niet nader gedefinieerd), óf
- De stof geeft (potentiële) risico's:
  - Effluentconcentraties overschrijden normen of Predicted No Effect Concentraties (PNEC's)
- De stof scoort hoog in risicogebaseerde prioriteringsacties zoals de prioritering conform de NORMAN systematiek

Deze redenen kunnen samengevat worden als: de rwzi vormt een route van de stof naar het milieu én de stof veroorzaakt aangetoonde of potentiële risico's.

In de uitwerking is ook gekeken naar Effect Directed Analysis (EDA) onderzoek. Met dit type onderzoek kunnen de stoffen die een waargenomen effect veroorzaken worden vastgesteld. De resultaten van EDA onderzoek zijn uiteindelijk niet gebruikt voor het vaststellen van aandachtvragende stoffen (zie paragraaf 3.1.5 voor toelichting).

### 2.2 Toelichting op terminologie

#### 2.2.1 (potentieel) Zeer Zorgwekkende Stoffen

Zeer Zorgwekkende Stoffen (ZZS) is een verzamelnaam voor stoffen met schadelijke eigenschappen voor mens en milieu. ZZS zijn kankerverwekkend, mutageen of giftig voor de voortplanting (de 'CMR' stoffen) of stoffen die slecht afbreekbaar zijn en zich opstapelen in de voedselketen (de 'PBT' of 'vPvB' stoffen). Stoffen waarvoor vergelijkbare zorgen gelden, zoals bijvoorbeeld hormoonverstoring, kunnen ook onder de definitie vallen. Voor details ten aanzien van de criteria voor classificatie als ZZS wordt verwezen naar De Poorter et al. (2011). Op de website Risico's van Stoffen houdt het RIVM een lijst bij van ZZS (<https://rvszoeksysteem.rivm.nl/ZZSlijst/Index>).

De ZZS-lijst wordt samengesteld op basis van verschillende lijsten uit internationale stoffenkaders en verdragen o.a. REACH, CLP, POP, KWR en OSPAR (<https://rvs.rivm.nl/onderwerpen/zeer-zorgwekkende-stoffen>).

Het RIVM houdt sinds 2018 ook een lijst bij van potentiële ZZS (pZZS). Op de pZZS-lijst staan stoffen die binnen het Europese REACH-kader op ZZS-eigenschappen worden onderzocht. Er staan momenteel ruim 300 stoffen en stofgroepen op de pZZS-lijst (<https://rvs.rivm.nl/onderwerpen/Zeer-Zorgwekkende-Stoffen/Potentiele-ZZS>). De lijst is dynamisch: stoffen waarover conclusies zijn getrokken gaan van de lijst af en als binnen REACH nieuwe stoffen worden onderzocht, komen die erbij (Smit et al., 2021).

#### 2.2.2 ZZS-similarity tool

De ZZS similarity tool is een computerprogramma van het RIVM dat de chemische structuur van stoffen vergelijkt met de structuur van erkende ZZS (Wassenaar et al, 2019; <https://rvszoeksysteem.rivm.nl/ZzsSimilarityTool>). Een gelijkennis in structuur kan namelijk wijzen op

<sup>1</sup> Er zit een overlap in de genoemde redenen: onwenselijke stofeigenschappen zoals CMR of PBT staan op zich, maar kunnen ook leiden tot identificatie als (p)ZZS stof.

<sup>2</sup> Zie paragraaf 2.2.2.

vergelijkbare ZZS-eigenschappen. De tool verdeelt het molecuul in chemische fragmenten en kijkt of vergelijkbare fragmenten in bekende ZZS aanwezig zijn. Als de gelijkenis tussen een stof en een ZZS boven een grenswaarde valt, wordt de stof gemarkeerd.

Als een stof door de tool wordt herkend, betekent dat niet altijd dat die stof inderdaad een ZZS-zorg heeft. Kleine verschillen in structuur kunnen er namelijk voor zorgen dat stoffen juist heel verschillend werken. De ZZS similarity tool is dus een screeningsinstrument en de uitkomst is een signaal om verder naar zo'n stof te kijken. Uiteindelijk zal uit aanvullend (literatuur)onderzoek moeten blijken of een stof ook echt ZZS-eigenschappen heeft of niet (Smit et al., 2021).

### 2.2.3 Suspect en non-target screening

Bij chemische analyse van stoffen wordt normaliter uitgegaan van een analysepakket met doelstoffen ("knowns"). De analysemethode is dan geoptimaliseerd voor deze doelstoffen. Voor betrouwbare identificatie en concentratiebepaling wordt voor elke stof een referentiestandaard gebruikt.

Het is ook mogelijk om veel breder naar de pieken in een chromatogram te kijken ('screening'). Daarbij moet onderscheid gemaakt worden tussen suspect screening en non-target screening. Bij suspect screening wordt gericht gezocht naar pieken van bekende stoffen die worden verwacht in een monster (de 'known unknowns') maar waarvoor een referentiestandaard ontbreekt of de referentiegegevens voor identificatie op basis van massaspectrometrie onvolledig zijn. Door informatie over de pieken te vergelijken met stofspecifieke gegevens in stofdatabases (zoals de NORMAN SubstanceDatabase) kan de aanwezigheid worden vastgesteld, maar met geringere betrouwbaarheid dan bij doelstofanalyse. De concentratie kan semikwantitatief worden geschat.

De overige pieken in een monster zijn de non-targets ('unknowns'). De studies die in deze notitie worden besproken betreffen doelstofanalyses of suspect screening. Non-target screening valt buiten de scope van deze notitie.

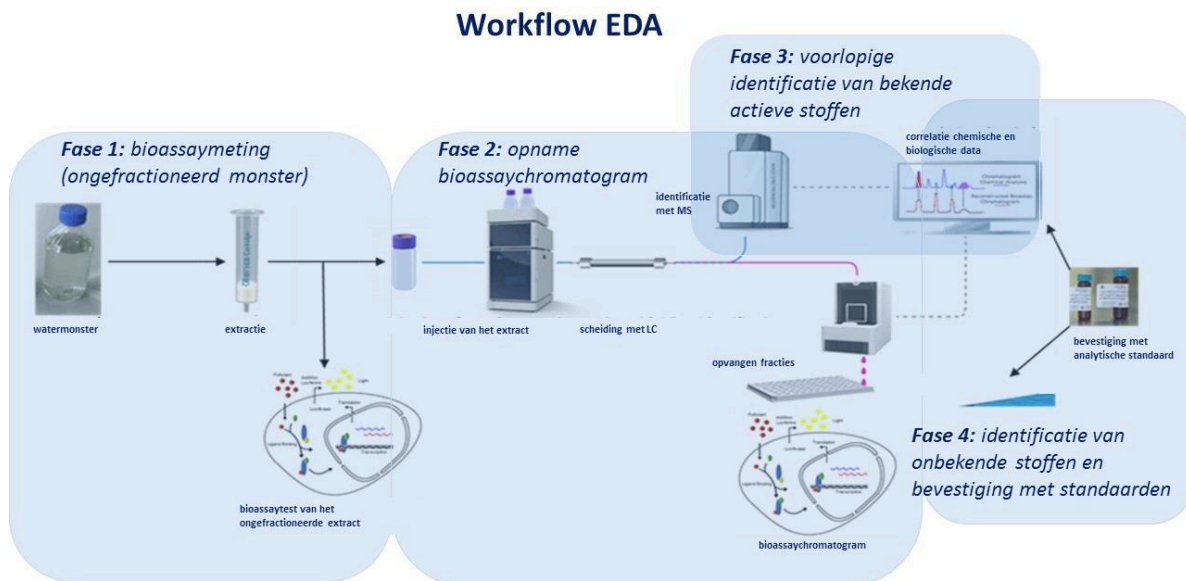
### 2.2.4 Effect Directed Analysis

Wanneer in effectmetingen (bioassays) in milieumonsters toxische effecten worden aangetoond, kan door middel van Effect Directed Analysis (EDA) achterhaald worden welke stoffen in het water hier de veroorzakers van zijn. Dit wordt gedaan door het monster te scheiden in kleinere fracties, die elk afzonderlijk worden getest in de bioassay. Fracties die effecten geven worden chemisch geanalyseerd, waarna wordt geprobeerd de aangetroffen stoffen te identificeren. In het verleden bleek dit vaak erg lastig. Door recente ontwikkelingen kan het monster in veel kleinere fracties opgedeeld worden. Hierdoor zijn minder stoffen in de fractie aanwezig. Bovendien zijn de analytische methodes om onbekende stoffen vast te stellen sterk verbeterd. Beiden maken dat de identificatie van stoffen die effect veroorzaken makkelijker geworden is.

EDA onderzoek wordt onder andere door Het Waterlaboratorium (HWL) uitgevoerd. Zij hebben hiervoor onder de naam hoge-resolutie EDA-platform diverse bioassays beschikbaar die hormoonverstoring of reactiviteit (dat wil zeggen genotoxiciteit, celbeschadiging of oxidatieve stress) meten (Brekelmans et al., 2021). De werkwijze wordt in figuur 1 schematisch weergegeven.

### 2.2.5 NORMAN prioriteringssystematiek

De NORMAN prioriteringssystematiek is opgesteld door het NORMAN-netwerk. Het NORMAN netwerk is een Europees netwerk van laboratoria, onderzoekcentra en gerelateerde organisaties voor het monitoren en biomonitoren van opkomende stoffen ([www.norman-network.net](http://www.norman-network.net)). Voor de prioritering is een methodiek opgesteld. Deze methodiek houdt expliciet rekening met het feit dat voor veel nieuwe stoffen gegevens voor een volledige risico-inschatting ontbreken. In andere prioriteringen verdwijnen deze stoffen veelal van de lijst. In de NORMAN-systematiek wordt dit ondervangen door een indeling te maken in zes categorieën met daaraan gekoppelde acties. Binnen deze categorieën worden de stoffen verder geprioriteerd op basis van aangetroffen concentraties (Exposure), stofeigenschappen (Hazard) en risico (Risk). Voor een nadere toelichting op de NORMAN prioriteringssystematiek wordt verwezen naar Osté et al. (2022) en Dulio & von der Ohe (2013).



Figuur 1 Schematisch overzicht van de vier fases van de door Het Waterlaboratorium gebruikte EDA methode: het hoge resolutie-EDA-platform (Brekelmans et al., 2021).

### 2.3 Inventarisatie relevante onderzoeken

Tabel 1 geeft een overzicht en een korte omschrijving van de relevante onderzoeken naar organische microverontreinigingen in rwzi-effluent. Er is onderscheid gemaakt tussen onderzoeken in Nederland en onderzoeken in het buitenland. Het voorkomen van stoffen in het buitenland (aantreffen en concentratie) kan verschillen van studies in Nederland. Stoffen die in het buitenland hoog geprioriteerd worden hoeven daarom niet automatisch in Nederland een hoge prioriteit te krijgen. Tegelijkertijd zijn in het buitenland vaak meer en andere stoffen gemeten. Onderzoeken uit het buitenland kunnen daarom aanwijzingen geven voor aandachtvragende stoffen of stofgroepen die nu in Nederland nog uit beeld zijn.

In deze inventarisatie zijn onderzoeken als relevant beschouwd als tenminste een van onderstaande punten waar is:

- 1) In effluent aangetroffen stoffen zijn vergeleken met lijsten van stoffen met ongewenste eigenschappen
- 2) Effluentconcentraties zijn geprioriteerd met een op risico gebaseerde methode
- 3) Effectonderzoek heeft aangetoond dat de stof verantwoordelijk is voor waargenomen toxiciteit

Tabel 1 Overzicht van de onderzoeken naar microverontreinigingen in rwzi-effluent die in deze rapportage nader zijn beschouwd.

Onderzoek	Korte omschrijving	Referentie
<i>Nederland</i>		
Vergelijking effluentconcentraties met pZZS-lijst en Similarity tool	Vergelijking van monitoringdata in effluent uit de Watson database met de lijst met potentieel Zeer Zorgwekkende Stoffen (pZZS) en toepassing van de ZZS similarity tool om stoffen in effluent met vergelijkbare stoffeigenschappen te identificeren.	Smit et al. (2021)
Stoffen met PMT eigenschappen in de Watson database	Vergelijking van de stoffen met monitoringsgegevens uit de Watson database met de PMT database. Dit is een database van stoffen met PMT eigenschappen. PMT eigenschappen zorgen voor verspreiding van toxische stoffen en vragen om die reden aandacht.	Uitgevoerd binnen deze studie
Bibliotheekscreening rwzi-effluent	Brede screening (i.e. suspect screening) van tientallen effluënten door Waterschap Limburg en Waterschap Aa en Maas. De aangetroffen pieken zijn vergeleken met een bibliotheek met stofgegevens van circa 2000 stoffen. De resultaten van waterschap Limburg zijn nader ecotoxicologisch geduid door Postma (2021).	Postma (2021)
Prioritering monitoringsdata non-target screening	Fingerprinting en prioritering van monitoringdata van non target screening in effluent (en oppervlaktewater, grondwater en drinkwater).	Sjerps et al (2016)
Effect Directed Analysis door HWL en VU	Toepassing van het EDA-platform op rwzi-effluent door Het Waterlaboratorium (HWL) en de Vrije Universiteit Amsterdam.	Houtman et al. (2021), Zwart et al. (2020), Jonkers et al. (2022)
<i>Buitenland</i>		
NORMAN case studie effluënten Donau	Prioritering stoffen in effluent van 12 rwzi's die lozen op de Donau met behulp van de NORMAN prioriteringssystematiek.	Alygizakis et al. (2019)
Chemische monitoring en prioritering van 56 Europese rwzi-effluënten	In deze studie zijn bijna 500 stoffen in rwzi-effluent gemeten. De aangetroffen stoffen zijn vervolgens geprioriteerd met drie verschillende risicogebaseerde methoden.	Finckh et al. (2022)
Bijdrage rwzi aan milieubelasting met biociden	Uitgebreide Duitse studie waarbij de bijdrage van rwzi's aan de milieubelasting met biociden is uitgewerkt. Bij 29 rwzi's zijn 26 biociden en afbraakproducten gemeten. De concentraties zijn vergeleken met kwaliteitscriteria.	Fuchs et al. (2020)

### 3 Bevindingen per onderzoek

*In dit hoofdstuk worden de werkwijze en de belangrijkste bevindingen per onderzoek samengevat in tabellen, figuren en/of een beschrijving. Tenzij nadrukkelijk anders vermeld betreft het resultaten van aangetroffen stoffen in effluent van communale rwzi's. De details in dit hoofdstuk vormen de basis voor de synthese in hoofdstuk 4. Vanwege de focus van deze studie op opkomende stoffen wordt nadrukkelijk ook aandacht besteed aan stoffen en stofgroepen die niet uitsluitend als geneesmiddel en/of gewasbeschermingsmiddel worden gebruikt. Hiervoor zijn alle stoffen ingedeeld naar gebruikscategorie. Hoewel de resultaten van geneesmiddelen en gewasbeschermingsmiddelen niet altijd worden vermeld in de tekst, zijn ze wel opgenomen in het apart beschikbare Excelbestand met de uitwerking van de onderzoeken, zodat ze desgewenst in samenhang met de resultaten van opkomende stoffen kunnen worden beschouwd.*

#### 3.1 Nederlandse onderzoeken

##### 3.1.1 pZZS-lijst en ZZS similarity tool

Smit et al. (2021) hebben de stoffen die zijn opgenomen in de Watson database vergeleken met de lijst van potentieel Zeer Zorgwekkende Stoffen (pZZS). Tevens hebben zij de ZZS similarity tool toegepast om de stoffen met vergelijkbare stofeigenschappen te identificeren. De Watson-database bevat in totaal 1337 stoffen die tenminste een keer zijn geanalyseerd in in- of effluenten van rioolwaterzuiveringsinstallaties (rwzi's)<sup>3</sup> voor de periode 1990 - 2020. Dit betreffen altijd doelstoffenanalyses.

Smit et al. (2021) hebben er voor gekozen om alle in de database opgenomen stoffen (d.w.z. geanalyseerde stoffen) in influent en effluent over de hele periode mee te nemen. Daarbij is door hen geen onderscheid gemaakt tussen influent en effluent. Voor het identificeren van aandachtvragende stoffen in effluent zou het zinvoller zijn om te focussen op de aangetroffen stoffen in effluenten voor recente jaren, bijvoorbeeld de laatste tien jaar (in verband met verbetering van de bemonsteringswijze en analysemethoden). De hier beschreven resultaten moeten dan ook vooral gezien worden als een demonstratie van wat vergelijking met de pZZS-lijst en de ZZS similarity tool kan opleveren. Voor daadwerkelijk vaststellen van ZZS of vergelijkbare stoffen in effluent is nadere detaillering nodig.

##### *Voorkomen stof op pZZS-lijst*

Van de ruim 300 stoffen die ten tijde van het onderzoek op de pZZS-lijst stonden, is minder dan 10% geanalyseerd in influent of effluent. Het gaat hier vooral om bekende stoffen, zoals benzotriazool, 1,4-dioxaan (inmiddels ZZS) en trifenylfosfaat, maar ook om een aantal minder bekende, zoals het geneesmiddel theophylline (1,3-dimethylxanthine). Het aantal onderzochte pZZS is laag, maar daarbij moet wel de kanttekening worden gemaakt dat niet al deze stoffen in Nederland worden geloosd en sommige pZZS vanwege hun stofeigenschappen niet of nauwelijks in water worden verwacht.

##### *ZZS similarity tool*

De resultaten van de screening van de gemeten stoffen met de ZZS similarity tool staat in tabel 2. Ruim 300 stoffen in de Watson database (ca. 25%) zijn (p)ZZS of vertonen een structurele gelijkheid met bestaande ZZS en hebben mogelijk zorgwekkende eigenschappen. Uit tabel 2 kan worden afgeleid dat er ongeveer 100 (p)ZZS stoffen in influent en/of effluent zijn aangetroffen, en nog ongeveer zo'n 100 andere stoffen die volgens de similarity tool vergelijkbare zorg hebben. In bijlage 1 is een lijst van deze aangetroffen stoffen met mogelijke ZZS-zorg opgenomen.

Opvallend is dat er vooral stoffen met CMR en PBT/vPvB eigenschappen worden gesignaleerd en relatief weinig met hormoonverstorende (ED) eigenschappen. Dit komt omdat in de ZZS lijst (die het uitgangspunt vormt voor de similarity tool) vooral stoffen met CMR- en PBT/vPVB eigenschappen zijn opgenomen en veel minder met ED eigenschappen.

Naast de stoffen uit bijlage 1 zullen er ook stoffen zijn met potentiële reden tot zorg die niet door de similarity tool worden opgepikt. Dat komt doordat er ook pZZS zijn die niet op een bestaande ZZS lijken.

---

<sup>3</sup> In effluent zijn 1291 stoffen geanalyseerd, waarvan 742 stoffen (57 procent) ook tenminste één keer is aangetroffen. Voor influent gaat het om 869 stoffen waarvan 508 stoffen (58 procent) tenminste één keer is aangetroffen.

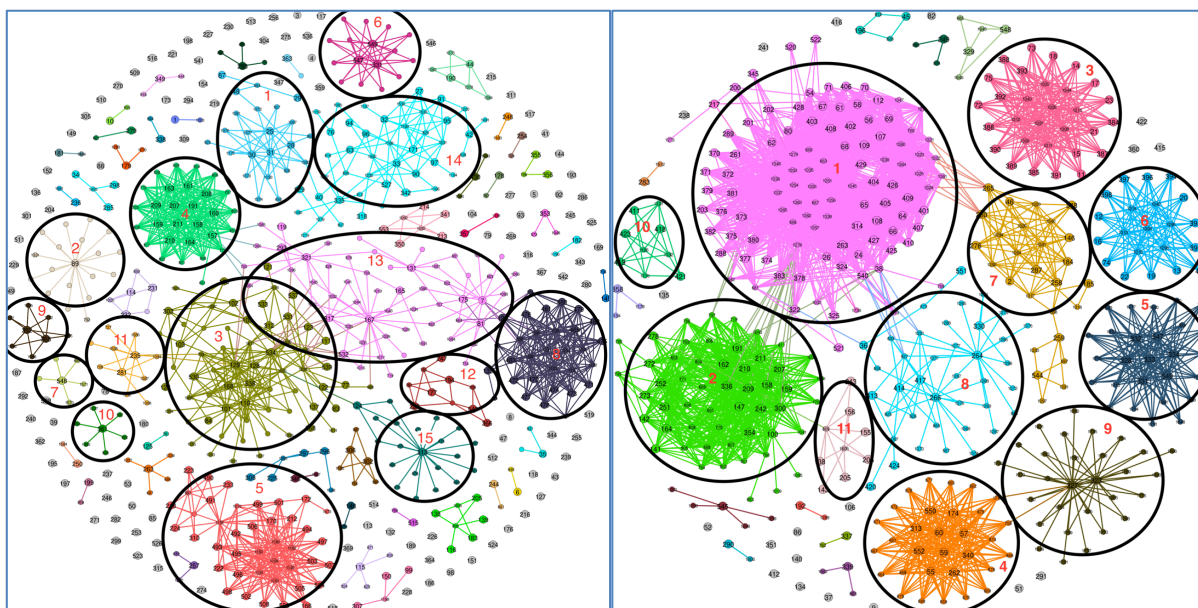


Tabel 2 Overzicht van de resultaten van de screening van de stoffen in de Watson database met de ZZS similarity tool. Het totaal aantal gescreende stoffen is lager dan de 1337 stoffen in de database, omdat niet van alle stoffen de chemische structuur bekend is. Omdat één stof meerdere ZZS-zorgen kan hebben, hebben de aantallen in de kolommen deels betrekking op dezelfde stoffen. CMR = carcinogeen, mutageen of reprotoxisch. PBT/vPvB = (zeer) persistent, (zeer) bioaccumulerend en toxisch; ED = endocrine disrupting (hormoonverstorend)

Stoffen	CMR	PBT/vPvB	ED
Stoffen met mogelijke ZZS-zorg geanalyseerd	309	225	26
waarvan al ZZS	111	118	15
waarvan al pZZS	15	9	0
Stoffen met mogelijke ZZS-zorg aangetroffen	200	163	18
waarvan al ZZS	84	98	12
waarvan al pZZS	13	7	0
Stoffen niet structureel vergelijkbaar met ZZS	925	1009	1208
<b>Totaal</b>	<b>1234</b>	<b>1234</b>	<b>1234</b>

### Clusteranalyse stofgroepen

De tool geeft ook aan op welke ZZS een bepaalde stof lijkt. Stoffen die allemaal op dezelfde ZZS(en) lijken, kunnen mogelijk gegroepeerd worden, omdat ze een vergelijkbare structuur en vergelijkbare ZZS-zorg hebben. In figuur 2 is een clustering gemaakt van alle in de Watson database opgenomen stoffen<sup>4</sup> met zorg vanwege CMR eigenschappen of PBT/vPvB eigenschappen. In bijlage 2 zijn grotere figuren opgenomen en wordt een toelichting gegeven. Uit de figuren is af te leiden dat er diverse groepen van stoffen aan te wijzen zijn met vergelijkbare structuur en ZZS-zorg. Omdat niet duidelijk is welke stoffen in recente jaren ook daadwerkelijk in effluent zijn aangetroffen wordt hier niet verder in detail op ingegaan.



Figuur 2 Clustering van stoffen met zorg vanwege CMR (links) en PBT/vPvB (rechts) voor stoffen in de Watson database. Het gaat om alle stoffen die in de Watson database zijn opgenomen, dat wil zeggen in de periode 1990 – 2020 geanalyseerd in influent en/of effluent. Niet al deze stoffen zijn ook daadwerkelijk aangetroffen. Elke zwarte cirkel (en kleur) vormt een cluster van stoffen met vergelijkbare ZZS-eigenschappen, gegroepeerd rondom een of meerdere bestaande ZZS. De nummers in de cirkels verwijzen naar een stofgroep (zie bijlage 2 voor toelichting en legenda).

<sup>4</sup> Dat wil zeggen in rwzi-influent of -effluent geanalyseerde stoffen.

### 3.1.2 PMT stoffen in de Watson database

Alle stoffen die opgenomen zijn in de Watson database (dus ten minste eenmaal gemeten in influent of effluent van rwzi's) zijn vergeleken met de PMT-lijst die door het RIVM is opgesteld in opdracht van de Werkgroep Aanpak Opkomende Stoffen (Hartmann et al., 2022). Mobiliteit (in combinatie met P en T) is geen criterium bij het identificeren van pZZS stoffen. Deze vergelijking zou dus aanvullende aandachtvragende stoffen kunnen opleveren.

Uitgangspunt voor de PMT-lijst was een lijst met stoffen van de European INventory of Existing Commercial chemical Substances (EINECS) die ook onder de REACH wetgeving geregistreerd waren, aangevuld met stoffen die door de RIWA in oppervlaktewater van Rijn en Maas zijn gemonitord, in totaal meer dan 6000 stoffen. Voor deze stoffen zijn eigenschappen verzameld over de Persistentie (i.e. geschatte halfwaardetijd in het milieu), de Mobiliteit (i.e. experimentele of geschatte octanol/water coëfficiënt of Koc) en de Toxiciteit. De toxiciteit werd gebaseerd op vijf humane eindpunten: carcinogeniteit (C), mutageniteit (M), reproductietoxiciteit (R), hormoonverstorende eigenschappen (ED) en algemene toxiciteit na herhaalde dosis. Zowel P, M als T zijn elk vertaald naar een waarde tussen de 0 en 1. Deze zijn weer geïntegreerd naar een overall PMT-score. Niet alle in Watson opgenomen stoffen zijn ook opgenomen in de PMT database.

In bijlage 3 worden verschillende doorsnedes gepresenteerd, waarbij de resultaten zijn geordend op P, M of T scores en frequentie van aantreffen in effluent. Algemene parameters (zoals nutriënten), somparameters en anorganische stoffen zijn niet meegenomen in de vergelijking. Stoffen die uitsluitend als gewasbeschermingsmiddelen of geneesmiddel worden gebruikt zijn in bijlage 3 buiten beschouwing gelaten omdat deze niet tot de focus van deze studie behoren. Er zijn vrij veel stoffen die slechts een of enkele keren zijn geanalyseerd (en aangetroffen) in effluent. Dit kan het beeld vertekenen. De doorsnedes in bijlage 3 focussen zich daarom op stoffen die frequent in effluent aangetroffen (>50% van de metingen plus minimaal 5 keer gemeten).

In tabel 3 worden de stoffen met een P, M óf T score boven de 0,8 gepresenteerd. Deze waarde is een arbitraire keuze, er bestaan geen vastgestelde criteria waar een stof aan moet voldoen om als P, M of T te worden geclassificeerd. In Hartmann et al (2022) wordt een score tussen 0,5 en 1 als een 'very high potential' op P, M of T eigenschappen gezien. In tabel 3 zijn nutriënten, anorganische stoffen, somparameters en stoffen die uitsluitend als geneesmiddel of gewasbeschermingsmiddel worden gebruikt buiten beschouwing gelaten omdat deze niet tot de focus van deze studie behoren. De volledige lijsten, inclusief geneesmiddelen en gewasbeschermingsmiddelen, zijn wel als apart Excelbestand beschikbaar.

Opvallende stoffen en stofgroepen zijn:

- Diverse PFAS verbindingen: hoge P en relatief hoge T
- Diverse alkylfosfaatesters: hoge T
- Melamine en urotropine: hoge M, urotropine ook relatief hoge P
- Stoffen met een gecombineerde toepassing als gewasbeschermingsmiddel, biocide en/of diergeneesmiddel: HCH (lindaan) en fipronil vanwege hoge P en relatief hoge T, carbendazim vanwege hoge T
- Complexvormers EDTA en DTPA: hoge M en relatief hoge T
- De industriële stof tetrabroombisfenol A (TBBPA): hoge P, relatief hoge T
- De plasticadditief bisfenol A en de PAK fenanthreen: hoge T
- Zoetstoffen: hoge M



Tabel 3 Stoffen uit de Watsondatabase die tenminste in 50% van de metingen zijn aangetroffen in effluent met een P, M of T score boven de 0,8. Nutriënten, anorganische stoffen, somparameters en stoffen die uitsluitend als gewasbeschermingsmiddelen of geneesmiddel worden gebruikt zijn buiten beschouwing gelaten omdat deze niet tot de focus van deze studie behoren. De kleurcodering is een relatieve schaal van hoog (rood) naar laag (groen). De stoffen zijn geordend op PMT-score (i.e. het gemiddelde van de P, M en T-score).

Stofnaam	n eff	% aangetr eff	P(MT)-score	M-score	T-score	PMT-score (gemiddeld)	Categorie
perfluorhexaanzuur	101	76,2	0,93	0,49	0,61	0,65	industrial chemicals
tris(2-chloor-1-(chloormethyl)ethyl)fosfaat	17	64,7	0,96	0,33	0,83	0,64	industrial chemicals
1,3,5-Triazine-2,4,6-triamine (Melamine)	33	100,0	0,53	0,80	0,61	0,64	industrial chemicals
tri(2-chloorethyl)fosfaat	35	88,6	0,58	0,53	0,83	0,63	industrial chemicals
perfluorheptaanzuur	112	66,1	0,98	0,42	0,61	0,63	industrial chemicals
hexamethyleentetramine (Urotropine)	33	100,0	0,81	0,93	0,34	0,63	industrial chemicals
sucralose	39	89,7	0,45	0,87	0,61	0,62	food additive
trichloorpropylfosfaat	131	98,5	0,66	0,42	0,83	0,61	industrial chemicals
perfluorocyclohexaan-isomeren	151	79,5	0,99	0,36	0,61	0,60	industrial chemicals
som hexachloorcyclohexaan-isomeren	47	72,3	0,93	0,25	0,66	0,54	plant protection products / biocides
fipronil	341	57,5	1,00	0,20	0,74	0,53	plant protection products / biocides / pharmaceuticals
fenanreen	959	54,1	0,57	0,21	0,91	0,48	PAHs
carbendazim	406	68,7	0,19	0,49	0,91	0,44	plant protection products / biocides
bisfenol-A	279	54,5	0,27	0,32	0,90	0,43	industrial chemicals
tetraethyleenglycoldimethylether	54	63,0	0,23	0,81	0,37	0,41	industrial chemicals
dichloorazijnzuur	11	100,0	0,11	0,72	0,82	0,40	industrial chemicals
triethylfosfaat	46	67,4	0,10	0,59	0,89	0,38	industrial chemicals
tetrabrombisfenol A	5	100,0	0,96	0,10	0,56	0,37	industrial chemicals
triisobutylfosfaat	160	94,4	0,18	0,33	0,82	0,36	industrial chemicals
cyclamaat	62	58,1	0,16	0,82	0,17	0,28	food additive
di-ethyleentriaminepentaazijnzuur (DTPA)	6	66,7	0,03	0,96	0,68	0,26	industrial chemicals
ethyleendiaminetetraethaanzuur (EDTA)	16	100,0	0,02	0,95	0,68	0,23	industrial chemicals

### 3.1.3 Bibliotheekscreening rwzi-effluent

Waterschap Limburg en Waterschap Aa en Maas hebben in 2020 / 2021 door middel van suspect screening onderzoek gedaan naar stoffen in het effluent van hun rwzi's. Bij Waterschap Limburg zijn alle 17 rwzi's tenminste tweemaal bemonsterd (totaal 50 monsters), bij Waterschap Aa en Maas alle 7 rwzi's tweemaal. De resultaten van Waterschap Limburg en de eerste meetronde van Waterschap Aa en Maas zijn door Postma (2021) nader ecotoxicologisch geduid.

In ieder effluent werden honderden stoffen aangetroffen, in totaal bijna vierhonderd verschillende stoffen. Om deze stoffen te prioriteren voor nader onderzoek zijn ze ingedeeld in verschillende categorieën, op basis van de hoogte van het risico en de betrouwbaarheid waarmee dit vastgesteld kon worden.

Bij de risicoinschatting is onderscheid gemaakt in:

- De betrouwbaarheid van de stofidentificatie  
Er zijn drie groepen onderscheiden:
  - stoffen die voldoende betrouwbaar geïdentificeerd en gekwantificeerd konden worden voor normvergelijking, d.w.z. gekalibreerde stoffen (n=17),
  - stoffen die voldoende betrouwbaar zijn geïdentificeerd (n=333) en
  - stoffen waarvan de identificatie nog onzeker is, d.w.z. indicatieve stoffen (n=49).
- De betrouwbaarheid van de normwaarde of risicogrens<sup>5</sup>  
Ook hier zijn drie groepen te onderscheiden:
  - officieel vastgestelde jaargemiddelde milieukwaliteitseisen (JG-MKE)
  - diverse groep van overige normwaarden en risicogrenzen, zoals niet officieel vastgestelde MTR's, PNEC's of indicatieve waarden
  - op modelmatige schattingen (QSAR's) gebaseerde risicogrenzen
- De hoogte van het risico (concentratie / normwaarde of risicogrens)  
Hierbij is gekeken naar het aantal monsters waarin de stof is aangetroffen en de gemiddelde en maximale concentratie. Deze concentraties zijn gedeeld door de normwaarde (risicogrens). Voor de gekalibreerde stoffen duidt een waarde >1 (indicatief) op een risico. Voor de overige stoffen is de concentratie semi-kwantitatief bepaald door vergelijking van het oppervlak onder de piek met het oppervlak van een referentiestof (dezelfde voor alle stoffen). Voor deze semi-kwantitatieve concentraties heeft de waarde geen absolute betekenis. De stoffen zijn daarom gerankt.

<sup>5</sup> NB Er bestaan geen normwaarden of risicogrenzen voor effluent. Bij gebrek aan beter is vergeleken met normwaarden en risicogrenzen voor oppervlaktewater.

- d. Aanvullende vergelijking met stoflijsten of onwenselijke stoffeigenschappen  
Er is vergeleken met de ZZS- en pZZS-lijst. Daarnaast zijn op basis van QSAR modelschattingen bioconcentratiefactoren (BCF) en octanol-water partiticoëfficiënten (logKow) afgeleid. Stoffen met een hoge BCF en een hoge LogKow kunnen bioaccumuleren. Stoffen op de (p)ZZS lijst, met een BCF>100 en een log Kow>3 zijn apart benoemd. Mobiliteit (i.e. lage logKow) is niet meegenomen. Voor geneesmiddelen is ook benoemd of zij door Moermond et al. (2020) als probleemstof zijn aangemerkt.

De resultaten voor de stoffen met de hoogste score worden samengevat in bijlage 4. Allereerst worden de resultaten besproken waarbij alle stoffen worden meegenomen. Hierbij komen veel geneesmiddelen en/of gewasbeschermingsmiddelen naar voren. Dit komt voor een belangrijk deel omdat deze stofgroepen oververtegenwoordigd zijn in de stoffenbibliotheek. Deze stofgroepen behoren niet tot de focus van deze studie. Daarom wordt ook specifiek aandacht besteed aan stoffen die niet uitsluitend als geneesmiddel of gewasbeschermingsmiddel worden gebruikt.

#### *Alle stoffen*

Van de 17 gekalibreerde stoffen veroorzaken vier de grootste risico's:

- Het antibioticum clindamycine (risicogrens overschreden in 15 monsters)
- Het herbicide prosulfocarb (normoverschrijdend aangetroffen in 1 monster)
- Het fungicide dimethomorf (normoverschrijdend aangetroffen in 1 monster)
- Het anti-epilepticum gabapentine (concentraties liggen dicht tegen de risicogrens en in 49 monsters aangetroffen).

Van de 333 overige stoffen in de screening die met voldoende zekerheid konden worden geïdentificeerd, was voor 36 geen ecotoxicologische informatie beschikbaar. In totaal konden dus 297 stoffen indicatief gerankt worden. De 20 hoogst gerankte stoffen in de screening zijn:

- Zeven gewasbeschermingsmiddelen<sup>6</sup>: imidacloprid (I), diuron (H), terbutryn (H), azoxystrobine (F), thiacloprid (I), fipronil (I/A) en piperonyl-butoxide (I\*)
- Tien medicijnresten<sup>7</sup>: carbamazepine (AE), metoprolol (H), propranolol (H), sulfapyridine (AB), tramadol (P), venlafaxine (AD), sulfamethoxazol (AB), diclofenac (P), azitromycine (AB) en mycofenolinezuur (I)
- Twee industriële stoffen<sup>8</sup>: 4-en/of 5-methyl-1H-benzotriazol en 1,2,3-benzotriazol
- Een insectenwerende stof: diethyltoluamide (DEET)

In het effluent werden in totaal 17 (p)ZZS stoffen aangetroffen (zie tabel 4). Twee daarvan (dimethomorf en tris(2-chloorethyl)fosfaat konden met zekerheid worden geïdentificeerd, 15 met redelijke zekerheid.

Er zijn 28 stoffen aangetroffen met een bioconcentratiefactor >100 en een logKow >3 (zie bijlage 4). Deze stoffen kunnen mogelijk tot indirecte risico's leiden door bioaccumulatie in de voedselketen. Het betreffen geneesmiddelen en gewasbeschermingsmiddelen.

Stoffen die op basis van voorspelde effectwaarden (QSAR's) zijn beoordeeld kregen over het algemeen geen hoge ranking. In de top 100 zijn vijf stoffen beoordeeld op basis van voorspelde effectwaarden. Een daarvan, maprotiline (rang 39), werd in ongeveer de helft van de monsters aangetroffen. De vier anderen in vrijwel alle monsters. Het gaat om fexofenadine (anti-allergie middel; rang 31), gabapentin lactam (een afbraakproduct van het anti-epilepticum gabapentine; rang 55), fecainide (een middel tegen hartritmestoornissen; rang 80) en de drug MDMA (XTC, rang 96). De ecotoxiciteit van deze vier stoffen verdient nadere aandacht.

---

<sup>6</sup> NB deze stoffen zijn door Postma (2021) ingedeeld als gewasbeschermingsmiddel, maar diverse van de genoemde stoffen kennen meerdere toepassing, o.a. als biocide en/of antiparasitair middel voor dieren. I = insecticide, H = herbicide, F = fungicide, I/A = insecticide / acaricide, I\* = wordt aan insecticiden toegevoegd om hun werking te versterken.

<sup>7</sup> AB = antibiotica, AD = antidepressivum, AE = anti-epilepticum, H = hart- en vaatmiddel, I = immuunsysteem onderdrukkend middel, P = pijnstiller.

<sup>8</sup> Beiden zijn gidsstoffen in het kader van de bijdrageregeling 'zuivering medicijnresten'

([https://www.stowa.nl/sites/default/files/assets/PROJECTEN/Projecten 2019/IPMV/Call for Proposal docs/5 Bijlage 6 Voorlopige werkinstructie medicijnresten bemonstering en analyses V0.7 3420.pdf](https://www.stowa.nl/sites/default/files/assets/PROJECTEN/Projecten%202019/IPMV/Call%20for%20Proposal%20docs/5%20Bijlage%206%20Voorlopige%20werkinstructie%20medicijnresten%20bemonstering%20en%20analyses%20V0.7%203420.pdf)).

Tabel 4 In het effluent aangetroffen (p)ZZS stoffen, van hoge ranking naar lage ranking. Er wordt onderscheid gemaakt naar stoffen die met zekerheid konden worden vastgesteld (gekalibreerd), stoffen die in de top 20 staan van stoffen die voldoende betrouwbaar konden worden geïdentificeerd (screening top 20) en overige stoffen die voldoende betrouwbaar konden worden geïdentificeerd (screening overig). \* = Identificatie was niet tot stofniveau, de ZZS-toekenning geldt voor beide stoffen.

Betrouwbaarheid identificatie	Stof	ZZS/pZZS	Aantal keer aangetroffen (n totaal = 57)	Risicowaarde gemiddeld	Risicowaarde maximaal
Gekalibreerd	Dimethomorf	ZZS	15	0,15 (waarde)	2,19 (waarde)
	Tris(2-chloorethyl)fosfaat	ZZS	51	<0,01 (waarde)	0,01 (waarde)
Screening top 20	Diuron	ZZS	50	260	288
	Thiacloprid	ZZS	23	289	293
	Benzotriazool	pZZS	57	230	251
	Mycofenolinezuur	ZZS	24	281	283
Screening overig	Climbazole	pZZS	57	225	225
	Carbendazim en/of benomyl*	ZZS	48	219	245
	Difenylguanidine	pZZS	18	255	248
	Epoxiconazool	ZZS	9	229	239
	Linuron	ZZS	6	223	221
	Pentachloorfenol	ZZS	7	215	211
	Theofylline	pZZS	15	145	146
	4,4'-Sulfonyldifenol	pZZS	6	102	109
	Propiconazool	ZZS	1	135	115
	Tetraglyme	ZZS	25	2	10
	Triglyme	ZZS	3	4	2

*Focus op stoffen die niet uitsluitend als geneesmiddel of gewasbeschermingsmiddel worden gebruikt*

Van de 17 gekalibreerde stoffen blijven 4 stoffen over: hexamethoxymethylmelamine (HMMM) is in bijna alle effluënten aangetroffen. Deze stof wordt gebruikt als crosslinker van melamineharsen in de productie van coatings en plastics, voor blikken, spoelen en auto's en als rubberadditief. Ook de brandvertragende alkylfosfaatester tris(2-chloorethyl)fosfaat (TCEP) is in bijna alle effluënten aangetroffen. De fungicide thiabendazool dat als biocide wordt gebruikt is in 8 van de 57 effluënten aangetroffen. De stof diaceton acrylamide (DAAM) is in 3 van de 57 effluënten aangetroffen. Deze stof wordt onder andere gebruikt als crosslinker voor acryl in verven en coatings (i.e. polymeervorming). De maximum concentraties van al deze stoffen liggen tenminste 10 keer onder de norm of PNEC-waarde. De stoffen vormen dus geen risico.

Van de 297 stoffen die indicatief gerankt konden worden blijven 79 stoffen over die niet uitsluitend als geneesmiddel of gewasbeschermingsmiddel worden gebruikt. Hierbinnen kunnen de volgende groepen worden onderscheiden:

- Stoffen die als drugs worden gebruikt (n=29). In veel gevallen betreffen het geneesmiddelen uit de klasse opiaten (sterke pijnstillers) die als drugs worden misbruikt.
- Stoffen die behalve als gewasbeschermingsmiddel ook als biocide worden gebruikt: terbutryn, carbendazim, thiamthoxam, diuron, isoproturon, methomyl, pentachloorfenol, tebuconazol, fenpropimorf, cyromazin en propiconazol
- Stoffen die behalve als gewasbeschermingsmiddel en/of biocide ook als diergeneesmiddel worden gebruikt ter bestrijding van parasieten: fipronil, imidacloprid, piperonyl-butoxide<sup>9</sup>, propoxur, pyrethrine, spinosad, diazinon en salicylzuur
- Enkele andere biociden: icaridine, benzododecinium, benzoisothiazolone, 1,3-benzothiazole-2-thiol en TEAD
- De insectenwerende stof DEET
- Industriële stoffen: 2 benzotriazolen, 3 nitrofenolen, 2 afbraakproducten van HMMM, difenylguanidine, melamine, TPPO, *n*-butylbenzeensulfonamide, melam, dimethylftalaat, 4,4'-sulfonylfenol, pentaethyleenglycol, tetraglyme en triglyme

<sup>9</sup> Deze stof is strikt genomen geen diergeneesmiddel, maar wordt aan diergeneesmiddelen toegevoegd om de werking van de werkzame stof te versterken.

- Enkele andere stoffen zoals natuurlijke stoffen, supplementen, vitamines, tabakrediënten en de zoetstof saccharine.

Niet al deze stoffen scoren even hoog. Stoffen met een hoge ranking zijn vooral benzotriazolen, stoffen die (naast andere toepassingen ook) als biocide worden gebruikt en de industriële stoffen difenylguanide (rubber additief), melamine (basis voor harsen en coatings) en TPPO (een bijproduct bij synthese van organische stoffen).

De 38 stoffen die indicatief konden worden vastgesteld betreffen vooral geneesmiddelen en/of drugs en enkele gewasbeschermingsmiddelen. Als deze gebruikscategoriën buiten beschouwing worden gelaten blijven 4 van de 38 stoffen over: N,N-dimethylaniline (gebruikt in de productie van kleurstof), 2-benzyltetronzuur (precursor in de synthese van organische stoffen en gewasbeschermingsmiddelen), de natuurlijke stof 5-Methoxytryptamine (natuurlijke stof en supplement) en bis(2-methoxyethyl)ether (ook wel diglyme genoemd, oplosmiddel). Hierbij moet wel worden opgemerkt dat de indicatief aangetroffen stoffen weinig frequent werden aangetroffen (in maximaal 7 van de 57 effluenten en maximaal 3 keer voor de genoemde stoffen).

Voor 47 aangetroffen stoffen (in screening of indicatief) ontbraken ecotoxiciteitsgegevens. Deze stoffen zijn niet gerankt. Het betreft voornamelijk (afbraakproducten van) geneesmiddelen of drugs en enkele gewasbeschermingsmiddelen. Over blijven de corrosieremmer 5-chloor-1H-benzotriazol en mono-, di- en tri(methoxymethyl)melamine, alle drie afbraakproducten van hexa(methoxymethyl)melamine (HMMM).

In aanvulling op Postma (2021) is nog specifiek gekeken naar stoffen die vrijwel altijd en in hoge (semi-kwantitatieve) concentraties zijn aangetroffen. Dit betreffen vooral geneesmiddelen. Uit andere stofgroepen vallen op: benzotriazolen, de zoetstof saccharine, de (ook) als biocide gebruikte stoffen DEET, fipronil, imidacloprid, diuron, carbendazim, terbutryn en TAED, piperonyl-butoxide en penta(methoxymethyl)melamine (PMMM; een afbraakproduct van HMMM). Van deze stoffen werden de benzotriazolen en de stoffen die (ook) als biocide worden gebruikt hoog gerankt.

### 3.1.4 Prioritering suspect screening data

Sjerps et al. (2016) hebben de resultaten van suspect screening data van 151 watermonsters, waaronder industrieel en rwzi-effluent, oppervlaktewater, grondwater en drinkwater geprioriteerd. Voor de identificatie van stoffen werd een bibliotheek gebruikt met data van meer dan 5200 stoffen (stoffen met meer dan 100 ton gebruik in EU (volgens REACH), ZZS, stoffen met CMR eigenschappen, toegelaten gewasbeschermingsmiddelen, biociden, veterinaire en humane geneesmiddelen, drinkwaterrelevante stoffen en milieurelevante stoffen (NORMAN-lijst)). Er werden 19 industriële effluenten en rwzi-effluenten onderzocht.

Stoffen in effluent werden geprioriteerd als ze (semi-kwantitatief) werden aangetroffen in een concentratie boven de 1 µg/l. Voor de andere matrices golden strengere drempelwaarden. Prioritering betreft in dit onderzoek dus het vóórkomen boven een bepaalde concentratie, en kent geen verdere toxicologische of risicogebaseerde onderbouwing.

In effluent werden 29 relevante pieken aangetroffen, d.w.z. in een semi-kwantitatieve concentratie boven de 1 µg/l. Voor 21 pieken kon met grote mate van zekerheid worden vastgesteld welke stof het betrof. De overige 8 pieken konden in totaal aan 22 mogelijke stoffen worden gelinkt. De volledige lijst staat in bijlage 5. Het gaat vooral om geneesmiddelen en industriële stoffen. Voor zes stoffen is de identiteit door middel van een referentiestof met zekerheid vastgesteld. Het gaat om de biocide 1,2-benzisothiazool-2(2H)-on, de corrosieremmers benzotriazool en 4-methyl-1H-benzotriazool, de alkylfosfaatesters triethylfosfaat en tributylfosfaat en het geneesmiddel metoprolol.

### 3.1.5 Effect Directed Analysis in effluent

*De resultaten van Effect Directed Analysis (EDA) onderzoek hebben extra belang omdat dit werkelijk in effluent aangetoond effecten van stoffen betreft. Hoewel de methodes de laatste jaren flink verbeterd zijn, blijkt het moeilijk om de stoffen die verantwoordelijk zijn voor een waargenomen effect vast te stellen. Zowel de uitvoering als de duiding van de resultaten bieden nog ruimte voor verdere verbetering. Ook is het aantal onderzochte effluentmonsters nog zeer beperkt. De resultaten van EDA onderzoek in effluent worden daarom wel besproken maar niet meegenomen bij de vaststelling van aandachtvragende stoffen en stofgroepen.*

Effect Directed Analysis is een veelbelovende maar bewerkelijke techniek om de oorzaak van waargenomen toxiciteit in een milieumonster te achterhalen. In de afgelopen jaren hebben de Vrije Universiteit en Het Waterlaboratorium binnen het project High Throughput Effect-Directed Analysis (HT-EDA) en het vervolg daarop, RoutinEDA, belangrijke stappen gezet om de identificatie van de stoffen die verantwoordelijk zijn voor

de toxiciteit te verbeteren. Door het monster in een groter aantal fracties op te delen (die elk worden getest op toxiciteit) wordt het aantal stoffen per fractie kleiner en wordt de identificatie eenvoudiger. Deze verbeterde techniek is bij de Vrije Universiteit Amsterdam ontwikkeld en door Het Waterlaboratorium geïmplementeerd. De stand van de wetenschap wordt toegelicht in twee H2O artikelen (Brekelmans et al., 2021; Jonkers et al., 2022a).

De EDA-methode is succesvol toegepast in onder andere rwzi-influent en -effluent en oppervlaktewater voor verschillende vormen van hormoonverstoring: androgenen, progestagenen, oestrogenen, glucocorticosteroiden en/of hun antagonisten (d.w.z. remmers) (Houtman et al., 2021; Zwart et al., 2020), voor mutagenen (Zwart et al., 2020) en voor antibiotica en stoffen die de schildklierhormoonhuishouding beïnvloeden (Jonker, 2022b). In alle gevallen zijn echter slechts een beperkt aantal effluentmonsters onderzocht.

Door Houtman et al. (2021) werden de stoffen die verantwoordelijk zijn voor de waargenomen androgene en progestagene activiteit in influent en effluent (de 'drivers') bepaald. Als drivers voor androgene en progestagene activiteit in influent werden verschillende natuurlijke en synthetische steroïde hormonen geïdentificeerd, namelijk androstenedion, testosteron, DHT, levonorgestrel en cyproteronacetaat. Daarnaast werd een piek aangetroffen die niet geïdentificeerd kon worden, gesuggereerd is dat dit een onbekende progestageenmetabooliet is. In effluent werd geen androgene activiteit meer gemeten, maar nog wel een kleine piek androstenedion. In influent werd anti-progestagene activiteit waargenomen, maar de verantwoordelijke stoffen konden niet worden vastgesteld. In effluent was deze activiteit verdwenen.

In hetzelfde onderzoek werd voor oppervlaktewater vastgesteld dat de herbicide metolachloor en de fungicide cyazofamide bijdroegen aan de anti-progestagene en anti-androgene activiteit, en de fungicide epoxiconazole aan de anti-progestagene activiteit. Deze activiteiten werden niet aangetoond in het onderzochte effluentmonster, maar deze drie stoffen worden volgens de Watson database en bij suspect screening (Ecofide, 2021) ook in effluent aangetroffen. Geen van deze drie stoffen is geclassificeerd als Endocrine Disruptor (<https://rvszoekstelsysteem.rivm.nl>).

Zwart et al. (2020) onderzochten de mutageniteit en verschillende vormen van hormoonverstoring in influent, effluent en oppervlaktewater. In influent en effluent van een rwzi werd mutagene, vermannelijkende (AR), vrouwelijkende (ER), glycocorticosteroïde (GR) en glycocorticosteroïde remmende (anti-GR) activiteit gemeten. Al deze activiteiten werden waargenomen in influent en effluent. Er werden in totaal acht mogelijk verantwoordelijke stoffen gevonden, waarvan er twee verder werden onderzocht. Daarbij werd bevestigd dat 1,2,3-benzotriazol mutagene activiteit veroorzaakte en het natuurlijke hormoon androstenedion vermannelijkende activiteit veroorzaakte.

Jonkers et al. (2022b) onderzochten een effluent op antimicrobiële activiteit. Hiervoor werd een antibiotica-assay gebruikt die groeiremming van bacteriën meet. Er werd effect waargenomen in vijf fracties. Naast diverse antibiotica werden met redelijke zekerheid de volgende stoffen als mogelijke veroorzakers van het effect aangewezen: 2-benzothiazolesulfonzuur (een fungicide en additief gebruikt in de productie van rubber), 1,3-difenyguanidine (een katalysator gebruikt in rubber materialen) en het insectwerende middel DEET (N,N-diethyl-3-methylbenzamide).

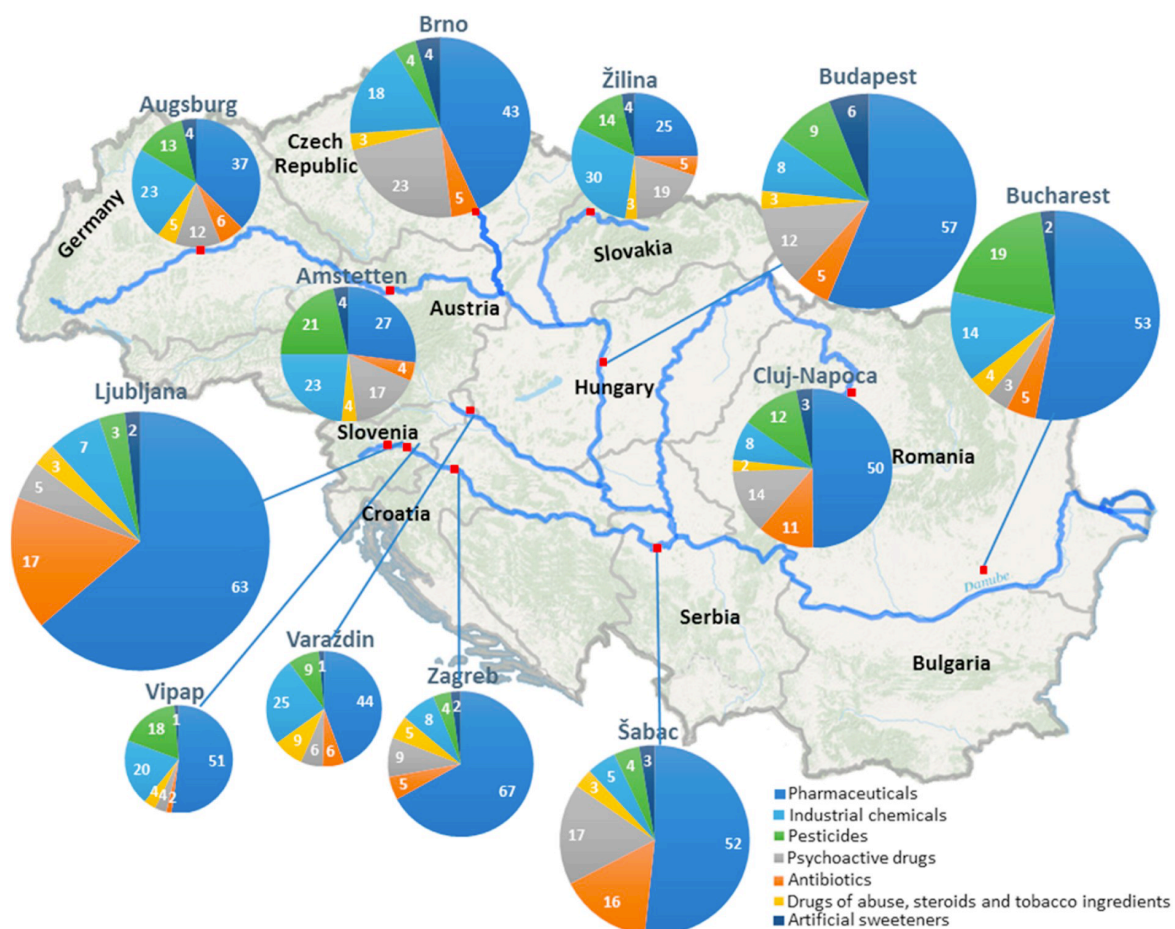
## 3.2 Buitenlandse onderzoeken

### 3.2.1 NORMAN Case studie prioritering rwzi-effluenten Donau

Door Alygizakis et al. (2019) werden 2248 doelstoffen gemeten in samengestelde weekmonsters van het effluent van 12 rwzi's die lozen op de Donau. Al deze rwzi's ontvingen een mix van huishoudelijk afvalwater en industrieel afvalwater. Bij twee rwzi's, Augsburg en Vipap, was het aandeel industrieel afvalwater dominant (65 respectievelijk 73%). De aangetroffen stoffen werden vervolgens met behulp van de NORMAN prioriteringssysteem geprioriteerd.

Van de onderzochte stoffen werden er 280 tenminste eenmaal aangetroffen in het effluent. Het betrof geneesmiddelen (100), gewasbeschermingsmiddelen (42), psychoactieve stoffen (40), industriële stoffen (34), antibiotica (32), drugs, tabak ingrediënten en steroïd hormonen (26) en zoetstoffen (6) (indeling volgens Alygizakis et al., 2019; deze kan afwijken van de in deze studie gebruikte indeling). Geneesmiddelen omvatten niet alleen de meeste stoffen, maar droegen ook het meest bij aan de totaalconcentratie (25-67%), gevolgd door industriële stoffen (5-30%), gewasbeschermingsmiddelen (3-21%), psychoactieve stoffen (3-23%), antibiotica (2-17%) en drugs (2-9%) (zie figuur 3).





Figuur 3 Verdeling van de aangetroffen stoffen in het effluent van rwzi's die lozen op de Donau over verschillende functionele stofgroepen. De grootte van de taarten geven de relatieve totaalconcentratie aan, de cijfers het aandeel van de betreffende stofgroep in het totaal in procenten.

In tabel 5 staan de 17 stoffen die zijn geprioriteerd op basis van risico. Een stof werd geprioriteerd als de risicoscore groter dan 1 was. Deze risicoscore is gebaseerd op de frequentie van aantreffen en de frequentie en mate van overschrijden van effectconcentraties<sup>10</sup>, conform de NORMAN prioriteringssysteem (Dulio & Von der Ohe, 2013).

In de top zeventien staan elf (afbraakproducten van) geneesmiddelen, drie industriële stoffen (PFOS, C12-LAS en 4-tert-octylfenol), twee stoffen die behalve als gewasbeschermingsmiddel ook als biocide en antivloeiemiddel worden gebruikt (fipronil en carbendazim) en een afbraakproduct van de drug methadon (EDDP). De kwaliteit van de gebruikte PNEC waarde verschilt sterk, van een Europees vastgestelde normwaarde binnen de Kaderrichtlijn Water (PFOS) tot voorspelde waarden (P-PNECs) op basis van structuurrelaties met stoffen waarvoor wel toxiciteitsgegevens beschikbaar zijn (onder andere C12-LAS, fipronil en EDDP). Voor deze stoffen zou de PNEC beter onderbouwd moeten worden. Overigens geeft het RIVM zoekstelsel 'Risico's van stoffen' voor fipronil een indicatieve MTR-waarde van 0,00007 µg/l, wat ruim 300 keer lager is dan de waarde die door Alygizakis et al. (2019) is gehanteerd. Gebruik van deze waarde zou tot een hogere prioritering van fipronil leiden. Helaas zijn geen gegevens beschikbaar voor de stoffen met een risicoscore lager dan 1, zodat verdere uitwerking voor stofgroepen anders dan geneesmiddelen en gewasbeschermingsmiddelen niet mogelijk is.

<sup>10</sup> De risicoscore is gebaseerd op 1) de frequentie van aantreffen, d.w.z. de fractie van alle onderzochte effluënten waarbij de stof is aangetroffen, 2) de frequentie van overschrijding van de PNEC, d.w.z. de fractie van effluënten waarbij de concentratie de PNEC-waarde overschrijdt en 3) de mate van overschrijding van de PNEC, d.w.z. de 95-percentiel waarde van de gemeten concentraties in alle effluënten gedeeld door de PNEC, geschaald van 0 naar 1. Elk onderdeel levert een getal van 0 tot 1. De totale risicoscore is de som van de drie deelscores en heeft een maximale waarde van 3.

Tabel 5 Geprioriteerde stoffen met een Risk score groter dan 1. Rapportagegrens en maximum concentratie zijn weergegeven. LOQ = limit of quantification (rapportagegrens), PNEC = Predicted No Effect Concentration. P-PNEC = voorspelde PNEC. Zie ook toelichting in de tekst.

Name	LOQ [ $\mu\text{g/L}$ ]	PNEC [ $\mu\text{g/L}$ ]	PNEC type	MEC [ $\mu\text{g/L}$ ]	FoA	FoE	EoE	Risk score
PFOS	0.0003	0.001	EQS WFD	0.05	1.00	1.00	1.00	3.00
Ofloxacin	0.005	0.021	P-PNEC exp. Acquire 80421	3.1	1.00	0.75	0.83	2.58
Telmisartan	0.003	0.042	P-PNEC	2.3	1.00	0.83	0.74	2.57
Diclofenac	0.005	0.050	EQS-proposal	1.4	1.00	0.92	0.45	2.37
Dodecyl-benzenesulfonate (C12-LAS)	0.010	0.086	P-PNEC	1.8	1.00	0.83	0.24	2.07
Carbamazepine	0.0002	0.050	PNEC chronic Acquire 152195	0.7	1.00	0.83	0.17	2.01
Ibuprofen	0.001	0.010	EQS	1.0	0.50	0.50	0.92	1.92
4-tert-Octylphenol	0.010	0.100	EQS	0.3	1.00	0.67	0.06	1.72
Meclofenamic Acid	0.009	0.097	P-PNEC	0.3	1.00	0.67	0.05	1.72
Fipronil	0.003	0.023	P-PNEC	0.4	1.00	0.58	0.13	1.71
Carbendazim	0.026	0.150	AA-QS water eco INERIS (2017)	1.1	0.92	0.67	0.10	1.68
Venlafaxine	0.006	0.038	EQS-proposal	0.1	0.92	0.58	0.05	1.55
Clarithromycin	0.001	0.120	EQS-proposal	0.7	1.00	0.42	0.05	1.47
4-Hydroxy-Omeprazole	0.002	0.263	P-PNEC	8.5	0.92	0.08	0.13	1.13
EDDP	0.0001	0.137	P-PNEC	0.2	0.83	0.25	0.02	1.10
Temazepam	0.004	0.071	PNEC chronic Acquire 175030	0.2	0.83	0.17	0.02	1.02
Sertraline	0.0003	0.091	PNEC exp. Acquire 107936	0.1	0.92	0.08	0.01	1.01

### 3.2.2 Risicogebaseerde prioritering Europese effluenten

Door Finck et al. (2022) werden in 56 effluenten van 52 rwzi's verspreid over 15 Europese landen een zeer breed pakket aan microverontreinigingen gemeten in effluent. Deze rwzi's verschilden in capaciteit en type conventionele behandeling. Vier van deze rwzi's hadden een aanvullende zuivering met actief kool of ozon. Deze werden voor en na de vergaande behandeling bemonsterd. Het aandeel industrieel afvalwater op de verschillende rwzi's is niet gerapporteerd.

In totaal werden 499 stoffen geanalyseerd. Hiervan werden 366 stoffen tenminste eenmaal aangetroffen, met concentraties van  $<1 \text{ ng/l}$  tot  $>100 \text{ }\mu\text{g/l}$ . De stoffen werden ingedeeld naar 1) frequentie van voorkomen, 2) de gemeten concentraties, 3) gebruikscategorie, 4) persistentie en bioaccumulatie en 5) toxicologisch werkingsmechanisme ('mode of action')<sup>11</sup>. Vervolgens werden de stoffen geprioriteerd op basis van risico. Hiervoor werden drie verschillende methoden gebruikt, namelijk i) op PNEC en milieukwaliteitsnormen gebaseerde risico quotiënten (RQ's), ii) op species sensitivity distribution (SSD) gebaseerde hazard units (HU's) en iii) toxic units (TU's) voor drie biologische kwaliteitselementen te weten algen, kreeftachtigen en vis. Deze methoden worden in het kader nader uitgelegd.

In de meeste effluenten werden risico's vastgesteld, waarbij de methode van de risico quotiënten (RQ's) het meest gevoelig bleek. Van de 366 aangetoonde stoffen bleken in totaal 293 bij te dragen aan het risico van het mengsel (d.w.z. de RQ, HU of TU was groter dan 1). Hiervan werden 32 stoffen vastgesteld als 'consensus mixture risk contributors of high concern', wat betekent dat ze met alle drie de methoden hoog scoorden op risico. Tweederde hiervan werden door Finck et al. (2022) ingedeeld als gewasbeschermingsmiddelen en biociden. Finck et al. zijn hierbij uitgegaan van (een aanname ten aanzien van) het dominante gebruik. Er zitten echter ook diverse stoffen bij die meerdere toepassingen hebben, als gewasbeschermingsmiddel, biocide en/of diergeneesmiddel. De indeling is daarom nagelopen en nader gedetailleerd. De resultaten worden hieronder in meer detail toegelicht. Allereerst worden de resultaten zoals gerapporteerd door Finck et al. (2022) samengevat. Daarna wordt meer specifiek ingegaan op stoffen met andere toepassing dan uitsluitend geneesmiddelen en gewasbeschermingsmiddelen.

#### Aantreffen en concentraties

Van de 499 geanalyseerde stoffen werden 366 stoffen in tenminste een van de monsters aangetroffen. In de meeste effluenten werden tussen de 200 en 250 stoffen aangetroffen, waarvan 107 stoffen in tenminste 90% van de effluenten, 53 stoffen in minder dan 10% van de effluenten en 18 stoffen slechts een maal.

In figuur 4 wordt aangegeven hoe de aangegeven stoffen verdeeld zijn over de drie hoofdgebruikscategorieën geneesmiddelen (blauw), gewasbeschermingsmiddelen en biocides (groen) en overige gebruikscategorieën (paars). Deze groepsindeling en bijbehorende kleuren komen terug in de overige figuren. NB deze indeling is gebaseerd op de hoofdtoepassing conform Finck et al. (2022). Deze kan afwijken van de indeling die in dit rapport wordt aangehouden. Bovendien kennen sommige stoffen meerdere gebruikscategorieën.

<sup>11</sup> De indeling naar toxicologisch werkingsmechanisme wordt hier wegens het specialistische karakter niet verder besproken.

### Toelichting op de gebruikte risicobeoordelingsmethoden

Door Finck et al. (2022) zijn drie verschillende risicobeoordelingsmethoden gebruikt. Bij alle drie is de concentratie gedeeld door een bepaalde maat die mate van toxiciteit representeert. Deze maat verschilt per aanpak. De beoordeling is gebaseerd op de 95 percentiel waarde van de concentraties in de 56 effluenten (de MEC95). Dit is vergelijkbaar met de waarde die wordt gebruikt in de NORMAN prioriteringssysteem. Het leidt tot een conservatieve risicobeoordeling. Voor concentraties onder de rapportagegrens werd gerekend met de helft van de rapportagegrens.

#### De regelgevende aanpak: risico quotiënten (RQ's) gebaseerd op normen en PNEC's

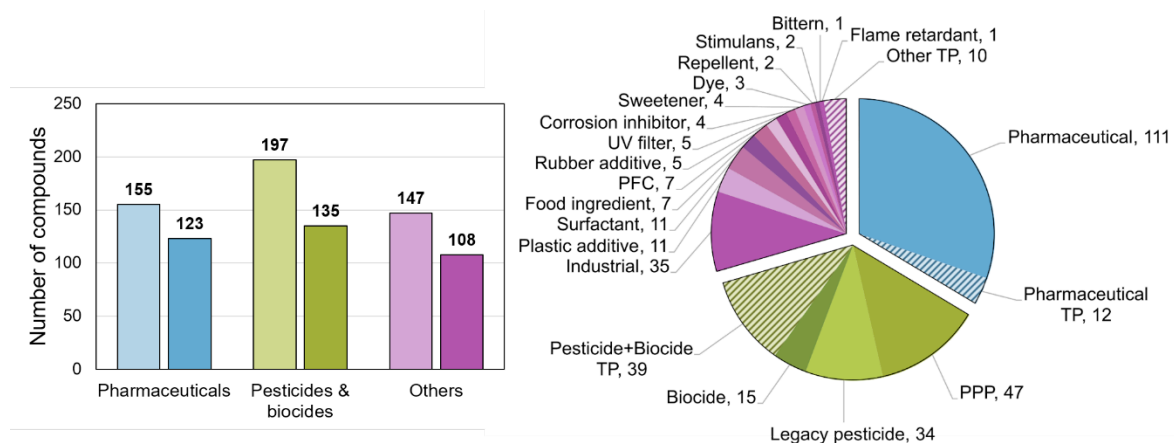
Bij deze aanpak zijn de concentraties gedeeld door milieukwaliteitsnormen of Predicted No Effect Concentraties (PNEC's) afkomstig uit de NORMAN database. De onderbouwing van deze normen of PNEC's verschilt sterk per stof, van officieel vastgestelde Europese normen tot voorspelde waarden op basis van structuurrelaties met stoffen waarvoor wel toxiciteitsgegevens bekend zijn (P-PNEC's). Van de gebruikte PNEC's is 43% gebaseerd op experimentele data, 55% op structuurrelaties (QSAR's) en voor 2% van de stoffen was geen PNEC beschikbaar.

#### De levensgemeenschap aanpak: gevaarseenheden of Hazard Units (HU's) gebaseerd op SSD-curves

Deze benadering gaat uit van Species Sensitivity Distribution (SSD) curves gebaseerd op de geen effect concentraties (NOEC's), de laagste waargenomen effect concentraties (LOEC's) of effect concentraties tot maximaal 20% effect (ECx) voor chronische effecten. Op basis van de verdeling van de toxiciteitsgegevens kan uit de SSD-curve een veilige concentratie worden afgeleid waarbij maximaal 5% van de aanwezige soorten een negatief effect ondervindt (de HC5-waarde), oftewel minimaal 95% van de soorten beschermd is. Voorwaarde voor het kunnen afleiden van een SSD-curve is wel dat er voldoende toxiciteitsgegevens beschikbaar zijn.

#### De trofische niveau aanpak: Toxic Units (TU's) gebaseerd op toxiciteit voor alg, kreeftachtige of vis

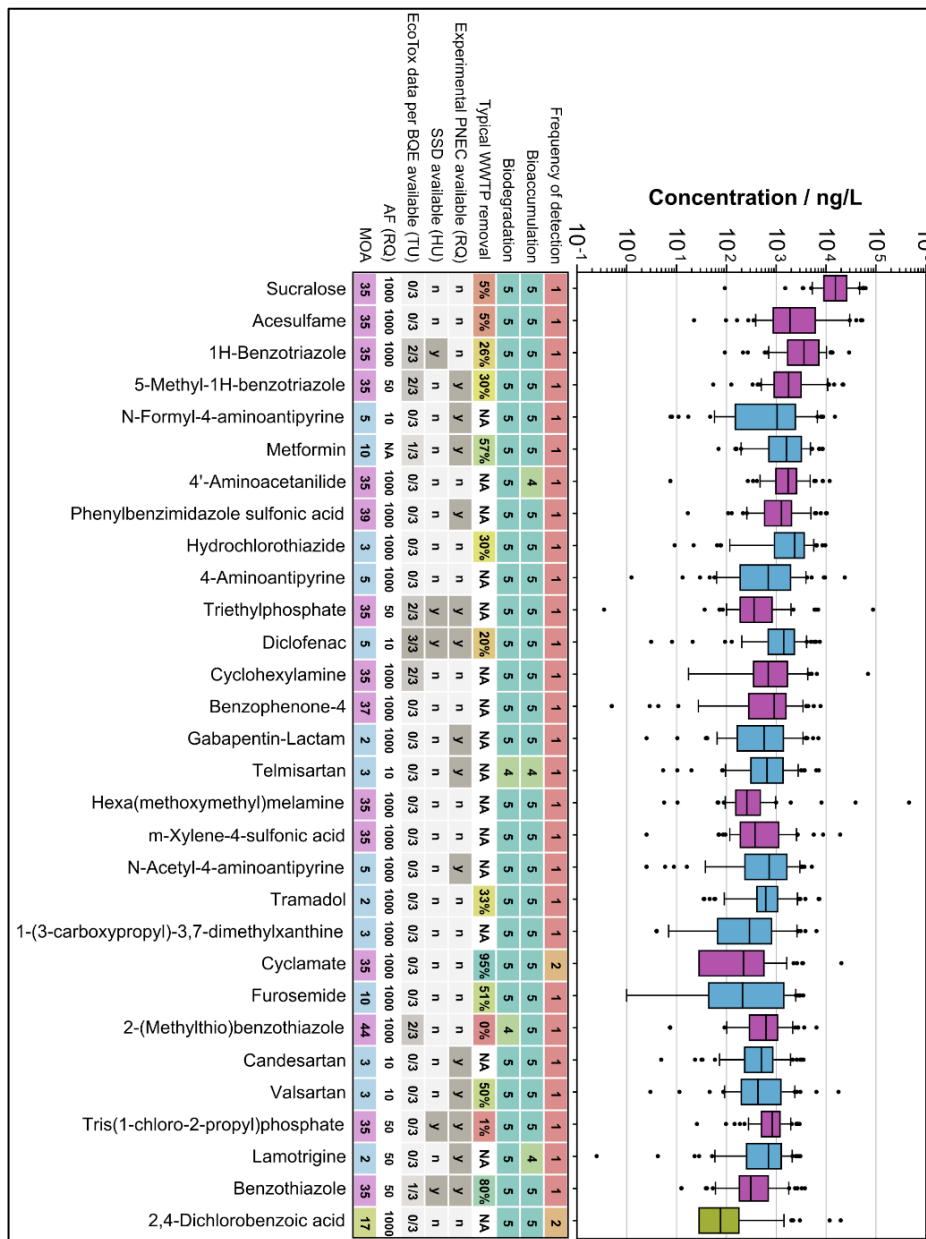
Bij deze aanpak zijn effectconcentraties voor drie verschillende voedselniveaus toegepast. Deze komen overeen met drie biologische kwaliteitselementen uit de Kaderrichtlijn Water: algen, kreeftachtigen en vissen. Per trofisch niveau werd een andere risicodrempel toegepast. Dat wil zeggen: het effect op kreeftachtigen werd tien keer zwaarder gewogen dan het effect op vissen en die weer twee keer zwaarder dan het effect op algen.



Figuur 4 LINKS Aantal geanalyseerde (lichte balken) en aangetroffen stoffen (donkere balken) per gebruikscategorie (indeling conform Finck et al, 2022). RECHTS Taartdiagram van de aangetroffen stoffen per gebruikscategorie: geneesmiddelen (blauw), gewasbeschermingsmiddelen en biocides (groen) en overige gebruikscategoriën (paars). Deze groepsindeling en bijbehorende kleuren komen terug in de overige figuren. PPP = plant protection products, TP = transformatieproducten, PFC = geperfluoreerde en gepolyfluoreerde chemicaliën.



In figuur 5 zijn de concentraties van de 30 stoffen met de hoogste concentraties weergegeven. De top 30 wordt vooral bepaald door geneesmiddelen en de overige gebruikscategorieën, zoals zoetstoffen, benzotriazolen, alkylfosfaatesters, het rubberadditief HMMM en enkele andere industriële stoffen<sup>12</sup>. Zeer hoge maximum concentraties werden gemeten voor verschillende industriële stoffen, tot honderden µg/l. Hier wordt verder op in gegaan bij de bespreking van de resultaten voor stofgroepen anders dan uitsluitend geneesmiddelen en gewasbeschermingsmiddelen.

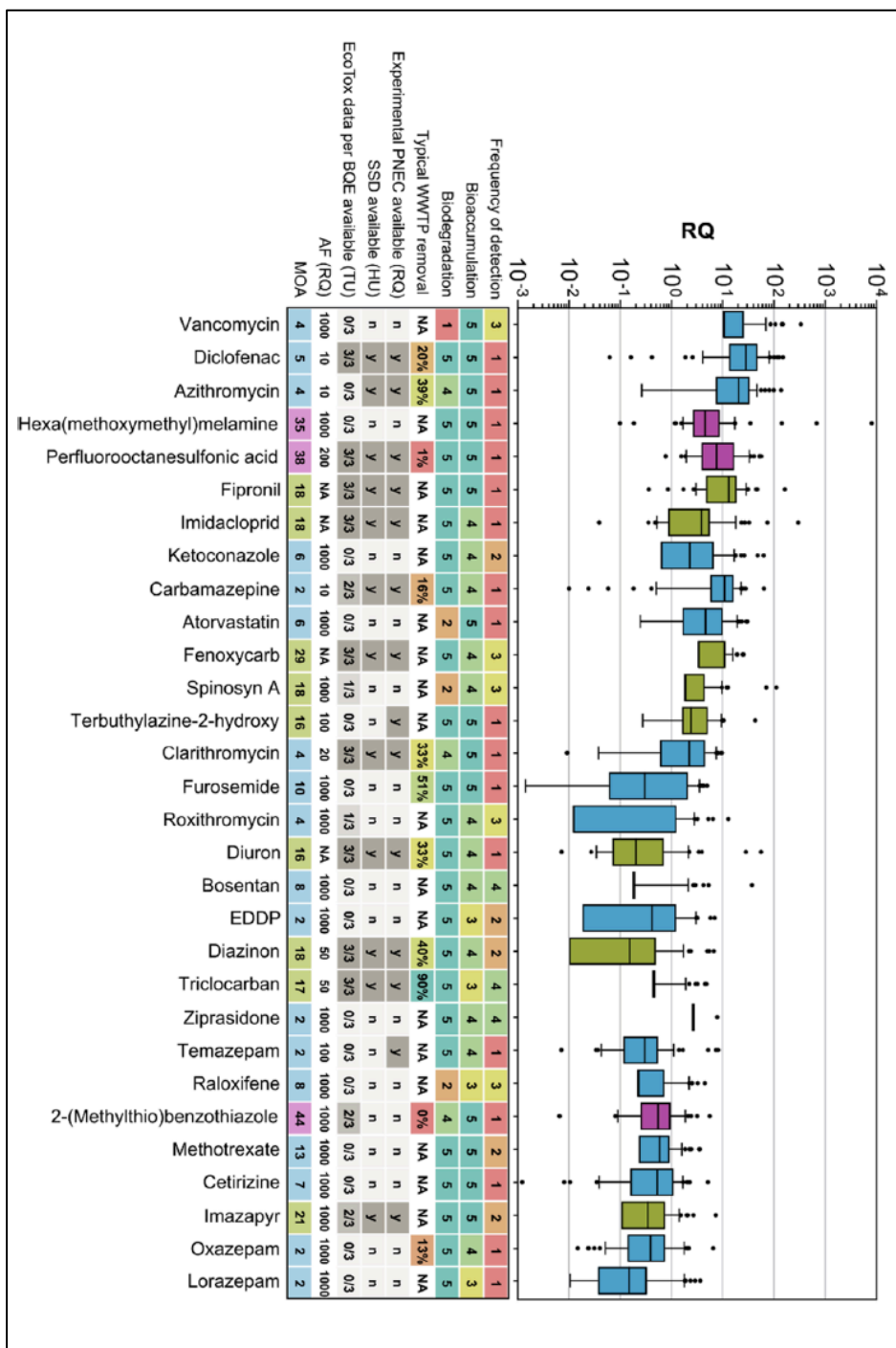


Figuur 5 Top 30 van stoffen met de hoogste concentraties, uitgedrukt als MEC95 (dat wil zeggen de 95 percentiel waarde van de concentraties in de 56 effluenten). De boxplot geeft de 25- en 75-percentiel waarde, de foutenbalken de +/-1.5\*IQR (interquartile range). De streep geeft de mediaan concentratie aan. Voor een toelichting op de aanvullende informatie over de grafiek wordt verwezen naar Finck et al. (2022).

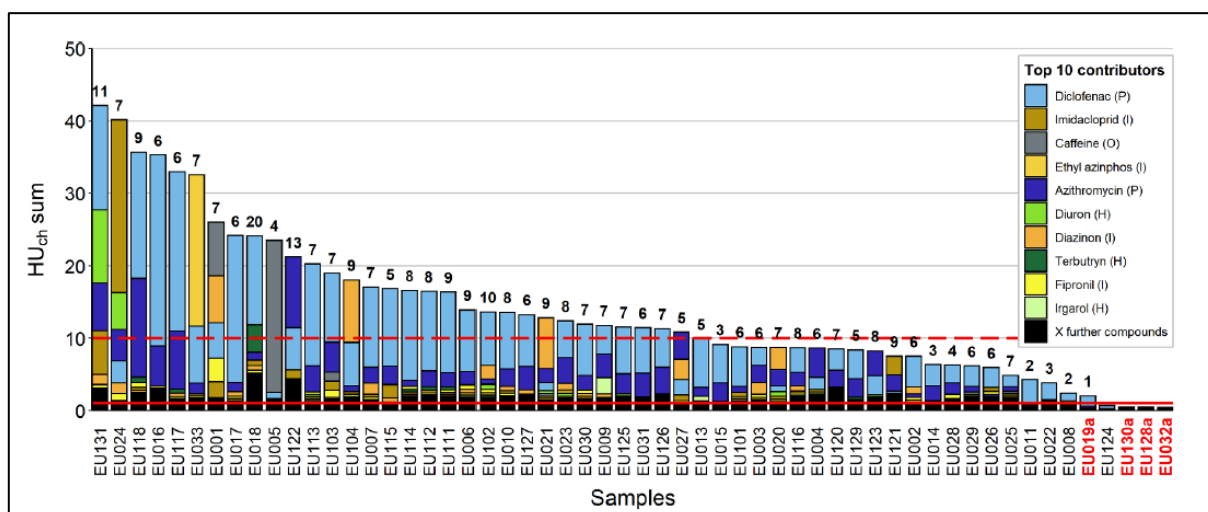
<sup>12</sup> 2,4 dichloorbenzoëzuur is een afbraakproduct van onder andere het insecticide chloorfenvinfos en van 2,4-dichloortolueen.

In totaal scoorden 299 van de 366 aangetroffen stoffen op ten minste een van de drie risicomethoden een risicoscore boven de 1. Hiervan scoorden 110 stoffen in minstens twee risicomethoden en 25 stoffen in alle risicomethoden boven de 1. Mengseltoxiciteit is dus zeer relevant voor effluenten en er dragen vele stoffen bij. In figuur 6 wordt ter illustratie de top 30 voor de RQ score weergegeven. In figuur 7 wordt ter illustratie voor de HU score weergegeven welke stoffen de belangrijkste bijdrage aan de risicoscore geven, de zogeheten 'risk drivers'. Er zijn vier effluenten van vergaande zuivering met actief kool of ozon onderzocht. Deze zijn aangegeven in rood met de toevoeging 'a'. Uit figuur 6 blijkt dat vooral geneesmiddelen en gewasbeschermingsmiddelen en biociden voorkomen in de top 30. Dit geldt ook voor de andere risicobeoordelingsmethoden. Wel zijn er verschillen in stoffen die het hoogste risico geven, de zogeheten 'risk drivers'. Aanvullende zuivering leidt tot (aanzienlijk) lagere risico's. Finck et al. (2022) stelden 32 stoffen vast die, rekening houdend met een standaard verdunningsfactor van effluent naar oppervlaktewater van 10, in oppervlaktewater met tenminste twee van de drie risicomethoden tot een risicoscore van 1 leiden. Zij noemen deze stoffen 'consensus mixture components of high concern'. Het betreft 21 gewasbeschermingsmiddelen en biociden, 5 geneesmiddelen en 6 andere stoffen (zie tabel 6, indeling volgens Finck et al. (2022), deze kan afwijken van de indeling in dit rapport). Bij deze 32 stoffen horen de top 'risk drivers' voor algen (diuron, terbutryn en clarithromycine), de top 'risk drivers' voor kreeftachtigen (diazinon, imidacloprid en fipronil) en de top 'risk drivers' voor vissen (carbendazim en ethyl azinphos). De geneesmiddelen diclofenac en azithromycine zijn de belangrijkste 'risk drivers' voor de RQ en HU risicomethoden.

Aanvullend is ook nog gekeken naar stoffen die niet uitsluitend als geneesmiddel of gewasbeschermingsmiddel worden gebruikt. In bijlage 6 zijn alle stoffen die in tenminste een van de drie risicobeoordelingen door Finck et al. (2022) een risico weergeven, exclusief stoffen die uitsluitend als geneesmiddel of gewasbeschermingsmiddel worden gebruikt. Hierbij is géén rekening gehouden met verdunning naar het oppervlaktewater. Opvallende stoffen zijn onder andere zoetstoffen, benzotriazolen, alkylfosfaatesters, rubber additieven, PFAS, stoffen die (ook) als diergeneesmiddel of biocide worden gebruikt en verschillende andere industriële stoffen. De resultaten bevestigen hiermee de andere in dit rapport besproken onderzoeken. In aanvulling hierop staan er verschillende UV-filters de lijst. Deze worden allen frequent aangetroffen, sommige zelfs in  $\mu\text{g/l}$ . Verder vallen een drietal verbindingen op die worden gebruikt als kleurstof, allen variaties op 4-methylcoumarin. Ze worden frequent aangetroffen, maar meestal in lage concentraties (mediaan rond de  $10 \text{ ng/l}$ ). De maximumconcentraties zijn echter zeer hoog, tot  $30 \mu\text{g/l}$ . Dit lijkt te duiden op een of meerdere industriële puntbronnen.



Figuur 6 Top 30 stoffen volgens de RQ risicobeoordelingsmethode. Gebaseerd op de MEC95 concentratie (zie kader), gehalten onder de rapportagegrens zijn als de helft meegerekend. De boxplot geeft de 25- en 75-percentiel waarde, de foutenbalken de +/-1.5\*IQR (interquartile range). De middelste lijn geeft de mediaan aan. Voor een toelichting op de aanvullende informatie onder de grafiek wordt verwezen naar Finck et al. (2022).



Figuur 7 Top 10 van stoffen die de belangrijkste bijdrage leveren aan het berekende risico volgens de HU risicobeoordelingsmethode (zie kader). Gebaseerd op de MEC95 concentratie (zie kader), gehalten onder de rapportagegrens zijn als de helft meegerekend. De balken geven de bijdrage van de individuele stoffen weer. Op de x-as staan alle rwzi's, gesorteerd van hoge naar lage HU. De getallen boven de balken geven aan hoeveel overige stoffen bijdragen. De rode doorgetrokken lijn geeft een risicoscore van 1 aan, de gestippelde lijn indiceert een risico in oppervlaktewater waarbij rekening wordt gehouden met een verdunningsfactor van 10. Er zijn vier effluënten onderzocht van rwzi's met vergaande zuivering met actief kool of ozon (uitsluitend na de vergaande zuivering onderzocht). Deze zijn aangegeven in rood met de toevoeging 'a'.

Tabel 6 Consensus mixture components of high concern: stoffen die, rekening houdend met een standaard verdunningsfactor van effluent naar oppervlaktewater van 10, in oppervlaktewater met tenminste twee van de drie risicomethoden tot een risicoscore van 1 leiden. Counts = het aantal effluënten waarin de stof is aangetroffen. Het totaal aantal effluënten is 56.

Name	Counts	Use Group	RQ	HU	TU	Priority substance or EU watch list candidate*
2,4-Dichlorophenol	35	Industrial	1	0	1	—
7-Diethylamino-4-methylcoumarin	55	Dye	1	0	1	—
Acetamidiprid	43	PPP	1	0	1	(1st watch list)
Azithromycin	47	Pharmaceutical	1	1	0	(1st watch list)
Azoxystrobin	49	PPP	1	0	1	3rd watch list
Benzylidimethyltetradecylammonium	5	Biocide	1	0	1	—
Caffeine	18	Stimulans	1	1	0	—
Carbendazim	52	Biocide	1	0	1	—
Celecoxib	39	Pharmaceutical	1	0	1	—
Clarithromycin	51	Pharmaceutical	1	0	1	(1st watch list)
Clothianidin	22	L-Pesticide (legacy)	1	0	1	(1st watch list)
Diazinon	33	Biocide	1	1	1	—
Diclofenac	56	Pharmaceutical	1	1	1	—
Didecyldimethylammonium	2	Biocide	1	0	1	—
Diflubenzuron	1	L-Pesticide (legacy)	1	0	1	—
Dimethoate	13	L-Pesticide (legacy)	1	0	1	—
Diuron	53	Biocide	1	1	1	PS
Ethyl azinphos	1	L-Pesticide (legacy)	1	1	1	—
Fipronil	54	Biocide	1	0	1	3rd watch list
Fluoxastrobin	1	PPP	1	0	1	—
Hexa(methoxymethyl)melamine	56	Industrial	1	0	1	—
Imidacloprid	54	L-Pesticide (legacy)	1	1	1	(1st watch list)
N,N-Dimethylododecylamine	21	Surfactant	1	0	1	—
Pirimicarb	25	PPP	1	0	1	—
Pirimiphos-methyl	1	PPP	1	0	1	—
Propiconazole	55	L-Pesticide (legacy)	1	0	1	—
Sertraline	54	Pharmaceutical	1	0	1	—
Spiroxamine	21	PPP	1	0	1	—
Terbutylazine	46	PPP	1	0	1	—
Terbutryn	53	Biocide	1	1	1	PS
Thiacloprid	17	L-Pesticide (legacy)	1	0	1	(1st watch list)
Tris(2-ethylhexyl)phosphate	6	Plastic additive	1	0	1	—

### 3.2.3 Bijdrage rwzi aan milieubelasting met biociden

In deze uitgebreide Duitse studie (Fuchs et al., 2020) is de bijdrage van rwzi's aan de milieubelasting met biociden uitgewerkt. Bij 29 rwzi's zijn 26 biociden of afbraakproducten daarvan gemeten, met toepassing als desinfectiemiddel, conserveringsmiddel of ter bestrijding van schadelijke organismen. Behalve effluenten zijn ook regenwaterriolen en water uit gemengde rioelstelsels onderzocht, om de bijdrage via regenwater in beeld te brengen. De concentraties zijn vergeleken met kwaliteitscriteria.

Van de 26 onderzochte stoffen werden er 21 tenminste eenmaal aangetroffen in effluent. De volgende stoffen werden in tenminste 50% van de effluenten aangetroffen: triclosan, carbendazim, 2-aminobenzimidazol (een afbraakproduct van carbendazim), diuron, 2-ethyl-3-isothiazolinon, isoproturon, propiconazol, 1,2,3-triazol (een afbraakproduct van diverse biociden), terbutryn, terbutryn-sulfoxide (een afbraakproduct van terbutryn), DEET en imidacloprid.

Tabel 7 geeft aan voor welke stoffen de concentraties in het effluent de kwaliteitscriteria (voor oppervlaktewater) overschrijden. Tevens is het percentage metingen waarbij de concentratie het kwaliteitscriterium overschrijdt aangegeven. In effluent worden de kwaliteitscriteria van triclosan, terbutryn en het afbraakproduct terbutryn-sulfoxide en imidacloprid in meer dan 5% van de metingen overschreden<sup>13</sup>. In regenwaterriolen geldt dit voor diuron, terbutryn en het afbraakproduct terbutryn-sulfoxide en voor het gemengde riool voor triclosan, terbutryn en permethrin.

Fuchs et al. (2020) benoemen dat van de stoffen die de kwaliteitscriteria het meest frequent overschrijden carbendazim en terbutryn (en hun afbraakproducten 2-aminobenzimidazol en terbutryn-sulfoxide) vooral via afstromend regenwater in het milieu komen. Beide stoffen worden toegepast in verven en coatings voor muren en daken om algen- en schimmelgroei te voorkomen. Ook diuron komt voornamelijk via regenwater in het milieu. Diuron wordt gebruikt ter bescherming van hout en metselwerk en als coatingmiddel. Voor triclosan, imidacloprid en permethrin vormt het afvalwater de belangrijkste route.

Tabel 7 Stoffen in effluent, regenwaterriolen en gemengde rioelstelsels die de gebruikte kwaliteitscriteria overschrijden (als % van het totaal aantal metingen). Vetgedrukte stoffen overschrijden in meer dan 5% van de metingen het kwaliteitscriterium. Tevens is aangegeven welke stoffen bij 10 keer verdunning van effluent naar oppervlaktewater (ECHA, 2017) nog steeds het kwaliteitscriterium overschrijden. Bij percentages > ligt het kwaliteitscriterium onder de rapportagegrens.

Afvalwatertype	Stof	Kwaliteitscriterium (µg/l)	Overschrijding kwaliteitscriterium (%)	Overschrijding bij 10 keer verdunning (%)
Effluent	<b>Triclosan</b>	<b>0,02</b>	<b>63</b>	
	2-Octyl-3-isothiazolinon	0,0071	1,3	
	Carbendazim	0,2	1,9	0,3
	2-Aminobenzimidazol	0,2	0,3	
	Diuron	0,2	0,3	
	Isoproturon	0,3	0,7	0,3
	Propiconazol	1	0,3	
	1,2,4-Triazol	1	1	
	<b>Terbutryn</b>	<b>0,065</b>	<b>17</b>	
	Terbutryn-Desethyl	0,065	0,6	
	<b>Terbutryn-Sulfoxid</b>	<b>0,065</b>	<b>13</b>	
	<b>Imidacloprid</b>	<b>0,002</b>	<b>&gt;74</b>	<b>&gt;39</b>
Regenwaterriool	Permethrin	0,000094	>0,3	>0,3
	<b>Diuron</b>	<b>0,2</b>	<b>20</b>	
	<b>Terbutryn</b>	<b>0,065</b>	<b>20</b>	
	Terbutryn-Desethyl	0,065	5	
	<b>Terbutryn-Sulfoxid</b>	<b>0,065</b>	<b>25</b>	5
Gemengd riool	Permethrin	0,000094	>5	>5
	<b>Triclosan</b>	<b>0,02</b>	<b>78</b>	
	<b>Terbutryn</b>	<b>0,065</b>	<b>7,4</b>	
	<b>Permethrin</b>	<b>0,000094</b>	<b>&gt;81</b>	<b>&gt;81</b>

<sup>13</sup> Dit is een door Fuchs et al. (2020) arbitrair gekozen grens.

## 4 Synthese

### 4.1 Van prioritering naar aandachtvragende stoffen

In dit project is de huidige stand van kennis ten aanzien van opkomende stoffen in het effluent van rwzi's samengevat. Er zijn verschillende studies in binnen- en buitenland bestudeerd. De focus lag daarbij op studies waarbij in effluent aangetroffen stoffen zijn geprioriteerd op basis van onwenselijke stofeigenschappen, potentiële risico's (d.w.z. overschrijding van kwaliteitscriteria of een hoge ranking in een risicobeoordeling) of aangetoonde risico's (bij Effect Directed Analysis). De studies zijn bovendien bijzonder in de omvang van het aantal stoffen dat is gemeten: een zeer uitgebreide lijst van doelstoffen of toepassing van suspect screening. In deze paragraaf wordt een synthese gemaakt van de bevindingen om te komen tot een lijst van stoffen en stofgroepen die nadere aandacht verdienen.

In effluenten van rwzi's worden honderden stoffen aangetroffen. In totaal zijn in studies in binnen- en buitenland meer dan 1200 unieke stoffen aangetroffen. De concentraties variëren van <1 ng/l tot >100 µg/l. Vooral bij industriële stoffen is er sprake van (zeer) grote concentratieverschillen tussen verschillende rwzi's. Dit duidt op het belang van industriële (punt)bronnen. Voor stoffen als geneesmiddelen, zoetstoffen en benzotriazolen zijn de concentratieverschillen tussen de rwzi's veel kleiner.

Er bestaan geen normen of kwaliteitscriteria voor effluent, de risicobeoordelingsmethoden maken gebruik van normen of kwaliteitscriteria voor oppervlaktewater. Of lozing van effluent in het oppervlaktewater ook daadwerkelijk tot overschrijding van kwaliteitscriteria leidt, hangt af van de lokale omstandigheden en mate van verdunning.

Stoffen die op basis van risicogebaseerde methoden worden geprioriteerd bevestigen dat geneesmiddelen en gewasbeschermingsmiddelen in effluent aandacht vragen. Hierbij moet wel opgemerkt worden dat deze stofgroepen zijn oververtegenwoordigd in de doelstofanalyses en de stoffenbibliotheken die worden gebruikt voor het identificeren van stoffen bij suspect screening. Hierdoor worden ze verhoudingsgewijs vaker aangetroffen. Dit wil niet persé zeggen dat andere stoffen of stofgroepen niet van belang zijn, ze zijn simpelweg minder onderzocht. Behalve dat geneesmiddelen en gewasbeschermingsmiddelen vaker onderzocht zijn, zijn voor deze stofgroepen verhoudingsgewijs ook veel ecotoxiciteitsgegevens beschikbaar wat een betere risicobeoordeling mogelijk maakt.

Hoewel de constatering dat geneesmiddelen en gewasbeschermingsmiddelen in effluent aandacht vragen zeer relevant is, ligt de focus in dit rapport bij opkomende stoffen in effluent. In de verdere uitwerking is dan ook gefocust op stoffen met een andere toepassing dan uitsluitend als geneesmiddel of gewasbeschermingsmiddel. De informatie over geneesmiddelen en gewasbeschermingsmiddelen is wel opgenomen in het apart beschikbare Excelbestand met de uitwerking van de onderzoeken. Opkomende stoffen scores vergelijkbaar hoog als geneesmiddelen en gewasbeschermingsmiddelen.

In tabel 8 is samengevat welke stoffen of stofgroepen in de verschillende studies als aandachtvragende stoffen naar voren komen. In de tabel is tevens aangegeven wat de onderbouwing is om de stof als aandachtvragend aan te merken en of de stof door Osté et al (2022) ook in oppervlaktewater als aandachtvragende stof is aangemerkt. Alle stoffen die in tabel 8 worden genoemd als aandachtvragende stoffen of stofgroepen zijn in Nederland in effluent geanalyseerd én aangetroffen.

De aandachtvragende stoffen zijn ingedeeld naar stofgroep en/of toepassing. Onderscheiden worden:

- **Benzotriazolen**  
Het betreft hier met name 1,2,3-benzotriazool en 4- en 5-methylbenzotriazool. Deze stoffen zijn vooral bekend vanwege toepassing als anti-corrosiemiddel, maar worden ook toegepast in rubber en als koelwateradditief. Ze worden vrijwel altijd en in hoge concentratie (µg/l) aangetroffen in effluenten. Ook aandachtvragende stofgroep in oppervlaktewater.
- **Stoffen die worden toegepast in of bij de productie van rubber**  
Het betreft diverse stoffen die worden gebruikt als additief of bij de productie van rubber. HMMM kent ook diverse andere toepassingen. Deze stof is in veruit de hoogste concentratie gemeten in effluent (>100 µg/l). Naast industriële puntbronnen lijkt er ook sprake van een achtergrondbelasting. Ook aandachtvragende stof in oppervlaktewater.
- **PFAS**  
In de bestudeerde studies kwamen slechts enkele PFAS naar voren omdat slechts een beperkt deel werd geanalyseerd. Uit andere studies (o.a. Derksen & Baltussen, 2021) is duidelijk dat rwzi's ook voor

andere PFAS een belangrijke route naar het oppervlaktewater zijn. PFAS vragen vooral aandacht vanwege hoge persistentie en toxiciteit.

- Alkylfosfaatesters  
Alkylfosfaatesters werden frequent aangetroffen, soms in hoge concentraties ( $\mu\text{g/l}$ ). In de uitgevoerde vergelijking van stoffen in de Watsondatabase met de PMT-lijst scoren alkylfosfaatesters vooral hoog vanwege een hoge toxiciteit. Dit lijkt in tegenspraak met eerder conclusies over deze stofgroep.
- Overige industriële stoffen  
Dit is een diverse groep van industriële stoffen. Het zijn vooral stoffen die gebruikt worden in chemische processen of voor de productie van stoffen.
- Biocides  
Het betreft vooral biociden met een desinfecterende werking, onder andere quaternaire ammoniumverbindingen.
- Stoffen met meerdere toepassingen, met name (ook) als biociden en/of antivlooiemiddel  
De stoffen in deze groep zijn veel gevallen zeer toxisch. Opvallend binnen deze groep zijn de stoffen die in antivlooiemiddelen voor huisdieren worden toegepast: deze scoren in diverse studies hoog op risico. Daarnaast gaat het om stoffen die behalve als gewasbeschermingsmiddel ook worden toegepast in de houtconservering of een andere toepassing als biocide kennen.
- Overige stoffen  
Dit is een diverse restgroep, waaronder enkele zoetstoffen en de insectwerende stof DEET. De zoetstoffen sucralose en cyclamaat zijn aandachtvragend vanwege hun veelvuldig aantreffen in hoge concentratie in combinatie met hun hoge mobiliteit.

De bestudeerde studies zijn divers van aard, opzet, onderzochte stoffen en wijze van risicogebaseerde prioritering. Dit maakt het lastig om aan te geven welke aandachtvragende stoffen of stofgroepen de hoogste prioriteit hebben. Dat een stof niet hoog geprioriteerd wordt kan immers ook zijn omdat de stof niet onderzocht is in de betreffende studie, of omdat de stof niet scoort op de methode van prioritering die in de betreffende studie is gebruikt. Uit tabel 8 wordt wel duidelijk dat stoffen met meerdere toepassingen waaronder als biociden bij meerdere studies hoog prioriteren.

De resultaten van Effect Directe Analysis (EDA) onderzoek hebben extra belang omdat dit werkelijk in effluent aangetoond effecten van stoffen betreft. Hoewel de methodes de laatste jaren flink verbeterd zijn, blijkt het echter moeilijk om de stoffen die verantwoordelijk zijn voor een waargenomen effect vast te stellen. De resultaten van Effect Directe Analysis (EDA) zijn niet meegenomen bij het bepalen van de aandachtvragende stoffen omdat de bewijslast voor de stoffen die uit EDA onderzoek naar voren kwamen beperkt is: de uitvoering en duiding van de resultaten kent nog verbeterpunten en het aantal onderzochte effluentmonsters is zeer beperkt. Meer in z'n algemeenheid geeft dit type onderzoek aan dat natuurlijke en synthetische steroid hormonen in veel gevallen bepalend zijn voor waargenomen hormonale effecten in afvalwater en oppervlaktewater. Opvallend is dat in oppervlaktewater ook enkele gewasbeschermingsmiddelen bijdragen aan waargenomen hormonale effecten (zie paragraaf 3.1.5). Deze stoffen werden in het betreffende EDA-onderzoek niet gevonden in effluent, maar worden in andere onderzoeken wel regelmatig in effluenten aangetroffen. Deze hormonale effecten waren voor deze stoffen nog niet in beeld. Een andere opvallende conclusie uit EDA onderzoek is dat het insectenwerend middel DEET, het rubber additief 1,3 difenylguanidine en de fungicide 2-benzothiazoolsulfonzuur die ook in rubbers wordt gebruikt allen een mogelijk antimicrobiële activiteit hadden en dat de corrosieremmer 1,2,3-benzotriazol mutageen is (d.w.z. veranderingen in erfelijk materiaal kan veroorzaken).

Tabel 8 Samenvatting aandachtvragende stoffen en stofgroepen in rwzi-effluenten.

Stofnaam	Toepassing	Watson aangetroffen bestaande (p)ZS										Opmerking
		Watson aangetroffen met ZS-zorg	Suspect Screening WL (top 20 ex gsm en gbm)	Sjerps et al 2016 (>1 -Hg/l)	Danube WWTP (risk score >1)	Finck et al 2022 (risico >1)	Biocides UBA (>5% monsters risico score >1)	Aandachtvragende stof oppervlaktewater				
<b>Benzotriazolen</b>												
1,2,3 benzotriazool	anticorrosiemiddel, rubber additief	pZS	ED		x	x					x	
4-en/of 5-methyl-1H-benzotriazool	anticorrosiemiddel, rubber additief				x	x					x	
5-chloor-1H-benzotriazool	anticorrosiemiddel				a							
<b>Rubber additieven</b>												
1,3-Difenyguanidine	catalysator in rubber	b	CMR		x							
2-Benzothiazolesulfonzuur	fungicide, rubber additief											
Hexamethoxymethylmelamine (HMMM)	rubber additief, crosslinker in harsen en coatings (o.a.)				x			x			x	
Mono-, di- en tri(methoxymethyl)melamine	afbraakproducten van HMMM				a							
<b>PFAS</b>												
Perfluorhexaanzuur (PFHxA)	divers, afbraakproduct andere PFAS	pZS	CMR PBT	P								voorgestelde PS KRW
Perfluorheptaanzuur (PFHpA)	divers, afbraakproduct andere PFAS	ZS	CMR PBT	P								voorgestelde PS KRW
Perfluoroctaanzuur (PFOA)	divers, afbraakproduct andere PFAS	ZS	CMR PBT	P								voorgestelde PS KRW
Perfluoroctaansulfonaat (PFOS)	divers, afbraakproduct andere PFAS	ZS	CMR PBT				x					PS KRW
<b>Alkylfosfaatesters</b>												
Tris(2-chloorethyl)fosfaat (TCEP)	brandvertrager	ZS	CMR	T					x			
Tris(2-chloor-1-(chloormethyl)ethyl)fosfaat (TDCP)	weekmaker, brandvertrager	pZS	CMR	PT								
Trichloorpropylfosfaat (TCPP)	brandvertrager		CMR	T								
Triisobutylfosfaat (TIBP)	weekmaker		CMR	T								
Tributylfosfaat (TBP)	weekmaker							x				
Triethylfosfaat (TEP)	weekmaker, brandvertrager en meer		CMR	T				x				
<b>Overige industriële stoffen</b>												
1,3,5-Triazine-2,4,5-triamine (melamine)	basis voor harsen en coatings	pZS	CMR PBT	M	x							
2- en/of 4-nitrofenol	gebruikt bij productie gsm, gbm en kleurstoffen		CMR		x							
2,3- en/of 2,4- en/of 2,6-nitrofenol	gebruikt bij productie gbm en kleurstoffen		CMR		x							
2,4-dichloorfenol	gebruikt bij productie gbm en biocides		CMR PBT					x				
4-tert-Octylfenol	gebruikt bij productie industriële stoffen	ZS	CMR ED				x					PS KRW
Bisfenol A (BPA)	plastic additief (o.a.)	ZS	CMR ED	T								voorgestelde PS KRW
Di-ethyleentriaminepentaazijnzuur (DTPA)	complexvormer	ZS	CMR	M								
Dichloorazijnzuur	industriële toepassingen		PBT	T								
Dodecyl-beenzeensulfonaat (C12-LAS)	detergent							x				
Ethyleendiaminetetraethaanzuur (EDTA)	complexvormer			M								x
Hexamethyleentetramine (urotropine)	industriële toepassingen, conserveringsmiddel			PM								
Tetrabroombisfenol A (TBBPA)	brandvertrager	ZS	CMR PBT	P								
Tetraglyme (TEGDME)	oplosmiddel	ZS	CMR	M								
Trifenyfosfineoxide (TPPO)	bijproduct chemische synthese				x							
<b>Biocides</b>												
1,2-benzisothiazol-3(2H)-on	fungicide, conserveringsmiddel						x					
Benzododecinium	desinfectant				x							
Benzyl dimethyltetradecylammonium	desinfectant (quaternaire ammonium verbinding)								x			
Didecyl dimethylammonium (DDAC)	desinfectant (quaternaire ammonium verbinding)		CMR						x			
N,N-dimethyldodecylamine	reiniging oppervlakten								x			
Triclosan	desinfectant	pZS	PBT							x		
<b>Stoffen met meerdere toepassingen onder andere als biocide</b>												
Aminocarb	insecticide, biocide				x							
Carbendazim	fungicide, biocide	ZS	CMR	T	x		x	x				
Diazinon	insecticide, acaricide, antivlooiënmiddel				x			x				
Diuron	herbicide, biocide	ZS	CMR		x			x	c			PS KRW
Fipronil	insecticide, acaricide, biocide, antivlooiënmiddel			P	x		x	x				3e Watchlist KRW
Hexachloorcyclohexaan (lindaan, HCH)	insecticide, biocide	ZS	PBT	P								PS KRW
Imidacloprid	insecticide, biocide, antivlooiënmiddel				x			x	x			voorgestelde PS KRW
Permethrin	insecticide, biocide, antivlooiënmiddel									d		voorgestelde PS KRW
Piperonyl-butoxide	insecticide, biocide, versterking effect antivlooiënmiddel	e			x						x	
Propoxur	insecticide, acaricide, biocide, antivlooiënmiddel				x							
Terbutryn	herbicide, biocide				x			x	x			PS KRW
Terbutryn-sulfoxide	herbicide, biocide (metaboliët)									x		
Terbutylazine	herbicide, biocide in koeltorens								x			
Thiabendazool	fungicide, biocide								x			
Thiamethoxam	insecticide, houtconservering				x							voorgestelde PS KRW
<b>Overige</b>												
Sucralose	zoetstof			M								
Cyclamaat	zoetstof			M								
Caffeïne	geneesmiddel, stimulant								x			
Cotinine	tabak ingredient							x				
DEET	insectenwerend							x				
Fenantreen	polycyclische aromatische koolwaterstof (PAK)	ZS	CMR PBT	T								PS KRW

- a niet in top 20, aangetroffen maar kon niet gerankt worden wegens ontbreken ecotoxiciteitsgegevens
- b stond op pZS lijst maar is daar van verwijderd wegens zelfclassificatie als CMR; geen ZS
- c alleen in regenwaterriool overschrijding
- d alleen in gemengd rioolwater (huishoudelijk én regenwater) overschrijding; rapportagegrens veel hoger dan kwaliteitscriterium
- e stond op pZS lijst maar is daar van verwijderd, reden niet vermeld



## 4.2 (potentiële) ZZS stoffen in effluent

In effluent worden diverse (p)ZZS aangetroffen (Smit et al., 2021; Postma, 2021). Van de aandachtvragende stoffen is ongeveer een derde al in beeld als ZZS of pZZS (tabel 8). Uit de toepassing van de Similarity tool op de stoffen uit de Watson database blijkt dat er zo'n 100 (p)ZZS stoffen in rwzi-effluenten zijn aangetroffen, en nog eens ongeveer 100 stoffen met vergelijkbare zorg (Smit et al., 2021; bijlage 1). Het gaat dan met name om stoffen met CMR-eigenschappen (Carcinogeen, Mutageen en/of Reproductietoxisch) en PBT-eigenschappen (Persistent, Bioaccumulerend en/of Toxisch).

Smit et al. (2021) hebben er voor gekozen om alle in de database opgenomen stoffen (d.w.z. geanalyseerde stoffen) in influent en effluent over de hele periode mee te nemen. Daarbij is door hen geen onderscheid gemaakt tussen influent en effluent. Voor het identificeren van aandachtvragende stoffen in effluent zou het zinvoller zijn om te focussen op de aangetroffen stoffen in effluenten voor recente jaren, bijvoorbeeld de laatste tien jaar (in verband met verbetering van de bemonsteringswijze en analysemethoden en het effect van genomen maatregelen). De hier beschreven resultaten moeten dan ook vooral gezien worden als een demonstratie van wat vergelijking met de pZZS-lijst en de ZZS similarity tool kan opleveren. Voor daadwerkelijk vaststellen of ZZS of vergelijkbare stoffen in effluent in recente jaren worden aangetroffen is nadere detaillering nodig.

## 4.3 Samenhang met aandachtvragende stoffen in oppervlaktewater

In 2022 is een prioritering uitgevoerd van stoffen in oppervlaktewater door middel van de NORMAN-prioriteringssystematiek (Osté et al., 2022). Hieruit zijn een aantal aandachtvragende stoffen en stofgroepen in oppervlaktewater naar voren gekomen. Deze overlappen voor een deel met de aandachtvragende stoffen en stofgroepen in effluent:

- Alle aandachtvragende stoffen en stofgroepen uit oppervlaktewater zijn gemeten én aangetroffen in effluent, zij het niet altijd even uitgebreid. Zo zijn van joodhoudende röntgencontrastmiddelen en naftaleensulfonzuren binnen de beschouwde studies slechts een of enkele uit de stofgroep geanalyseerd. Van de ftalaten zijn er tien verschillende in effluent aangetroffen.
- De benzotriazolonen, hexa(methoxymethyl)melamine (HMMM), EDTA en piperonyl-butoxide zijn zowel in oppervlaktewater als effluent als aandachtvragende stof(groep) naar voren gekomen.
- Voor triclocarban is door Finck et al. (2022) met twee van de drie toegepaste risicobeoordelingmethoden een risico vastgesteld. De stof werd weinig frequent aangetroffen (7 van de 56 effluenten) en werd in de andere studies niet onderzocht (doelstoffenanalyses) of aangetroffen (suspect screening).
- De overige aandachtvragende stofgroepen (röntgencontrastmiddelen, ftalaten en naftaleensulfonzuren) en individuele stoffen (galaxolide en MTBE) komen bij effluent niet naar voren. Voor röntgencontrastmiddelen, ftalaten en de geurstof galaxolide is bekend dat rwzi's wel een belangrijke route naar het oppervlaktewater vormen, maar in de risicobeoordelingen komen deze stoffen bij de meegenomen studies niet naar voren. De reden hiervoor is niet altijd duidelijk.

## 4.4 Bronnen en routes van aandachtvragende stoffen

De mogelijke bronnen en routes van aandachtvragende stoffen en stofgroepen in effluent zijn niet in detail bekeken. De toepassing van de stoffen geeft echter wel aanwijzingen voor bronnen en routes. Duidelijk is dat:

- Industriële activiteiten lokaal tot (zeer) hoge concentraties (tot >100 µg/l) in het effluent kunnen leiden (Finck et al., 2022; Alygizakis et al., 2019). Dit duidt op het belang van industriële (punt)bronnen. De meegenomen studies bieden onvoldoende informatie om eenvoudig verder onderscheid te kunnen maken naar de belasting vanuit industriële bronnen en een achtergrondbelasting vanuit huishoudens.
- De stoffen carbendazim, terbutryn en diuron kennen een biocidetoepassing in verven en coatings voor muren en daken en ter bescherming van hout en metselwerk. Voor deze toepassingen is afstromend regenwater een belangrijke route.
- Stoffen met meerdere toepassingen, en dan met name stoffen die (ook) worden toegepast ter bestrijding van vlooien bij huisdieren, scoren hoog in diverse risicobeoordelingen. Dit bevestigt het belang van de emissie van antivlooienmiddelen voor huisdieren via de rwzi naar het oppervlaktewater, zoals ook al binnen de Kennisimpuls Waterkwaliteit, project Diergeneesmiddelen werd geconstateerd (Montforts et al., 2021).
- Er worden diverse rubberadditieven in effluent aangetroffen, zoals difenylguanidine en HMMM. Ook benzotriazolonen worden in rubber toegepast. Vooral voor HMMM zijn zeer hoge concentraties (tot meer dan 100 µg/l) aangetroffen in enkele effluenten, hetgeen duidt op industriële puntbronnen. De stof en

diens afbraakproducten worden echter ook in lagere concentraties in andere effluënten aangetroffen. Afstromend hemelwater met daarin resten bandenslijpsel zou ook een mogelijke route kunnen zijn.

- Stoffen die uitsluitend als gewasbeschermingsmiddel worden gebruikt behoorden niet tot de focus van deze studie. Uit de resultaten blijkt echter dat de emissie van gewasbeschermingsmiddelen via rwzi's niet te verwaarlozen is, zowel qua aantal aangetroffen stoffen als hoge score in risicobeoordelingen. Er lijken hier andere bronnen dan uitsluitend landbouwtoepassing aan ten grondslag te liggen.

## 4.5 Kennislacunes

In deze studie zijn de gegevens van aangetroffen stoffen in effluent van rwzi's in binnen- en buitenland verzameld. De studies uit het buitenland kunnen aanknopingspunten bieden voor stoffen die in Nederland nog niet in beeld zijn. Uitdaging daarbij is dat de datasets verschillen in opzet en omvang. De buitenlandse studies hebben zich uitsluitend op organische microverontreinigingen gericht. In de Watson database daarentegen zijn naast organische microverontreinigingen ook nutriënten, metalen en andere anorganische stoffen opgenomen. Ook zijn verschillende somparameters voor gewasbeschermingsmiddelen en industriële stoffen opgenomen. Om een eerlijke vergelijking te maken zijn de genoemde stofgroepen en somparameters buiten beschouwing gelaten. Daarnaast valt op dat in de Watson database veel 'traditionele' microverontreinigingen zijn opgenomen, zoals gewasbeschermingsmiddelen, PAK's, PCB's, PBDE's en industriële stoffen met een eenvoudige structuur, hetgeen logisch is gezien het tijdvak van de monitoringdata in de Watson database (1990 – 2020). De buitenlandse studies hebben zich meer op nieuwere, opkomende stoffen gericht.

In totaal zijn 1270 unieke stoffen tenminste eenmaal in effluent aangetroffen, waarvan 606 stoffen alleen in Nederland, 345 stoffen alleen in het buitenland en 319 stoffen in beiden. De stoflijsten zijn als apart Excelbestand beschikbaar. Voor de stoffen die alleen in het buitenland zijn aangetroffen wordt aanbevolen om na te gaan of zinvol is om deze op te nemen in doelstoffenanalyses en/of stoffenbibliotheken, bijvoorbeeld omdat ze frequent worden aangetroffen en/of omdat ze hoog scoren in risicogebaseerde methoden. Hierbij zou ook een vergelijking en nadere prioritering gemaakt kunnen worden door deze stoffen te vergelijken met de PMT-lijst. Uit de vergelijking van de aangetroffen stoffen uit de Watson database met de PMT-lijst blijkt dat er – conform verwachting - in rwzi-effluent aanzienlijk wat stoffen worden aangetroffen die mobiel zijn. Mobile stoffen zijn moeilijk te verwijderen in (drink)waterzuiveringen en krijgen om die reden steeds meer aandacht.

Finck et al. (2022) concluderen dat er een aantal stoffen met hoge risico's zijn waarvoor experimentele toxiciteitsdata ontbreekt. Het gaat om de quaternaire ammoniumverbindingen benzyldimethyldodecyl ammonium, didecyldimethyl ammonium, benzyldimethyltetradecyl ammonium en didecyldimethyl ammonium, die worden gebruikt als biocides voor de desinfectie van oppervlakten, en voor de industriële stoffen HMMM en tris (2-ethylhexyl)fosfaat. Voor deze stoffen is verdere onderbouwing van de toxiciteit wenselijk. Ook Postma (2021) concludeert voor een aantal stoffen dat verdere onderbouwing van de toxiciteit wenselijk, maar dit betreffen allen geneesmiddelen.

## 5 Conclusies en aanbevelingen

### 5.1 Conclusies

In deze studie zijn diverse onderzoeken naar organische microverontreinigingen in binnen- en buitenland bestudeerd, met als doel om de huidige stand van kennis ten aanzien van opkomende stoffen in het effluent van rwzi's samen te vatten en een synthese te maken van welke stoffen of stofgroepen nadere aandacht verdienen. Aandachtvragende stoffen en stofgroepen zijn in dit kader gedefinieerd als organische microverontreinigingen die via effluent van communale rwzi's in het oppervlaktewater komen en daarnaast:

- Onwenselijke stoffeneigenschappen hebben, of
- Potentiële risico's veroorzaakt (bijvoorbeeld door overschrijding van voorspelde geen effect concentraties), of
- Hoog scoren in risicogebaseerde prioriteringsacties.

In effluënten van rwzi's worden honderden stoffen aangetroffen. In totaal zijn in studies in binnen- en buitenland meer dan 1200 unieke stoffen aangetroffen. De concentraties variëren van <1 ng/l tot >100 µg/l. Vooral bij industriële stoffen is er sprake van (zeer) grote concentratieverschillen tussen verschillende rwzi's. Voor stoffen als geneesmiddelen, zoetstoffen en benzotriazolen zijn de concentratieverschillen tussen de rwzi's veel kleiner.

Stoffen die op basis van risicogebaseerde methoden worden geprioriteerd zijn veelal geneesmiddelen en gewasbeschermingsmiddelen. Hier is echter sprake van een bias: deze stofgroepen zijn ook meer onderzocht en

er zijn meer toxiciteitsgegevens voor bekend. Hoewel de constatering dat geneesmiddelen en gewasbeschermingsmiddelen in effluent aandacht vragen zeer relevant is, wordt voor deze stofgroepen al beleid gevoerd. De focus bij dit project ligt bij opkomende stoffen in effluent. In de verdere uitwerking is dan ook gefocust op stoffen met een andere toepassing dan uitsluitend als geneesmiddel of gewasbeschermingsmiddel.

Door samenvoegen van de stoffen die in de diverse studies hoog scoren in risicogebaseerde methoden is een lijst van bijna 60 aandachtvragende stoffen opgesteld (tabel 9). De aandachtvragende stoffen zijn ingedeeld naar stofgroep en/of toepassing:

- Benzotriazolen: worden vrijwel altijd en in hoge concentratie (ug/l) aangetroffen in effluenten.
- Stoffen die worden toegepast bij de productie van rubber: onder andere benzotriazolen, HMMM en difenylguanidine. Deze stoffen worden soms in zeer hoge concentratie (> ug/l) aangetroffen.
- PFAS: vragen vooral aandacht vanwege hoge persistentie en toxiciteit.
- Alkylfosfaatesters: vanwege frequent aantreffen en scoren hoog op toxiciteit volgens de PMT-lijst.
- Diverse andere industriële stoffen: onder andere bisfenol A, melamine en EDTA. Het zijn vooral stoffen die gebruikt worden in chemische processen, voor de productie van stoffen of vrijkomen uit producten.
- Diverse biocides: vooral biociden met een desinfecterende werking, onder andere quaternaire ammoniumverbindingen.
- Stoffen met meerdere toepassingen, waaronder als biocide: vooral de stoffen die in antivlooiemiddelen voor huisdieren worden toegepast vallen op door hun hoge score op risico in diverse studies. Daarnaast gaat het om enkele stoffen die worden toegepast in de hout conservering of een andere toepassing als biocide kennen.
- Een diverse restgroep: onder andere enkele zoetstoffen en de insectwerende stof DEET.

De bestudeerde studies zijn divers van aard, opzet, onderzochte stoffen en wijze van risicogebaseerde prioritering. Dit maakt het lastig om aan te geven welke van deze aandachtvragende stoffen of stofgroepen de hoogste prioriteit hebben.

Veel van de aandachtvragende stoffen (bijna de helft) zijn al in beeld doordat zij als (p)ZZS stof zijn aangewezen, of als (kandidaat) prioritaire stof of Watchlist stof binnen de KRW. Enkele aandachtvragende stoffen in effluent overlappen met de aandachtvragende stoffen die eerder in opdracht van de Werkgroep Aanpak Opkomende Stoffen voor oppervlaktewater zijn vastgesteld.

De mogelijke bronnen en routes van aandachtvragende stoffen en stofgroepen in effluent zijn niet in detail bekeken. De toepassing van de stoffen geeft echter wel aanwijzingen voor bronnen en routes en daarmee voor mogelijke handelingsperspectieven om via bronaanpak de emissie terug te dringen. Duidelijk is dat:

- Industriële activiteiten lokaal tot (zeer) hoge concentraties (tot >100 µg/l) in het effluent kunnen leiden. Dit duidt op het belang van industriële (punt)bronnen. De meegenomen studies bieden onvoldoende informatie om eenvoudig verder onderscheid te kunnen maken naar de belasting vanuit industriële bronnen en een achtergrondbelasting vanuit huishoudens.
- Stoffen die (ook) worden toegepast ter bestrijding van vlooiën bij huisdieren, waaronder imidacloprid en fipronil, scoren hoog in diverse risicobeoordelingen. Dit bevestigt het belang van de emissie van antivlooiemiddelen voor huisdieren via de rwzi naar het oppervlaktewater, zoals ook al binnen de Kennisimpuls Waterkwaliteit, project Diergeneesmiddelen werd geconstateerd.
- De stoffen carbendazim, terbutryn en diuron kennen een biocidetoepassing in verven en coatings voor muren en daken en ter bescherming van hout en metselwerk. Voor deze toepassingen is afstromend regenwater een belangrijke route.
- Er worden diverse rubber additieven in effluent aangetroffen. Naast industriële puntbronnen zou ook afstromend hemelwater met daarin resten bandenslijpsel een mogelijke route kunnen zijn.
- De emissie van gewasbeschermingsmiddelen via rwzi's is niet te verwaarlozen, zowel qua aantal aangetroffen stoffen als hoge score in risicobeoordelingen. Er lijken hier andere bronnen dan uitsluitend landbouwtoepassing aan ten grondslag te liggen.

Tabel 9 Samenvatting aandachtvragede stoffen in effluent.

Stofgroep	Stof	Toepassing
Benzotriazolën		
	1,2,3 benzotriazol*	anticorrosiemiddel, rubber additief
	4-en/of 5-methyl-1H-benzotriazol*	anticorrosiemiddel, rubber additief
	5-chloor-1H-benzotriazol	anticorrosiemiddel
Rubber additieven		
	1,3-Difenyguanidine	catalysator in rubber
	2-Benzothiazolesulfonzuur	fungicide, rubber additief
	Hexamethoxymethylmelamine (HMMM)*	rubber additief, crosslinker in harsen en coatings (o.a.)
	Mono-, di- en tri(methoxymethyl)melamine	afbraakproducten van HMMM
PFAS		
	Perfluorhexaanzuur (PFHxA)	divers, afbraakproduct andere PFAS
	Perfluorheptaanzuur (PFHpA)	divers, afbraakproduct andere PFAS
	Perfluorocataanzuur (PFOA)	divers, afbraakproduct andere PFAS
	Perfluorocataansulfonaat (PFOS)	divers, afbraakproduct andere PFAS
Alkylfosfaatesters		
	Tris(2-chloorethyl)fosfaat (TCEP)	brandvertrager
	Tris(2-chloor-1-(chloormethyl)ethyl)fosfaat (TDCP)	weekmaker, brandvertrager
	Trichloorpropylfosfaat (TCPP)	brandvertrager
	Triisobutylfosfaat (TIBP)	weekmaker
	Tributylfosfaat (TBP)	weekmaker
	Triethylfosfaat (TEP)	weekmaker, brandvertrager en meer
Overige industriële stoffen		
	1,3,5-Triazine-2,4,5-triamine (melamine)	basis voor harsen en coatings
	2- en/of 4-nitrofenol	gebruikt bij productie gsm, gbm en kleurstoffen
	2,3- en/of 2,4- en/of 2,6-nitrofenol	gebruikt bij productie gbm en kleurstoffen
	2,4-dichloorfenol	gebruikt bij productie gbm en biocides
	4-tert-Octylfenol	gebruikt bij productie industriële stoffen
	Bisfenol A (BPA)	plastic additief (o.a.)
	Di-ethyleentriaminedipentaazijnzuur (DTPA)	complexvormer
	Dichloorazijnzuur	industriële toepassingen
	Dodecyl-benzeensulfonaat (C12-LAS)	detergent
	Ethyleendiaminetetraethaanzuur (EDTA)*	complexvormer
	Hexamethyleentetramine (urotropine)	industriële toepassingen, conserveringsmiddel
	Tetabroombisfenol A (TBBPA)	brandvertrager
	Tetraglyme (TEGDME)	oplosmiddel
	Trifenyloxyfineoxide (TPPO)	bijproduct chemische synthese
Biocides		
	1,2-benzisothiazol-3(2H)-on	fungicide, conserveringsmiddel
	Benzododecinium	desinfectant
	Benzyl-dimethyltetradecylammonium	desinfectant (quaternaire ammonium verbinding)
	Didecyl-dimethylammonium (DDAC)	desinfectant (quaternaire ammonium verbinding)
	N,N-dimethyldodecylamine	reiniging oppervlakten
	Triclosan	desinfectant
Stoffen met meerdere toepassingen onder andere als biocide		
	Aminocarb	insecticide, biocide
	Carbendazim	fungicide, biocide
	Diazinon	insecticide, acaricide, antivlooiënmiddel
	Diuron	herbicide, biocide
	Fipronil	insecticide, acaricide, biocide, antivlooiënmiddel
	Hexachloorcyclohexaan (lindaan, HCH)	insecticide, biocide
	Imidacloprid	insecticide, biocide, antivlooiënmiddel
	Permethrin	insecticide, biocide, antivlooiënmiddel
	Piperonyl-butoxide*	insecticide, biocide, versterking effect antivlooiënmiddel
	Propoxur	insecticide, acaricide, biocide, antivlooiënmiddel
	Terbutryn	herbicide, biocide
	Terbutryn-sulfoxide	herbicide, biocide (metaboliet)
	Terbutylazine	herbicide, biocide in koeltorens
	Thiabendazool	fungicide, biocide
	Thiamethoxam	insecticide, houtconservering
Overige		
	Sucralose	zoetstof
	Cyclamaat	zoetstof
	Caffeine	geneesmiddel, stimulant
	Cotinine	tabak ingredient
	DEET	insectenwerend
	Fenantreen	polycyclische aromatische koolwaterstof (PAK)

\* = ook aandachtvragede stof in oppervlaktewater (Osté et al, 2022)

## 5.2 Aanbevelingen

Op basis van de bevindingen kunnen diverse vervolgacties worden geformuleerd.

### *Beleid*

Een aantal acties zijn reeds als beleid geïmplementeerd of anderszins in actie gezet, maar het belang daarvan worden door de bevindingen in deze synthese onderstreept. Dit zijn:

- De Ketenaanpak medicijnresten uit water ([www.medicijnresten.org](http://www.medicijnresten.org)).
- Verkenning van aanvullende zuiveringstechnieken voor rwzi effluent binnen het Innovatieprogramma ‘Microverontreinigingen uit rwzi-afvalwater’ (IPMV) en implementatie van beschikbare zuiveringstechnieken als vergaande zuiveringsstap op rwzi’s in het Versnellingsprogramma ([www.stowa.nl/onderwerpen/waterkwaliteit/nieuwe-stoffen/innovatieprogramma-microverontreinigingen-uit-rwzi](http://www.stowa.nl/onderwerpen/waterkwaliteit/nieuwe-stoffen/innovatieprogramma-microverontreinigingen-uit-rwzi)).
- Het Actieprogramma PFAS.
- Acties om de emissie van ZZS-stoffen in beeld te brengen.
- Verkenning van de mogelijkheden van emissiereductie van antivlooiemiddelen voor huisdieren (Mul et al., 2021).
- Het Rijkswaterstaat project Bezien (en herzien) Watervergunningen en het vervolg daarop (<https://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/emissiebeheer/@217377/pilot-bezien-watervergunningen-eindrapport/>).

Het is van belang de resultaten van deze studie bij de betreffende (beleids)kaders onder de aandacht te brengen zodat kennis kan worden genomen van de bevindingen en hierop met vervolgacties op kan worden geanticipeerd.

### *Monitoring*

- Er worden honderden stoffen aangetroffen in rwzi-effluent. Meten van stoffen door middel van doelstoffenanalyse kan slechts voor een beperkt aantal stoffen. Suspect screening biedt goede mogelijkheden om de aanwezigheid van stoffen semi-kwantitatief vast te stellen. Bij deze methode worden bij analyse aangetroffen pieken in een chromatogram vergeleken met gegevens uit een stoffenbibliotheek om zodoende met enige mate van zekerheid te kunnen vaststellen om welke stof het gaat. Aanbevolen wordt om deze methode veelvuldiger toe te passen bij monitoring van rwzi-effluent.
- Aanbevolen wordt om de stoffenbibliotheek voor suspect screening te controleren op het voorkomen van de stoffen die in deze studie naar voren komen en indien deze ontbreken de stoffenbibliotheek uit te breiden. In ieder geval met de stoffen die als aandachtvragende stof of stofgroep zijn vastgesteld (tabel 8), maar liefst ook met stoffen die in buitenlandse studies zijn aangetroffen maar in Nederland nog niet in effluent zijn gemeten. Met de toenemende aandacht voor PMT-stoffen zouden ook de stoffen met een hoge PMT-score opgenomen kunnen worden. De lijsten met stoffen – inclusief geneesmiddelen en gewasbeschermingsmiddelen - zijn als apart Excel-bestand beschikbaar.
- Bij de monitoring om de effectiviteit van vergaande zuiveringstechnieken op rwzi’s te beoordelen wordt gebruik gemaakt van enkele gidsstoffen (i.e. medicijnresten en benzotriazolonen). Met een vergaande zuiveringsstap wordt een breed palet aan microverontreinigingen verwijderd. Om hier beter zicht op te krijgen wordt aanbevolen om waar mogelijk ook de aandachtvragende stoffen en stofgroepen mee te nemen in de beoordeling van de effectiviteit. Suspect screening kan hierbij een goede aanvulling zijn, omdat hiermee een groot aantal stoffen gemeten kan worden, waaronder ook afbraakproducten<sup>14</sup>. Het verdwijnen van pieken (of de afname van de hoogte van pieken) vormt bovendien een sterk bewijs van de effectiviteit van de zuiveringstechniek.
- Effect Directed Analysis is een veelbelovend techniek met een hoge relevantie omdat het om daadwerkelijk aangetoonde risico’s van stoffen gaat. Het aantal typen effecten dat gemeten kan worden richt zich op dit moment vooral op hormoonverstoring, mutageniteit en antimicrobiële werking. Bovendien blijft het, ondanks forse verbeteringen van de techniek, nog steeds lastig om vast te stellen welke stof of stoffen verantwoordelijk zijn voor een waargenomen effect. Toepassing van deze techniek lijkt daarom vooral zinvol in specifieke situaties waarin er een groot belang is om de oorzaak van waargenomen toxiciteit te achterhalen.

---

<sup>14</sup> Bij oxidatie (zoals behandeling met ozon) kan bijvoorbeeld benzotriazooloxide ontstaan. Deze stof wordt op dit moment niet gemonitord.

### Bronnen en routes

- De soms zeer hoge concentraties van industriële stoffen in effluent duiden op het belang van industriële puntbronnen. Het is wenselijk deze beter in beeld te brengen. Daarbij kan onder andere aangesloten worden bij het project Bezien Watervergunningen, maar ook gebruik worden gemaakt van specifieke bedrijfskennis bij omgevingsdiensten en gebiedskennis van de waterschappen.
- Voor stoffen met meerdere toepassingen is het wenselijk en van belang diverse routes in beeld te brengen om zo zinvolle acties te kunnen formuleren om de emissie terug te dringen. Dit geldt vooral voor stoffen die behalve als gewasbeschermingsmiddel ook als biocide en/of antivlooiemiddel worden gebruikt.
- Naar aanleiding van een eerdere studie (Baltussen, 2018) is binnen de Werkgroep Aanpak Opkomende Stoffen geconcludeerd dat de emissie van biociden via rwzi-effluent vooralsnog geen nader onderzoek behoefde. In de huidige synthese komen echter diverse biociden naar voren als aandachtvragende stof en zou een nieuwe heroverweging kunnen worden gemaakt.

### Overig

- Op basis van de PMT-lijst scoren alkylfosfaatesters hoog op toxiciteit. Dit lijkt in tegenspraak met eerdere bevindingen binnen de Werkgroep Aanpak Opkomende Stoffen. Aanbevolen wordt om de herkomst / reden van deze hoge score na te gaan en op basis van de bevindingen eventuele aanvullende acties te formuleren.
- De werkzaamheden sluiten nauw aan bij STOWA project Afvalwaterprognoses (<https://www.stowa.nl/onderwerpen/diversen/doelmatigheid/community-practice-afvalwaterprognoses>) dat zich richt op het voorspellen van de kwantiteit en kwaliteit van afvalwater. Afhankelijk van de geformuleerde vervolgacties kunnen deze mogelijk onder het project Afvalwaterprognoses worden ondergebracht.

Er lopen vele activiteiten gericht op het voorkomen en prioriteren van organische microverontreiniging in effluent. Aanbevolen wordt om de bevindingen van deze onderzoeken te blijven volgen en waar zinvol de lijst met aandachtvragende stoffen in effluent uit te breiden. In bijlage 7 worden een aantal relevante lopende onderzoeken genoemd.

## 6 Literatuur

- Alygizakis, N.A., Besselink, H., Paulus, G.K., Oswald, P., Hornstra, L.M., Oswaldova, M., of wastewater effluents in the Danube River Basin with chemical screening, in vitro bioassays and antibiotic resistant genes analysis. *Environ. Int.* 127, 420–429.
- Brekelmans, S., T. Slootweg & C. Houtman (2021). Effect Directed Analysis achterhaalt verantwoordelijke stoffen voor bioassayrespons. H2O vakartikelen, 8 oktober 2021. <https://www.h2owaternetwerk.nl/vakartikelen/effect-directed-analysis-effect-directed-analysis-achterhaalt-verantwoordelijke-stoffen-voor-bioassayrespons>.
- De Poorter, L.R.M., E.A. Hogendoorn & R.J. Luit (2011). Criteria voor Zeer Zorgwekkende Stoffen. RIVM Briefrapport 601357004. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), Bilthoven.
- Derksen, A. & J. Baltussen (2021). PFAS in influent, effluent en zuiveringsslib. Resultaten van een meetcampagne op acht rwzi's. Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer (STOWA), Amersfoort. STOWA rapport 2021-46.
- Dulio, V. en P. von der Ohe (2013). NORMAN Prioritisation framework for emerging substances. NORMAN Association, ISBN: 978-2-9545254-0-2.
- European Chemicals Agency (ECHA) (2017). Guidance on the Biocidal Products Regulation, Volume IV. Environmental Assessment and Evaluation (Parts B+C). Version 2.0. October 2017.
- Finck, S., L.-M. Beckers, W. Busch, E. Carmona, V. Dulio, L. Kramer, M. Krauss, L. Posthuma, T. Schulze, J. Slootweg, P.C. Von der Ohe & W. Brack (2022). A risk based assessment approach for chemical mixtures from wastewater treatment plant effluents. *Environmental International* 164: 107234.
- Fuchs, S., S. Tshovski, M. Kaiser, F. Sacher & A. Thoma (2020). Belastung der Umwelt mit Bioziden realistischer erfassen - Schwerpunkt Einträge über Kläranlagen. Abschlussbericht. UBA texte 169/2020. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau.
- Hartmann, J., E. Rorije, P.N.H. Wassenaar & E. Verbruggen (2022). Screening and prioritising Persistent, Mobile and Toxic chemicals: development and application of a robust scoring system. Preprint. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2233805/v1>.

- Houtman, C.J. et al. (2021). Characterisation of (anti-)progestogenic and (anti-)androgenic activities in surface and wastewater using high resolution effectdirected analysis. *Environment International* 2021, 153:106536.
- Jonkers, T., T. Pronk, C. Houtman, G. de Kloe, B. Bajema, T. Hamers & M. Lamoree (2022a). Waterkwaliteit verbeteren met EDA: stand van de wetenschap. H2O-online, 7 april 2022.
- Jonkers, T.J.H., J. Meijer, J.J. Vlaanderen, R.C.H. Vermeulen, C.J. Houtman, T. Hamers & M.H. Lamoree (2022b). High-Performance Data Processing Workflow Incorporating Effect-Directed Analysis for Feature Prioritization in Suspect and Nontarget Screening. *Environ. Sci. Technol.* 56: 1639–1651.
- Moermond, C.T.A., M.H.M.M. Montforts, E.W.M. Roex & B.J. Venhuis (2020). Medicijnresten en waterkwaliteit: een update. RIVM briefrapport 2020-0088. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), Bilthoven.
- Montforts, M., M. Faber, N. van Duinhoven, K. Ouwerkerk (Deltares), M. Mul & M. Veenenbos (2021). Deltafact Emissies van vloeienmiddelen voor huisdieren naar oppervlaktewater. <https://www.stowa.nl/deltafacts/waterkwaliteit/kennisimpuls-waterkwaliteit/emissies-van-vloeienmiddelen-voor-huisdieren#2852>.
- Mul, M., M. Veenenbos, J. van Vliet, M. Faber, N. van Duijnhoven & M. Montforts (2021). Emissiereductie naar het oppervlaktewater van antivlooiemiddelen voor honden. CLM Onderzoek en Advies, Culemborg. Publicatienummer 1078.
- Osté, L., K. Ouwerkerk & A. Derksen (2022). NORMAN prioritering Nederlandse waterkwaliteitsdata. Deltares-rapport 11206216-010-BGS-0001.
- Pieke, E.N. & T. van der Velden-Slootweg (2019). Evaluatie screening Maasstroomgebied 2019. Target & Non-Target screening via LC-(QToF)-MS. In opdracht van Provincie Noord Brabant. Het Waterlaboratorium, Haarlem. Rapportnummer 202002.
- Postma, J., 2021, Memo – Ecotoxicologische duiding van LCMS QTOF bibliotheekscreenings op RWZI-effluent. Ecofide.
- Sjerps, R.M.A., D. Vughs, J.A. van Leerdam, T.L. ter Laak & A.P. van Wezel (2016). Data-driven prioritization of chemicals for various water types using suspect screening LC-HRMS. *Water Research* 93: 254-264.
- Smit, E., P. Wassenaar, L. de Boer & N. Janssen (2021). Onderzoek naar mogelijk zorgwekkende stoffen in Nederlands oppervlaktewater. H2O-Online / 23 november 2021. <https://www.h2owaternetwerk.nl/vakartikelen/onderzoek-naar-mogelijk-zorgwekkende-stoffen-in-nederlands-oppervlaktewater>
- Wassenaar, P.N.H., Rorije, E., Janssen, N.M.H., Peijnenburg, W.J.G.M., Vijver, M.G. (2019). ‘Chemical similarity to identify potential Substances of Very High Concern – An effective screening method’. *Computational Toxicology*, 12: 100110.
- Zwart, N. et al. (2020). 'Identification of mutagenic and endocrine disrupting compounds in surface water and wastewater treatment plant effluents using high-resolution effect-directed analysis'. *Water Research* 2020, 168:115204.

## Bijlagen



## **Bijlage 1 Aangetroffen stoffen uit de Watson database met mogelijke ZZS-zorg**

In effluent aangetroffen (p)ZZS en stoffen met vergelijkbare ZZS-zorg. Op basis van de resultaten van de ZZS similarity tool (Smit et al., 2021) voor stoffen uit de Watson database (data van 1990 – 2020).

Voor het identificeren van aandachtvragende stoffen in effluent is het zinvoller om te focussen op de aangetroffen stoffen in effluenten voor recente jaren, bijvoorbeeld de laatste tien jaar (in verband met verbetering van de bemonsteringswijze en analysemethoden). Voorkomen op de lijst in deze bijlage is dan ook geen reden op zich geweest om een stof als aandachtvragende stof aan te merken. De lijst is wel gebruikt voor aanvullende informatie voor stoffen die op andere wijze als aandachtvragend zijn aangemerkt.

eff> RG	NAAM	CASNUMMER	CMR	PBT	ED	(p)ZZS
x	1,1,1-trichloorethaan	71-55-6	x	x		
x	1,2,3-trimethylbenzeen	526-73-8	x			
x	1,2,3-trichloorbenzeen	87-61-6		x		ZZS
x	1,2,4-trimethylbenzeen	95-63-6	x			
x	1,2,4-trichloorbenzeen	120-82-1		x		ZZS
x	1-(2-butoxyethoxy)-ethanol	54446-78-5	x			
x	1,2-dichlooretheen	540-59-0	x	x		
x	1,2-dichloorpropaan	78-87-5	x	x		ZZS
x	1,2-xyleen	95-47-6	x			
x	1,3,5-trimethylbenzeen	108-67-8	x	x		
x	1,3,5-trichloorbenzeen	108-70-3		x		ZZS
x	1,3-dichloorbenzeen	541-73-1	x	x		
x	1,3-xyleen	108-38-3	x	x		
x	1,4-dichloorbenzeen	106-46-7	x	x		
x	1,4-dioxaan	123-91-1	x			ZZS
x	1,4-xyleen	106-42-3	x	x		
x	(1-ethyldecyl)-benzeen	2400-00-2	x			
x	(1-ethylnonyl)-benzeen	4536-87-2	x			
x	1-propanol-2-chloorfosfaat	6145-73-9	x			
x	1-propylbenzeen	103-65-1	x			
x	(1-propylnonyl)-benzeen	2719-64-4	x			
x	(1-butyl-octyl)-benzeen	2719-63-3	x			
x	1-(pentyl-octyl)-benzeen	4534-49-0	x			
x	1-fenyl-2-ethanol	60-12-8	x			
x	1-isopropyl-4-methyl-benzeen	99-87-6	x			
x	2-(2-butoxyethoxy)ethylacetaat	124-17-4	x			
x	2-(2-butoxyethoxy)ethanol	112-34-5	x			
x	2,2-dichloorpropionzuur	75-99-0		x		
x	2,3,4,6-tetrachloorfenol	58-90-2	x	x		
x	2,3,4-trichloorfenol	15950-66-0	x	x		
x	2,3,5,6-tetrachloorfenol	935-95-5	x	x		
x	2,3,6-trichloorfenol	933-75-5	x	x		
x	2,3-dichloorfenol	576-24-9	x	x		
x	2,4,6-tribroomfenol	118-79-6		x		pZZS
x	2,4,6-trichloorfenol	88-06-2	x	x		
x	2,4-dichloorfenol	120-83-2	x	x		
x	2,4'-dichloordifenyldichloorethaan	53-19-0		x		
x	2,4'-dichloordifenyldichlooretheen	3424-82-6		x		ZZS
x	2,4'-dichloordifenyiltrichloorethaan	789-02-6		x		ZZS
x	2,4-dinitrofenol	51-28-5	x			
x	2,5,8,11-tetraoxadodecaan	112-49-2	x			ZZS
x	2,6-dichloorfenol	87-65-0	x	x		
x	2-aminoacetofenon	551-93-9	x			
x	2-methoxy-4-nitrofenol	3251-56-7	x			
x	2-methoxyaniline	90-04-0	x			ZZS
x	2-ethoxy-2-methylpropaan	637-92-3	x			
x	2-ethyltolueen	611-14-3	x			
x	2-fenoxy-1-propanol	4169-04-4	x			
x	2-fenoxyethanol	122-99-6	x		x	
x	2-(perfluorhexyl)ethaan-1-sulfonzuur	27619-97-2	x			
x	3,4,5-trichloorfenol	609-19-8		x		
x	3,4-dichloorbenzeencarbonzuur	51-44-5	x			
x	3,4-dichloorfenol	95-77-2	x	x		
x	3-methoxy-2-butanol	53778-72-6	x			
x	3-ethylfenol	620-17-7	x		x	
x	3-ethyltolueen	620-14-4	x			
x	4,4'-dichloordifenyldichloorethaan	72-54-8		x		
x	4,4'-dichloordifenyldichlooretheen	72-55-9		x		
x	4,4'-dichloordifenyiltrichloorethaan	50-29-3		x		ZZS
x	4-methoxybenzaldehyde	123-11-5	x			
x	4-ethyltolueen	622-96-8	x			
x	4-nonylfenol	104-40-5	x		x	ZZS
x	4-chloorfenol	106-48-9	x	x		
x	4-nitrodimethylaniline	100-23-2	x			
x	4-nitrofenol	100-02-7	x			
x	4-tertiair-octylfenol	140-66-9	x		x	ZZS
x	acridine	260-94-6	x	x		ZZS
x	acenafteen	83-32-9	x	x		ZZS
x	acenaftyleen	208-96-8		x		ZZS
x	alfa-endosulfan	959-98-8		x		ZZS
x	alfa-hexachloorcyclohexaan	319-84-6		x		ZZS
x	aldrin	309-00-2		x		ZZS
x	aniline	62-53-3	x			
x	antraceen	120-12-7	x	x		ZZS
x	benzo(a)antraceen	56-55-3	x	x		ZZS
x	benzo(a)pyreen	50-32-8	x	x		ZZS
x	benzo(b)fluorantheen	205-99-2	x	x		ZZS
x	beta-endosulfan	33213-65-9		x		ZZS
x	benzeen	71-43-2	x	x		ZZS
x	benzylbutylfalaat	85-68-7	x		x	ZZS
x	benzoëzuur	65-85-0	x			
x	benzo(ghi)peryleen	191-24-2	x	x		ZZS
x	beta-hexachloorcyclohexaan	319-85-7		x		ZZS
x	butylhydroxytolueen (BHT)	128-37-0	x			
x	bifenyl	92-52-4	x	x		
x	bis(2-methoxyethyl)ether	111-96-6	x			ZZS

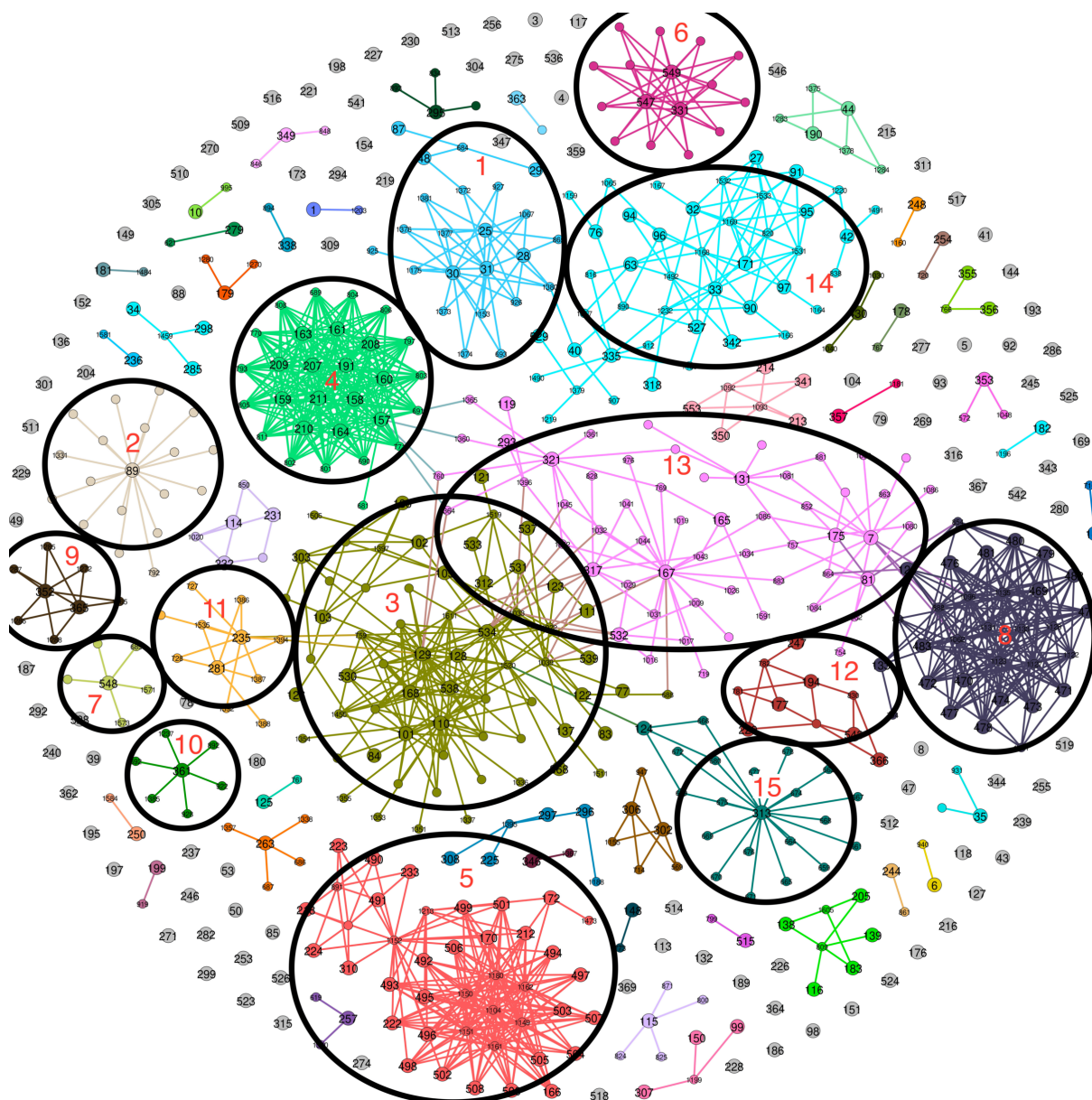
eff > RG	NAAM	CASNUMMER	CMR	PBT	ED	(p)ZZS
x	bisfenol-A	80-05-7	x		x	ZZS
x	bitertanol	55179-31-2	x			
x	benzo(k)fluorantheen	207-08-9	x	x		ZZS
x	bromaat	15541-45-4	x			
x	bromadiolon	28772-56-7	x			ZZS
x	broomoxynil	1689-84-5		x		
x	cis-1,2-dichlooretheen	156-59-2	x	x		
x	methanal (formaldehyde)	50-00-0	x			ZZS
x	methylaniline	100-61-8	x			pZZS
x	methyl-tertiair-butylether	1634-04-4	x			pZZS
x	ethylbenzeen	100-41-4	x	x		
x	octylfenoxypolyethoxyethanol	9036-19-5			x	ZZS
x	carbendazim	10605-21-7	x			ZZS
x	carbetamide	16118-49-3	x			ZZS
x	cis-chloordaan	5103-71-9		x		
x	gamma-hexachloorcyclohexaan (lindaan)	58-89-9		x		ZZS
x	cis-heptachloorepoxide	1024-57-3		x		ZZS
x	chryseen	218-01-9	x	x		ZZS
x	chloorbromuron	13360-45-7	x			
x	chloordecone	143-50-0		x		ZZS
x	chloortoluron	15545-48-9	x			
x	chloorxylenol	88-04-0		x		
x	cumeen	98-82-8	x	x		ZZS
x	cyproconazool	94361-06-5	x			ZZS
x	dapson	80-08-0	x			
x	dibenzo(a,h)antraceen	53-70-3	x	x		ZZS
x	dibroomchloormethaan	124-48-1		x		
x	dimethylftalaat	131-11-3	x		x	
x	diethylamine	109-89-7	x			
x	diethylftalaat	84-66-2	x		x	
x	dipropylftalaat	131-16-8	x		x	
x	dibutylftalaat	84-74-2	x		x	ZZS
x	dipentylftalaat	131-18-0	x		x	ZZS
x	dioctylftalaat	117-84-0	x		x	
x	dichlobenil	1194-65-6	x	x		
x	dicyclohexylftalaat	84-61-7	x			ZZS
x	dichloorbroommethaan	75-27-4		x		
x	dichloorazijnzuur	79-43-6		x		
x	didecyldimethylammoniumchloride	7173-51-5	x			
x	bis(2-ethylhexyl)ftalaat (DEHP)	117-81-7	x		x	ZZS
x	diisobutylftalaat	84-69-5	x		x	ZZS
x	dieldrin	60-57-1		x		ZZS
x	d-limoneen	5989-27-5	x			
x	4,6-dinitro-o-cresol	534-52-1	x			
x	dinoterb	1420-07-1	x			ZZS
x	dodemorf	1593-77-7	x			
x	di-p-tolueensulfonaat-ethyleenglycol	6315-52-2	x			
x	diuron	330-54-1	x			ZZS
x	endrin	72-20-8		x		ZZS
x	endosulfan (som alfa- en beta-isomeer)	115-29-7		x		ZZS
x	endosulfansulfaat	1031-07-8		x		
x	epoxiconazool	133855-98-8	x			ZZS
x	fluoride	16984-48-8		x		
x	farnesol	4602-84-0	x			
x	fenantreen	85-01-8	x	x		ZZS
x	fenuron	101-42-8	x			
x	fluoreen	86-73-7	x	x		ZZS
x	fluorantheen	206-44-0	x	x		ZZS
x	2,3,3,3-tetrafluor-2-(heptafluorpropoxy)propion	13252-13-6		x		ZZS
x	glufosinaat	51276-47-2	x			
x	glufosinaat-ammonium	77182-82-2	x			ZZS
x	hexachloorbenzeen	118-74-1	x	x		ZZS
x	waterstoffluoride	7664-39-3		x		
x	heptachloor	76-44-8		x		ZZS
x	4-hydroxy-2,5,6-trichloorisoflotalonitri	28343-61-5		x		
x	hexachloorbutadieen	87-68-3		x		ZZS
x	isodrin	465-73-6		x		ZZS
x	indol	120-72-9	x	x		
x	indeno(1,2,3-cd)pyreen	193-39-5	x	x		ZZS
x	perfluor-1-decaansulfonaat (lineair)	335-77-3	x	x		
x	perfluor-1-heptaansulfonaat (lineair)	375-92-8	x	x		
x	levetiracetam	102767-28-2	x			
x	limoneen	138-86-3	x			
x	linuron	330-55-2	x			ZZS
x	mepiquat	15302-91-7	x			
x	metobromuron	3060-89-7	x			
x	metoxuron	19937-59-8	x			
x	monolinuron	1746-81-2	x			
x	monuron	150-68-5	x			
x	naftaleen	91-20-3	x	x		ZZS
x	N-fenylformamide	103-70-8	x			
x	N,N,4-trimethylaniline	99-97-8	x			
x	N,N-dibutylformamide	761-65-9	x			
x	nonylfenolmonoethoxyla	9016-45-9			x	ZZS

eff> RG	NAAM	CASNUMMER	CMR	PBT	ED	(p)ZZS
x	nonylfenoldiethoxylaar	27176-93-8			x	
x	o-cresol	95-48-7		x		
x	paracetamol	103-90-2	x			
x	3,3',4,4',5,5'-hexabroombifenyl	60044-26-0		x		
x	2,2',4,4',6-pentabroomdifenylether	189084-64-8	x	x		
x	2,2',3,4,4',5'-hexabroomdifenylether	182677-30-1	x	x		
x	2,2',4,4',5,5'-hexabroomdifenylether	68631-49-2	x	x		ZZS
x	2,2',4,4',5,6'-hexabroomdifenylether	207122-15-4	x	x		ZZS
x	2,2',3,4,4',5,6'-heptabroomdifenylether	207122-16-5	x	x		ZZS
x	2,2',3,3',4',5,5',6'-Nonabromodiphenyl ether	63387-28-0	x	x		
x	2,2',3,3',4,4',5,5',6,6'-Nonabromodiphenyl ether	437701-79-6	x	x		
x	2,2',3,3',4,5,5',6,6'-Nonabromodiphenyl ether	437701-78-5	x	x		
x	2,2',3,3',4,4',5,5',6,6'-decabroomdiphenylether	1163-19-5	x	x		ZZS
x	2,4,4'-tribroomdifenylether	41318-75-6	x	x		
x	2,2',4,4'-tetrabroomdifenylether	5436-43-1	x	x		ZZS
x	2,3,4,4'-tetrabroomdifenylether	189084-61-5	x	x		
x	2,3,4',6-tetrabroomdifenylether	189084-62-6	x	x		
x	2,4,4',6-tetrabroomdifenylether	189084-63-7	x	x		
x	2,2',3,4,4',5-pentabroomdifenylether	182346-21-0	x	x		
x	2,2',4,4',5-pentabroomdifenylether	60348-60-9	x	x		ZZS
x	2,2',4,5,5'-pentachloorbifenyl	37680-73-2	x	x		ZZS
x	2,3',4,4',5-pentachloorbifenyl	31508-00-6	x	x		ZZS
x	2,2',3,4,4',5'-hexachloorbifenyl	35065-28-2	x	x		ZZS
x	2,2',4,4',5,5'-hexachloorbifenyl	35065-27-1	x	x		ZZS
x	2,2',3,4,4',5,5'-heptachloorbifenyl	35065-29-3	x	x		ZZS
x	2,4,4'-trichloorbifenyl	7012-37-5	x	x		ZZS
x	2,2',5,5'-tetrachloorbifenyl	35693-99-3	x	x		ZZS
x	1,2,3,7,8-pentachloor-dibenzo-p-dioxine	40321-76-4		x		ZZS
x	1,2,3,4,7,8-hexachloor-dibenzo-p-dioxine	39227-28-6		x		ZZS
x	1,2,3,6,7,8-hexachloor-dibenzo-p-dioxine	57653-85-7		x		ZZS
x	1,2,3,7,8,9-hexachloor-dibenzo-p-dioxine	19408-74-3		x		ZZS
x	1,2,3,4,6,7,8-heptachloor-dibenzo-p-dioxine	35822-46-9		x		ZZS
x	1,2,3,4,6,7,8,9-octachloor-dibenzo-p-dioxine	3268-87-9		x		ZZS
x	1,2,3,4,7,8-hexachloor-dibenzofuraan	70648-26-9		x		ZZS
x	1,2,3,6,7,8-hexachloor-dibenzofuraan	57117-44-9		x		ZZS
x	1,2,3,7,8,9-hexachloor-dibenzofuraan	72918-21-9		x		ZZS
x	2,3,4,6,7,8-hexachloor-dibenzofuraan	60851-34-5		x		ZZS
x	1,2,3,4,6,7,8-heptachloor-dibenzofuraan	67562-39-4		x		ZZS
x	1,2,3,4,7,8,9-heptachloor-dibenzofuraan	55673-89-7		x		ZZS
x	1,2,3,4,6,7,8,9-octachloor-dibenzofuraan	39001-02-0		x		ZZS
x	2,3,7,8-tetrachloor-dibenzofuraan	51207-31-9		x		ZZS
x	1,2,3,7,8-pentachloor-dibenzofuraan	57117-41-6		x		ZZS
x	pentachloorbenzeen	608-93-5	x	x		ZZS
x	pentachloorfenol	87-86-5		x		ZZS
x	perfluorbutaanzuur	375-22-4	x	x		pZZS
x	perfluordecaanzuur	335-76-2	x	x		ZZS
x	perfluordodecaanzuur	307-55-1	x	x		ZZS
x	perfluorheptaanzuur	375-85-9	x	x		ZZS
x	perfluorhexaanzuur	307-24-4	x	x		pZZS
x	perfluornonaanzuur	375-95-1	x	x		ZZS
x	perfluorocetaanzuur	335-67-1	x	x		ZZS
x	perfluoroctaansulfonaat	1763-23-1	x	x		ZZS
x	perfluorpentaanzuur	2706-90-3	x	x		
x	perfluortetradecaanzuur	376-06-7	x	x		ZZS
x	perfluorundecaanzuur	2058-94-8	x	x		ZZS
x	propachloor	1918-16-7	x			
x	pyreen	129-00-0	x	x		ZZS
x	som hexachloorcyclohexaan-isomeren	608-73-1		x		ZZS
x	styreen	100-42-5	x	x		
x	tri(2-chloorethyl)fosfaat	115-96-8	x			ZZS
x	tetrabroombisfenol A	79-94-7	x	x		ZZS
x	tetrachloortheen (per)	127-18-4		x		
x	tetrahydrofuraan	109-99-9	x			
x	triadimenol	55219-65-3	x			ZZS
x	triallyat	2303-17-5	x			
x	tamoxifen	10540-29-1	x			
x	tetrabroombifenol dimethyl	37853-61-5		x		
x	trimethylhydrazine	1741-01-1	x			
x	triethylfosfaat	78-40-0	x			
x	tributyltin (kation)	36643-28-4	x			ZZS
x	trichloormethaan (chloroform)	67-66-3		x		
x	trichloortheen (tri)	79-01-6	x	x		ZZS
x	trichloorpropylfosfaat	13674-84-5	x			pZZS
x	trichloorazijnzuur	76-03-9		x		
x	triclosan	3380-34-5		x		pZZS
x	tetraethyleenglycoldimethylether	143-24-8	x			ZZS
x	telodrin	297-78-9		x		
x	trifluorazijnzuur	76-05-1		x		
x	triflumizool	68694-11-1	x			ZZS
x	trifenyfosfaat	115-86-6	x			pZZS
x	thiacloprid	111988-49-9	x			ZZS
x	trans-heptachloor-epoxide	28044-83-9		x		
x	triisobutylfosfaat	126-71-6	x			
x	tolueen	108-88-3	x	x		
x	tris(2-chloor-1-(chloormethyl)ethyl)fosfaat	13674-87-8	x			pZZS
x	vinclozolin	50471-44-8	x			ZZS

eff > RG	NAAM	CASNUMMER	CMR	PBT	ED	(p)ZZS
x	2-fenoxy-1-propanol	4169-04-4	x			
x	2-fenoxyethanol	122-99-6	x		x	
x	2-(perfluorhexyl)ethaan-1-sulfonzuur	27619-97-2	x			
x	3,4,5-trichloorfenol	609-19-8		x		
x	3,4-dichloorbenzeencarbonzuur	51-44-5	x			
x	3,4-dichloorfenol	95-77-2	x	x		
x	3-methoxy-2-butanol	53778-72-6	x			
x	3-ethylfenol	620-17-7	x		x	
x	3-ethyltolueen	620-14-4	x			
x	4,4'-dichloordifenyldichloorethaan	72-54-8		x		
x	4,4'-dichloordifenyldichlooretheen	72-55-9		x		
x	4,4'-dichloordifenyiltrichloorethaan	50-29-3		x		ZZS
x	4-methoxybenzaldehyde	123-11-5	x			
x	4-ethyltolueen	622-96-8	x			
x	4-nonylfenol	104-40-5	x		x	ZZS
x	4-chloorfenol	106-48-9	x	x		
x	4-nitrodimeethylaniline	100-23-2	x			
x	4-nitrofenol	100-02-7	x			
x	4-tertiair-octylfenol	140-66-9	x		x	ZZS
x	acridine	260-94-6	x	x		ZZS
x	acenafteen	83-32-9	x	x		ZZS
x	acenaftyleen	208-96-8		x		ZZS
x	alfa-endosulfan	959-98-8		x		ZZS
x	alfa-hexachloorcyclohexaan	319-84-6		x		ZZS
x	aldrin	309-00-2		x		ZZS
x	aniline	62-53-3	x			
x	antraceen	120-12-7	x	x		ZZS
x	benzo(a)antraceen	56-55-3	x	x		ZZS
x	benzo(a)pyreen	50-32-8	x	x		ZZS
x	benzo(b)fluorantheen	205-99-2	x	x		ZZS
x	beta-endosulfan	33213-65-9		x		ZZS
x	benzeen	71-43-2	x	x		ZZS
x	benzylbutylftalaat	85-68-7	x		x	ZZS
x	benzoezuur	65-85-0	x			
x	benzo(ghi)peryleen	191-24-2	x	x		ZZS
x	beta-hexachloorcyclohexaan	319-85-7		x		ZZS
x	butylhydroxytolueen (BHT)	128-37-0	x			
x	bifenylyl	92-52-4	x	x		
x	bis(2-methoxyethyl)ether	111-96-6	x			ZZS
x	bisfenol-A	80-05-7	x		x	ZZS
x	bitertanol	55179-31-2	x			
x	benzo(k)fluorantheen	207-08-9	x	x		ZZS
x	bromaat	15541-45-4	x			
x	bromadiolon	28772-56-7	x			ZZS
x	broomoxynil	1689-84-5		x		
x	cis-1,2-dichlooretheen	156-59-2	x	x		
x	methanal (formaldehyde)	50-00-0	x			ZZS
x	methylaniline	100-61-8	x			pZZS
x	methyl-tertiair-butylether	1634-04-4	x			pZZS
x	ethylbenzeen	100-41-4	x	x		
x	octylfenoxypropylpolyethoxyethanol	9036-19-5			x	ZZS
x	carbendazim	10605-21-7	x			ZZS
x	carbetamide	16118-49-3	x			ZZS
x	cis-chloordaen	5103-71-9		x		
x	gamma-hexachloorcyclohexaan (lindaan)	58-89-9		x		ZZS
x	cis-heptachloorepoxide	1024-57-3		x		ZZS
x	chryseen	218-01-9	x	x		ZZS
x	chloorbromuron	13360-45-7	x			
x	chloordecone	143-50-0		x		ZZS
x	chloortoluron	15545-48-9	x			
x	chloorxylenol	88-04-0		x		
x	cumeen	98-82-8	x	x		ZZS
x	cyproconazool	94361-06-5	x			ZZS
x	dapson	80-08-0	x			
x	dibenzo(a,h)antraceen	53-70-3	x	x		ZZS
x	dibroomchloormethaan	124-48-1		x		
x	dimethylftalaat	131-11-3	x		x	
x	diethylamine	109-89-7	x			
x	diethylftalaat	84-66-2	x		x	
x	dipropylftalaat	131-16-8	x		x	
x	dibutylftalaat	84-74-2	x		x	ZZS
x	dipentylftalaat	131-18-0	x		x	ZZS
x	dioctylftalaat	117-84-0	x		x	
x	dichlobenil	1194-65-6	x	x		
x	dicyclohexylftalaat	84-61-7	x			ZZS
x	dichloorbroommethaan	75-27-4		x		
x	dichloorazijnzuur	79-43-6		x		
x	didecyl-dimethylammoniumchloride	7173-51-5	x			
x	bis(2-ethylhexyl)ftalaat (DEHP)	117-81-7	x		x	ZZS
x	diisobutylftalaat	84-69-5	x		x	ZZS

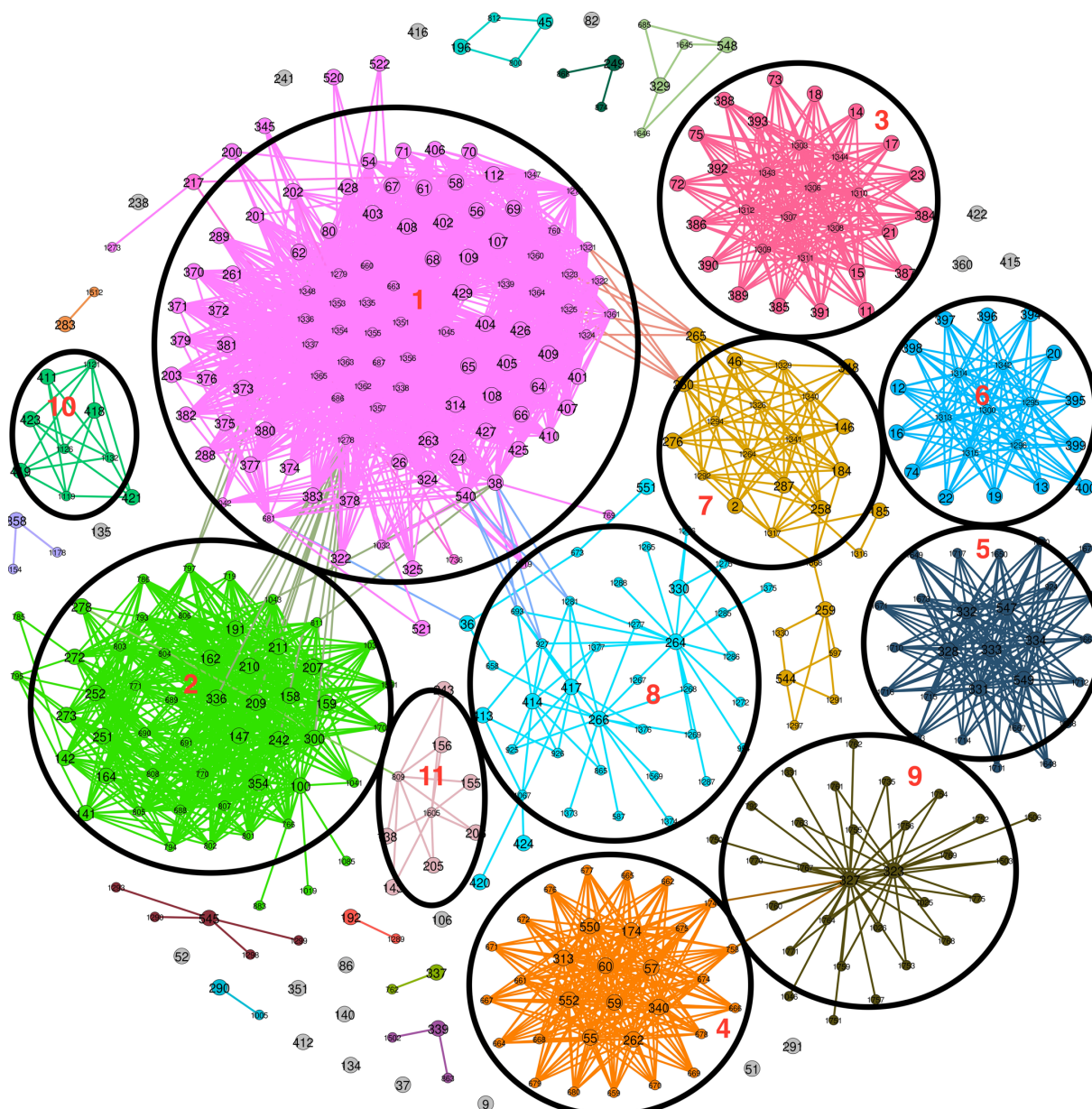
## Bijlage 2 Clusters van stoffen uit de Watson database

De figuren in deze bijlage zijn een grafische weergegeven van clusters van stoffen met vergelijkbare ZZS-eigenschappen. Het gaat om alle in de Watson database opgenomen gemeten stoffen in influent en effluent: deze stoffen zijn genalyseerd, maar niet elke stof is ook daadwerkelijk aangetroffen<sup>15</sup>. Elk bolletje in de figuur staat voor een stof. Grote bolletjes betreffen bestaande ZZS, kleine bolletjes overige stoffen. Indien een stof vergelijkbare eigenschappen heeft als een andere stof zijn ze met een lijn verbonden. Met elkaar verbonden bolletjes van dezelfde kleur betreffen clusters van stoffen met vergelijkbare eigenschappen. Grijs bolletjes behoren niet tot een cluster.



Figuur A Clustering van stoffen met zorg vanwege CMR voor stoffen in de Watson database. De kleuren geven verschillende stofgroepen aan en zijn genummerd:  
1. kleine gechloroerde en gebromeerde organische stoffen; 2. stoffen vergelijkbaar met 2-chloor-6-fluor-fenol; 3. nitrobenzenen; 4. PAK's; 5. ftalaten; 6. PFCA's; 7. PFSA's; 8. voornamelijk fenolen; 9 vluchtige gechloroerde koolwaterstoffen; 10 alkylfosfaatesters; 11 diuron en andere -uron stoffen; 12 van coumarine afgeleide stoffen; 13 vertakte aromatische verbindingen; 14 kleine koolwaterstoffen met ethoxy groep; 15 PBDE's.

<sup>15</sup> Dit was de keuze van Smit et al. (2021). Voor het doel van dit rapport zou het relevanter zijn om alleen naar in effluent aangetroffen stoffen te kijken.



Figuur B Clustering van stoffen met zorg vanwege PBT/vPvB voor stoffen in de Watson database. De kleuren geven verschillende stofgroepen aan en zijn genummerd: 1. Gehalogeneerde aromaten; 2 PAK's; 3 gechloroerde dibenzofuranen, 4. PBDE's; 5. PFCA's; 6 dioxines; 7 organochloorverbindingen; 8 gehalogeneerde alkylverbindingen; 9 chloorfenolen; 10 alkanen; 11 acridines.

### **Bijlage 3 PMT stoffen in de Watson database**

In deze bijlage worden diverse doorsnedes gepresenteerd van de vergelijking van de in effluent aangetroffen stoffen uit de Watson database met de PMT-lijst (Hartmann et al, 2022).

Onderstaande lijsten betreffen stoffen uit de Watson database die frequent in effluent zijn aangetroffen (>50% plus minimaal 5 keer gemeten). Metalen, anorganische verbindingen en stoffen die uitsluitend als geneesmiddel of gewasbeschermingsmiddel worden gebruikt zijn buiten beschouwing gelaten (de volledige lijsten, inclusief geneesmiddelen en gewasbeschermingsmiddelen, zijn als apart Excelbestand beschikbaar). Er worden in deze bijlage vier lijsten gepresenteerd, respectievelijk gesorteerd op PMT-score (d.w.z. het gemiddelde van de P-, de M- en de T-score), de P-score, de M-score en de P-score.



Name	CAS nr	n inf	% >LoQ inf	n eff	% > LoQ eff	P-score	M-score	T-score	PMT-score	Category
perfluorhexaanzuur	307-24-4	48	79,2	101	76,2	0,93	0,49	0,61	0,65	industrial chemicals
tris(2-chloor-1-(chloormethyl)ethyl)fosfaat	13674-87-8	-	-	17	64,7	0,96	0,33	0,83	0,64	industrial chemicals
1,3,5-Triazine-2,4,6-triamine (Melamine)	108-78-1	1	100,0	33	100,0	0,53	0,80	0,61	0,64	industrial chemicals
tri(2-chloorethyl)fosfaat	115-96-8	-	-	35	88,6	0,58	0,53	0,83	0,63	industrial chemicals
perfluorheptaanzuur	375-85-9	48	50,0	112	66,1	0,98	0,42	0,61	0,63	industrial chemicals
hexamethyleentetramine (Urotropine)	100-97-0	1	100,0	33	100,0	0,81	0,93	0,34	0,63	industrial chemicals
sucralose	56038-13-2	28	100,0	39	89,7	0,45	0,87	0,61	0,62	food additive
trichloorpropylfosfaat	13674-84-5	105	99,0	131	98,5	0,66	0,42	0,83	0,61	industrial chemicals
perfluorocetanezuur	335-67-1	51	100,0	151	79,5	0,99	0,36	0,61	0,60	industrial chemicals
som hexachloorcyclohexaan-isomeren	608-73-1	25	12,0	47	72,3	0,93	0,25	0,66	0,54	plant protection products / biocides
trichloorazijnzuur	76-03-9	7	100,0	11	100,0	0,36	0,68	0,62	0,54	industrial chemicals
flupronil	120068-37-3	156	78,8	341	57,5	1,00	0,20	0,74	0,53	plant protection products / biocides / pharmaceuticals
2,4,6-trichloorfenol	88-06-2	15	86,7	64	85,9	0,59	0,29	0,70	0,49	industrial chemicals / plant protection products / biocides
fenantreen	85-01-8	282	98,6	959	54,1	0,57	0,21	0,91	0,48	PAHs
triclosan	3380-34-5	107	94,4	125	96,0	0,77	0,21	0,68	0,48	biocides
2,6-dichloorfenol	87-65-0	15	80,0	68	77,9	0,36	0,40	0,72	0,47	industrial chemicals / phenols
carbendazim	10605-21-7	137	50,4	406	68,7	0,19	0,49	0,91	0,44	plant protection products / biocides
bisfenol-A	80-05-7	190	52,6	279	54,5	0,27	0,32	0,90	0,43	industrial chemicals
tetraethyleenglycoldimethylether	143-24-8	14	71,4	54	63,0	0,23	0,81	0,37	0,41	industrial chemicals
dichloorazijnzuur	79-43-6	7	71,4	11	100,0	0,11	0,72	0,82	0,40	industrial chemicals
p-tolueensulfonamide	70-55-3	-	-	13	84,6	0,19	0,58	0,57	0,39	industrial chemicals
diethyltoluamide	134-62-3	269	94,4	661	93,3	0,24	0,52	0,44	0,38	personal care products / biocides
triethylfosfaat	78-40-0	22	100,0	46	67,4	0,10	0,59	0,89	0,38	industrial chemicals
tetrabroombisfenol A	79-94-7	-	-	5	100,0	0,96	0,10	0,56	0,37	industrial chemicals
trisobutylfosfaat	126-71-6	129	66,7	160	94,4	0,18	0,33	0,82	0,36	industrial chemicals
butylhydroxytolueen (BHT)	128-37-0	107	95,3	168	96,4	0,53	0,21	0,42	0,36	personal care products / food additives / industrial chemicals
5-methyl-1H-benzotriazol	136-85-6	30	100,0	35	100,0	0,15	0,51	0,56	0,35	Industrial chemicals
methyl-1H-benzotriazol	29385-43-1	10	100,0	40	100,0	0,15	0,51	0,56	0,35	industrial chemicals
4-methyl-1H-benzotriazol	29878-31-7	30	100,0	35	100,0	0,15	0,51	0,56	0,35	Industrial chemicals
hexahydrohexamethylcyclopentabenzopyran (H)	1222-05-5	110	100,0	139	99,3	0,65	0,19	0,33	0,34	personal care products / fragrances
acetylcedreen	32388-55-9	-	-	16	62,5	0,58	0,21	0,33	0,34	personal care products / fragrances
triethylcitraat	77-93-0	-	-	13	100,0	0,16	0,73	0,34	0,34	industrial chemicals / food additives
trifenyloxyneoxide	791-28-6	124	15,3	173	70,5	0,24	0,45	0,34	0,33	industrial chemicals
saccharine	81-07-2	60	100,0	63	87,3	0,16	0,61	0,33	0,32	food additive
diisobutylftalaat	84-69-5	67	85,1	174	53,4	0,13	0,32	0,71	0,31	industrial chemicals / plasticisers / endocrine disruptors
cashmeran	33704-61-9	-	-	27	85,2	0,51	0,25	0,23	0,31	personal care products / fragrances
cholesterol	57-88-5	-	-	132	100,0	0,68	0,09	0,37	0,28	natural substances
lithium	7439-93-2	132	87,9	132	89,4	0,06	0,86	0,44	0,28	pharmaceuticals / metals
benzothiazool	95-16-9	-	-	120	87,5	0,12	0,54	0,33	0,28	industrial chemicals / food additives
cyclamaat	100-88-9	60	93,3	62	58,1	0,16	0,82	0,17	0,28	food additive
1,2,3-benzotriazol	95-14-7	204	99,5	265	100,0	0,11	0,54	0,35	0,27	industrial chemicals
2-methylthiobenzothiazool	615-22-5	-	-	18	100,0	0,16	0,38	0,33	0,27	industrial chemicals / plant protection products
2-ethylhexyldifenyfosfaat	1241-94-7	-	-	11	90,9	0,12	0,22	0,68	0,26	industrial chemicals
di-ethyleentriaminepentaazijnzuur (DTPA)	67-43-6	-	-	6	66,7	0,03	0,96	0,68	0,26	Industrial chemicals
1-fenyl-2-ethanol	60-12-8	1	100,0	6	100,0	0,08	0,62	0,34	0,26	natural substances / fragrances
methanal (formaldehyde)	50-00-0	-	-	36	100,0	0,06	0,68	0,34	0,23	industrial chemicals
nonylfenol	25154-52-3	20	85,0	94	89,4	0,09	0,17	0,79	0,23	industrial chemicals / endocrine disruptors
ethyleendiaminetetraetaanzuur (EDTA)	60-00-4	-	-	16	100,0	0,02	0,95	0,68	0,23	Industrial chemicals
butylbenzeensulfonamide	3622-84-2	-	-	13	100,0	0,08	0,44	0,33	0,22	industrial chemicals
dimethyldisulfide	624-92-0	-	-	166	75,9	0,09	0,58	0,17	0,21	other
tris(2-butoxyethyl)fosfaat	78-51-3	111	99,1	159	89,3	0,03	0,36	0,56	0,18	industrial chemicals
decaanzuur	334-48-5	-	-	111	100,0	0,02	0,43	0,14	0,10	industrial chemicals
hexadecaanzuur	57-10-3	1	100,0	110	100,0	0,04	0,19	0,14	0,10	industrial chemicals

Name	CAS nr	n inf	% >LoQ inf	n eff	% > LoQ eff	P-score	M-score	T-score	PMT-score	Category
fipronil	120068-37-3	156	78,8	341	57,5	1,00	0,20	0,74	0,53	plant protection products / biocides / pharmaceuticals
perfluorocetaanzuur	335-67-1	51	100,0	151	79,5	0,99	0,36	0,61	0,60	industrial chemicals
perfluorheptaanzuur	375-85-9	48	50,0	112	66,1	0,98	0,42	0,61	0,63	industrial chemicals
tetrabroombifenol A	79-94-7	-	-	5	100,0	0,96	0,10	0,56	0,37	industrial chemicals
tris(2-chloor-1-(chloromethyl)ethyl)fosfaat	13674-87-8	-	-	17	64,7	0,96	0,33	0,83	0,64	industrial chemicals
perfluorhexaanzuur	307-24-4	48	79,2	101	76,2	0,93	0,49	0,61	0,65	industrial chemicals
som hexachloorcyclohexaan-isomeren	608-73-1	25	12,0	47	72,3	0,93	0,25	0,66	0,54	plant protection products / biocides
hexamethyleentetramine (Urotropine)	100-97-0	1	100,0	33	100,0	0,81	0,93	0,34	0,63	industrial chemicals
triclosan	3380-34-5	107	94,4	125	96,0	0,77	0,21	0,68	0,48	biocides
cholesterol	57-88-5	-	-	132	100,0	0,68	0,09	0,37	0,28	natural substances
trichloorpropylfosfaat	13674-84-5	105	99,0	131	98,5	0,66	0,42	0,83	0,61	industrial chemicals
hexahydrohexamethylcyclopentabenzopyran (HH)	1222-05-5	110	100,0	139	99,3	0,65	0,19	0,33	0,34	personal care products / fragrances
2,4,6-trichloorfenol	88-06-2	15	86,7	64	85,9	0,59	0,29	0,70	0,49	industrial chemicals / plant protection products / biocides
tri(2-chloorethyl)fosfaat	115-96-8	-	-	35	88,6	0,58	0,53	0,83	0,63	industrial chemicals
acetylcedreen	32388-55-9	-	-	16	62,5	0,58	0,21	0,33	0,34	personal care products / fragrances
fenantreen	85-01-8	282	98,6	959	54,1	0,57	0,21	0,91	0,48	PAHs
butylhydroxytolueen (BHT)	128-37-0	107	95,3	168	96,4	0,53	0,21	0,42	0,36	personal care products / food additives / industrial chemicals
1,3,5-Triazine-2,4,6-triamine (Melamine)	108-78-1	1	100,0	33	100,0	0,53	0,80	0,61	0,64	industrial chemicals
cashmeran	33704-61-9	-	-	27	85,2	0,51	0,25	0,23	0,31	personal care products / fragrances
sucralose	56038-13-2	28	100,0	39	89,7	0,45	0,87	0,61	0,62	food additive
trichloorazijnzuur	76-03-9	7	100,0	11	100,0	0,36	0,68	0,62	0,54	industrial chemicals
2,6-dichloorfenol	87-65-0	15	80,0	68	77,9	0,36	0,40	0,72	0,47	industrial chemicals / phenols
2,4-dichloorfenol	120-83-2	10	100,0	34	70,6	0,36	0,37	0,75	0,46	plant protection products (transformation product)
bisfenol-A	80-05-7	190	52,6	279	54,5	0,27	0,32	0,90	0,43	industrial chemicals
diethyltoluamide	134-62-3	269	94,4	661	93,3	0,24	0,52	0,44	0,38	personal care products / biocides
trifenyfosfineoxide	791-28-6	124	15,3	173	70,5	0,24	0,45	0,34	0,33	industrial chemicals
tetraethyleenglycol dimethylether	143-24-8	14	71,4	54	63,0	0,23	0,81	0,37	0,41	industrial chemicals
carbendazim	10605-21-7	137	50,4	406	68,7	0,19	0,49	0,91	0,44	plant protection products / biocides
p-tolueensulfonamide	70-55-3	-	-	13	84,6	0,19	0,58	0,57	0,39	industrial chemicals
triisobutylfosfaat	126-71-6	129	66,7	160	94,4	0,18	0,33	0,82	0,36	industrial chemicals
saccharine	81-07-2	60	100,0	63	87,3	0,16	0,61	0,33	0,32	food additive
triethylcitraat	77-93-0	-	-	13	100,0	0,16	0,73	0,34	0,34	industrial chemicals / food additives
2-methylthiobenzothiazool	615-22-5	-	-	18	100,0	0,16	0,38	0,33	0,27	industrial chemicals / plant protection products
cyclamaat	100-88-9	60	93,3	62	58,1	0,16	0,82	0,17	0,28	food additive
methyl-1H-benzotriazool	29385-43-1	10	100,0	40	100,0	0,15	0,51	0,56	0,35	industrial chemicals
5-methyl-1H-benzotriazool	136-85-6	30	100,0	35	100,0	0,15	0,51	0,56	0,35	industrial chemicals
4-methyl-1H-benzotriazool	29878-31-7	30	100,0	35	100,0	0,15	0,51	0,56	0,35	industrial chemicals
diisobutylftalaat	84-69-5	67	85,1	174	53,4	0,13	0,32	0,71	0,31	industrial chemicals / plasticisers / endocrine disruptors
2-ethylhexyldifenylfosfaat	1241-94-7	-	-	11	90,9	0,12	0,22	0,68	0,26	industrial chemicals
benzothiazool	95-16-9	-	-	120	87,5	0,12	0,54	0,33	0,28	industrial chemicals / food additives
dichloorazijnzuur	79-43-6	7	71,4	11	100,0	0,11	0,72	0,82	0,40	industrial chemicals
1,2,3-benzotriazool	95-14-7	204	99,5	265	100,0	0,11	0,54	0,35	0,27	industrial chemicals
triethylfosfaat	78-40-0	22	100,0	46	67,4	0,10	0,59	0,89	0,38	industrial chemicals
dimethyldisulfide	624-92-0	-	-	166	75,9	0,09	0,58	0,17	0,21	other
nonylfenol	25154-52-3	20	85,0	94	89,4	0,09	0,17	0,79	0,23	industrial chemicals / endocrine disruptors
1-fenyl-2-ethanol	60-12-8	1	100,0	6	100,0	0,08	0,62	0,34	0,26	natural substances / fragrances
butylbenzeensulfonamide	3622-84-2	-	-	13	100,0	0,08	0,44	0,33	0,22	industrial chemicals
methanal (formaldehyde)	50-00-0	-	-	36	100,0	0,06	0,68	0,34	0,23	industrial chemicals
hexadecaanzuur	57-10-3	1	100,0	110	100,0	0,04	0,19	0,14	0,10	industrial chemicals
tris(2-butoxyethyl)fosfaat	78-51-3	111	99,1	159	89,3	0,03	0,36	0,56	0,18	industrial chemicals
di-ethyleentriaminopentaazijnzuur (DTPA)	67-43-6	-	-	6	66,7	0,03	0,96	0,68	0,26	industrial chemicals
decaanzuur	334-48-5	-	-	111	100,0	0,02	0,43	0,14	0,10	industrial chemicals
ethyleendiaminetetraethaanzuur (EDTA)	60-00-4	-	-	16	100,0	0,02	0,95	0,68	0,23	industrial chemicals

Name	CAS nr	n inf	% >LoQ inf	n eff	% >LoQ eff	P-score	M-score	T-score	PMT-score	Category
di-ethyleentriaminopentaazijnzuur (DTPA)	67-43-6	-	-	6	66,7	0,03	0,96	0,68	0,26	Industrial chemicals
ethyleendiaminetetraethaan-1,2,3,4-tetraazijnzuur (EDTA)	60-00-4	-	-	16	100,0	0,02	0,95	0,68	0,23	Industrial chemicals
hexamethyleentetramine (Urotropine)	100-97-0	1	100,0	33	100,0	0,81	0,93	0,34	0,63	Industrial chemicals
sucralose	56038-13-2	28	100,0	39	89,7	0,45	0,87	0,61	0,62	Food additive
cyclamaat	100-88-9	60	93,3	62	58,1	0,16	0,82	0,17	0,28	Food additive
tetraethyleenglycoldimethylether	143-24-8	14	71,4	54	63,0	0,23	0,81	0,37	0,41	Industrial chemicals
1,3,5-Triazine-2,4,6-triamine (Melamine)	108-78-1	1	100,0	33	100,0	0,53	0,80	0,61	0,64	Industrial chemicals
triethylcitraat	77-93-0	-	-	13	100,0	0,16	0,73	0,34	0,34	Industrial chemicals / food additives
dichloorazijnzuur	79-43-6	7	71,4	11	100,0	0,11	0,72	0,82	0,40	Industrial chemicals
methanal (formaldehyde)	50-00-0	-	-	36	100,0	0,06	0,68	0,34	0,23	Industrial chemicals
trichloorazijnzuur	76-03-9	7	100,0	11	100,0	0,36	0,68	0,62	0,54	Industrial chemicals
1-fenyl-2-ethanol	60-12-8	1	100,0	6	100,0	0,08	0,62	0,34	0,26	Natural substances / fragrances
saccharine	81-07-2	60	100,0	63	87,3	0,16	0,61	0,33	0,32	Food additive
triethylfosfaat	78-40-0	22	100,0	46	67,4	0,10	0,59	0,89	0,38	Industrial chemicals
imidacloprid	138261-41-3	225	65,3	437	87,9	0,58	0,58	0,33	0,48	Plant protection products / pharmaceuticals / biocides
dimethyldisulfide	624-92-0	-	-	166	75,9	0,09	0,58	0,17	0,21	Other
p-toluensulfonamide	70-55-3	-	-	13	84,6	0,19	0,58	0,57	0,39	Industrial chemicals
benzothiazool	95-16-9	-	-	120	87,5	0,12	0,54	0,33	0,28	Industrial chemicals / food additives
1,2,3-benzotriazool	95-14-7	204	99,5	265	100,0	0,11	0,54	0,35	0,27	Industrial chemicals
tri(2-chloorethyl)fosfaat	115-96-8	-	-	35	88,6	0,58	0,53	0,83	0,63	Industrial chemicals
diethyltoluamide	134-62-3	269	94,4	661	93,3	0,24	0,52	0,44	0,38	Personal care products / biocides
methyl-1H-benzotriazool	29385-43-1	10	100,0	40	100,0	0,15	0,51	0,56	0,35	Industrial chemicals
5-methyl-1H-benzotriazool	136-85-6	30	100,0	35	100,0	0,15	0,51	0,56	0,35	Industrial chemicals
4-methyl-1H-benzotriazool	29878-31-7	30	100,0	35	100,0	0,15	0,51	0,56	0,35	Industrial chemicals
perfluorhexaanzuur	307-24-4	48	79,2	101	76,2	0,93	0,49	0,61	0,65	Industrial chemicals
carbendazim	10605-21-7	137	50,4	406	68,7	0,19	0,49	0,91	0,44	Plant protection products / biocides
trifenyfosfineoxide	791-28-6	124	15,3	173	70,5	0,24	0,45	0,34	0,33	Industrial chemicals
diuron	330-54-1	257	26,1	1025	65,7	0,53	0,44	0,85	0,58	Plant protection products / biocides
butylbenzeensulfonamide	3622-84-2	-	-	13	100,0	0,08	0,44	0,33	0,22	Industrial chemicals
decaanzuur	334-48-5	-	-	111	100,0	0,02	0,43	0,14	0,10	Industrial chemicals
perfluorheptaanzuur	375-85-9	48	50,0	112	66,1	0,98	0,42	0,61	0,63	Industrial chemicals
trichloorpropylfosfaat	13674-84-5	105	99,0	131	98,5	0,66	0,42	0,83	0,61	Industrial chemicals
2,6-dichloorfenol	87-65-0	15	80,0	68	77,9	0,36	0,40	0,72	0,47	Industrial chemicals / phenols
2-methylthiobenzothiazool	615-22-5	-	-	18	100,0	0,16	0,38	0,33	0,27	Industrial chemicals / plant protection products
2,4-dichloorfenol	120-83-2	10	100,0	34	70,6	0,36	0,37	0,75	0,46	Plant protection products (transformation product)
perfluorocetaanzuur	335-67-1	51	100,0	151	79,5	0,99	0,36	0,61	0,60	Industrial chemicals
tris(2-butoxyethyl)fosfaat	78-51-3	111	99,1	159	89,3	0,03	0,36	0,56	0,18	Industrial chemicals
triisobutylfosfaat	126-71-6	129	66,7	160	94,4	0,18	0,33	0,82	0,36	Industrial chemicals
tris(2-chloor-1-(chloormethyl)ethyl)fosfaat	13674-87-8	-	-	17	64,7	0,96	0,33	0,83	0,64	Industrial chemicals
diisobutylfalaat	84-69-5	67	85,1	174	53,4	0,13	0,32	0,71	0,31	Industrial chemicals / plasticisers / endocrine disruptors
bisfenol-A	80-05-7	190	52,6	279	54,5	0,27	0,32	0,90	0,43	Industrial chemicals
2,4,6-trichloorfenol	88-06-2	15	86,7	64	85,9	0,59	0,29	0,70	0,49	Plant protection products / biocides
som hexachloorcyclohexaan-isomeren	608-73-1	25	12,0	47	72,3	0,93	0,25	0,66	0,54	Plant protection products / biocides
cashmeran	33704-61-9	-	-	27	85,2	0,51	0,25	0,23	0,31	Personal care products / fragrances
2-ethylhexyldifenylfosfaat	1241-94-7	-	-	11	90,9	0,12	0,22	0,68	0,26	Industrial chemicals
fenantreen	85-01-8	282	98,6	959	54,1	0,57	0,21	0,91	0,48	PAHs
acetylcedreen	32388-55-9	-	-	16	62,5	0,58	0,21	0,33	0,34	Personal care products / fragrances
butylhydroxytolueen (BHT)	128-37-0	107	95,3	168	96,4	0,53	0,21	0,42	0,36	Personal care products / food additives / industrial chemicals
triclosan	3380-34-5	107	94,4	125	96,0	0,77	0,21	0,68	0,48	Biocides
fipronil	120068-37-3	156	78,8	341	57,5	1,00	0,20	0,74	0,53	Plant protection products / biocides / pharmaceuticals
hexahydrohexamethylcyclopentabenzopyran (HHCB)	1222-05-5	110	100,0	139	99,3	0,65	0,19	0,33	0,34	Personal care products / fragrances
hexadecaanzuur	57-10-3	1	100,0	110	100,0	0,04	0,19	0,14	0,10	Industrial chemicals
nonylfenol	25154-52-3	20	85,0	94	89,4	0,09	0,17	0,79	0,23	Industrial chemicals / endocrine disruptors
tetrabroombisfenol A	79-94-7	-	-	5	100,0	0,96	0,10	0,56	0,37	Industrial chemicals
cholesterol	57-88-5	-	-	132	100,0	0,68	0,09	0,37	0,28	Natural substances

Name	CAS nr	n inf	% >LoQ inf	n eff	% >LoQ eff	P-score	M-score	T-score	PMT-score	Category
fenantreen	85-01-8	282	98,6	959	54,1	0,57	0,21	0,91	0,48	PAHs
carbendazim	10605-21-7	137	50,4	406	68,7	0,19	0,49	0,91	0,44	plant protection products / biocides
bisfenol-A	80-05-7	190	52,6	279	54,5	0,27	0,32	0,90	0,43	industrial chemicals
triethylfosfaat	78-40-0	22	100,0	46	67,4	0,10	0,59	0,89	0,38	industrial chemicals
diuron	330-54-1	257	26,1	1025	65,7	0,53	0,44	0,85	0,58	plant protection products / biocides
tris(2-chloor-1-(chloormethyl)ethyl)fosfaat	13674-87-8	-	-	17	64,7	0,96	0,33	0,83	0,64	industrial chemicals
trichloorpropylfosfaat	13674-84-5	105	99,0	131	98,5	0,66	0,42	0,83	0,61	industrial chemicals
tri(2-chloorethyl)fosfaat	115-96-8	-	-	35	88,6	0,58	0,53	0,83	0,63	industrial chemicals
dichloorazijnzuur	79-43-6	7	71,4	11	100,0	0,11	0,72	0,82	0,40	industrial chemicals
triisobutylfosfaat	126-71-6	129	66,7	160	94,4	0,18	0,33	0,82	0,36	industrial chemicals
nonylfenol	25154-52-3	20	85,0	94	89,4	0,09	0,17	0,79	0,23	industrial chemicals / endocrine disruptors
2,4-dichloorfenol	120-83-2	10	100,0	34	70,6	0,36	0,37	0,75	0,46	plant protection products (transformation product)
fipronil	120068-37-3	156	78,8	341	57,5	1,00	0,20	0,74	0,53	plant protection products / biocides / pharmaceuticals
2,6-dichloorfenol	87-65-0	15	80,0	68	77,9	0,36	0,40	0,72	0,47	industrial chemicals / phenols
diisobutylfalaat	84-69-5	67	85,1	174	53,4	0,13	0,32	0,71	0,31	industrial chemicals / plasticisers / endocrine disruptors
2,4,6-trichloorfenol	88-06-2	15	86,7	64	85,9	0,59	0,29	0,70	0,49	plant protection products / biocides
ethyleendiaminetetraethaanzuur (EDTA)	60-00-4	-	-	16	100,0	0,02	0,95	0,68	0,23	Industrial chemicals
di-ethyleentriaminepentaazijnzuur (DTPA)	67-43-6	-	-	6	66,7	0,03	0,96	0,68	0,26	Industrial chemicals
2-ethylhexyldifenylfosfaat	1241-94-7	-	-	11	90,9	0,12	0,22	0,68	0,26	industrial chemicals
triclosan	3380-34-5	107	94,4	125	96,0	0,77	0,21	0,68	0,48	biocides
som hexachloorcyclohexaan-isomeren	608-73-1	25	12,0	47	72,3	0,93	0,25	0,66	0,54	plant protection products / biocides
trichloorazijnzuur	76-03-9	7	100,0	11	100,0	0,36	0,68	0,62	0,54	industrial chemicals
perfluorocetaanzuur	335-67-1	51	100,0	151	79,5	0,99	0,36	0,61	0,60	industrial chemicals
perfluorheptaanzuur	375-85-9	48	50,0	112	66,1	0,98	0,42	0,61	0,63	industrial chemicals
perfluorhexaanzuur	307-24-4	48	79,2	101	76,2	0,93	0,49	0,61	0,65	industrial chemicals
1,3,5-Triazine-2,4,6-triamine (Melamine)	108-78-1	1	100,0	33	100,0	0,53	0,80	0,61	0,64	industrial chemicals
sucralose	56038-13-2	28	100,0	39	89,7	0,45	0,87	0,61	0,62	food additive
p-toluensulfonamide	70-55-3	-	-	13	84,6	0,19	0,58	0,57	0,39	industrial chemicals
tris(2-butoxyethyl)fosfaat	78-51-3	111	99,1	159	89,3	0,03	0,36	0,56	0,18	industrial chemicals
5-methyl-1H-benzotriazol	136-85-6	30	100,0	35	100,0	0,15	0,51	0,56	0,35	industrial chemicals
methyl-1H-benzotriazol	29385-43-1	10	100,0	40	100,0	0,15	0,51	0,56	0,35	industrial chemicals
4-methyl-1H-benzotriazol	29878-31-7	30	100,0	35	100,0	0,15	0,51	0,56	0,35	industrial chemicals
tetrabroombisfenol A	79-94-7	-	-	5	100,0	0,96	0,10	0,56	0,37	industrial chemicals
diethyltoluamide	134-62-3	269	94,4	661	93,3	0,24	0,52	0,44	0,38	personal care products / biocides
butylhydroxytolueen (BHT)	128-37-0	107	95,3	168	96,4	0,53	0,21	0,42	0,36	personal care products / food additives / industrial chemicals
tetraethyleenglycoldimethylether	143-24-8	14	71,4	54	63,0	0,23	0,81	0,37	0,41	industrial chemicals
cholesterol	57-88-5	-	-	132	100,0	0,68	0,09	0,37	0,28	natural substances
1,2,3-benzotriazol	95-14-7	204	99,5	265	100,0	0,11	0,54	0,35	0,27	industrial chemicals
1-fenyl-2-ethanol	60-12-8	1	100,0	6	100,0	0,08	0,62	0,34	0,26	natural substances / fragrances
trifenyfosfineoxide	791-28-6	124	15,3	173	70,5	0,24	0,45	0,34	0,33	industrial chemicals
hexamethyleentetramine (Urotropine)	100-97-0	1	100,0	33	100,0	0,81	0,93	0,34	0,63	industrial chemicals
methanal (formaldehyde)	50-00-0	-	-	36	100,0	0,06	0,68	0,34	0,23	industrial chemicals
triethylcitraat	77-93-0	-	-	13	100,0	0,16	0,73	0,34	0,34	industrial chemicals / food additives
acetylcedreen	32388-55-9	-	-	16	62,5	0,58	0,21	0,33	0,34	personal care products / fragrances
benzothiazool	95-16-9	-	-	120	87,5	0,12	0,54	0,33	0,28	industrial chemicals / food additives
butylbenzeensulfonamide	3622-84-2	-	-	13	100,0	0,08	0,44	0,33	0,22	industrial chemicals
2-methylthiobenzothiazool	615-22-5	-	-	18	100,0	0,16	0,38	0,33	0,27	industrial chemicals / plant protection products
imidacloprid	138261-41-3	225	65,3	437	87,9	0,58	0,58	0,33	0,48	plant protection products / pharmaceuticals / biocides
saccharine	81-07-2	60	100,0	63	87,3	0,16	0,61	0,33	0,32	food additive
hexahydrohexamethylcyclopentabenzopyran (HH)	1222-05-5	110	100,0	139	99,3	0,65	0,19	0,33	0,34	personal care products / fragrances
cashmeran	33704-61-9	-	-	27	85,2	0,51	0,25	0,23	0,31	personal care products / fragrances
cyclamaat	100-88-9	60	93,3	62	58,1	0,16	0,82	0,17	0,28	food additive
dimethyldisulfide	624-92-0	-	-	166	75,9	0,09	0,58	0,17	0,21	other
decaanzuur	334-48-5	-	-	111	100,0	0,02	0,43	0,14	0,10	industrial chemicals
hexadecaanzuur	57-10-3	1	100,0	110	100,0	0,04	0,19	0,14	0,10	industrial chemicals

## Bijlage 4 Brede screening effluenten waterschap Limburg en waterschap Aa en Maas

Samenvatting van de beoordeling van de resultaten van de brede screening van 57 effluenten door waterschap Limburg en waterschap Aa en Maas (overgenomen uit Postma, 2021). Zie tekst in paragraaf 3.1.3 voor nadere toelichting.

De eerste tabel geeft de samenvatting voor alle in effluent aangetroffen stoffen. Er wordt onderscheid gemaakt naar stoffen die met zekerheid konden worden vastgesteld ('gekalibreerd'), stoffen die voldoende betrouwbaar konden worden geïdentificeerd ('screening') en stoffen waarvoor de identificatie indicatief is ('indicatief'). Achter iedere stof is met een nummer aangeduid in hoeveel van de 57 monsters de stof is aangetroffen. Voor de gekalibreerde stoffen is ook aangegeven in hoeveel van deze monsters werd voldaan aan het gestelde criterium. Voor de stoffen uit de screening zijn alleen de 20 stoffen met de hoogste rangnummers opgenomen. Voor de indicatief aangetroffen stoffen geldt dit voor de hoogste 10.

De tweede tabel zoomt in op de stoffen anders dan die uitsluitend als geneesmiddel of gewasbeschermingsmiddel worden gebruikt (overgenomen uit Postma (2021) en gefilterd op de stoffen die de focus binnen dit rapport vormen). Het betreft hier stoffen die voldoende betrouwbaar konden worden geïdentificeerd ('screening'). Het risico is gebaseerd op basis van het aantal monsters waarin de stof is aangetroffen, de gemiddelde concentratie en de maximale concentratie, waarbij de concentraties zijn gedeeld door de effectconcentratie (PNEC-waarde of normwaarde). Omdat de concentratiebepaling semi-kwantitatief is geeft de absolute waarde van de concentratie gedeeld door de effectconcentratie in absolute zin geen betekenis (d.w.z. >1 duidt niet automatisch op ecologische risico's). Daarom zijn de locaties onderling gerankt. De eindranking wordt bepaald door de som van de drie afzonderlijke rankings. De kleuren oranje, donkergeel en lichtgeel geven de top 20 weer voor respectievelijk de eindranking, de ranking op basis van het gemiddelde en de ranking op basis van het maximum. Stoffen die roze zijn weergegeven betreffen een (p)ZZS. Stoffen die grijs zijn weergegeven hebben een bioconcentratiefactor groter dan 100 én een octanol-water partiticoëfficiënt groter dan 3: deze stoffen leiden mogelijk tot indirecte risico's als gevolg van bioaccumulatie in de voedselketen.

In de derde tabel worden stoffen die als geneesmiddel en/of drug worden gebruikt apart weergegeven. Ook hier betreft het stoffen die voldoende betrouwbaar konden worden geïdentificeerd ('screening'). In veel gevallen gaat het om geneesmiddelen binnen de groep van opioïde pijnstillers (d.w.z. sterke pijnstillers zoals morfine) die als drug worden misbruikt.

Betrouwbaarheid van risico	Hoogte van risico							
	Aantal monsters waarbij ....				ZZS	pZZS	BCF>100 én LogKow>3	
Gekalibreerd	concentratie >1				0,1 < concentratie < 1			
	JG-MKE	prosulfocarb (1 van 11)						
MTR, PNEC, indicatief	clindamycine (15 van 42)				gabapentine (49 van 50)		tris(2-chloorethyl)fosfaat (51)	
	dimethomorf (1 van 15)							
Screening	20 hoogste rangnummers op basis van .....				ZZS	pZZS	BCF>100 én LogKow>3	
	n+gem+max				gem	max		
JG-MKE	carbamazepine (57)			diazinon (8)	metribuzin (15)	carbendazim of benomyl (48)		fluopyram (28)
	imidacloprid (50)			propoxur (5)		epoxiconazol (9)		tebuconazol (9)
MTR, PNEC, indicatief	diuron (50)			fluoxastrobine (4)		pentachloorfenol (7)		difenoconazol (5)
	terbutryn (43)			pyrethrine (2)		linuron (6)		
MTR, PNEC, indicatief	azoxystrobine (24)							
	thiacloprid (23)							
MTR, PNEC, indicatief	4-en/of 5-methyl-1H-benzotriazole (57)			ibuprofen (11)		tetraglyme (25)		clozapine (29)
	benzotriazol (57)			aminocarb (9)		triglyme (3)		methadon (16)
MTR, PNEC, indicatief	metoprolol (57)			nicotine (3)		propiconazol (1)		amitriptyline (7)
	propranolol (57)			fensultofthion (2)		4,4'-sulfonyldifenol (6)		isopyrazam (5)
MTR, PNEC, indicatief	sulfapyridine (57)			bendiocarb (1)				clethodim (1)
	tramadol (57)							dodemorf (1)
MTR, PNEC, indicatief	venlafaxine (57)							fenpropimorf (1)
	diethyltoluamide (56)							fluoxetine (1)
MTR, PNEC, indicatief	sulfamethoxazol (51)							prochloraz (1)
	fipronil (50)							sertraline (1)
MTR, PNEC, indicatief	diclofenac (48)							
	azitromycine (38)							
MTR, PNEC, indicatief	piperonyl-butoxide (31)							
	mycofenolinezuur (24)							
Modellschatting							EDDP (47) <sup>1</sup>	
							solifenacin (6)	
Modellschatting							3,5,6-Trichloro-2-pyridinol (4)	
							nortriptyline (3)	
Modellschatting							verapamil (17)	
							xylometazoline (3)	
Modellschatting							phenprocoumon (15)	
							halofenozide (1)	
Modellschatting							clomipramine (7)	
Indicatief	10 hoogste rangnummers op basis van .....				ZZS	pZZS	BCF>100 én LogKow>3	
	n+gem+max				gem	max <sup>2</sup>		
JG-MKE	aldicarb-sulfoxide (1)							
	fenylefrine (5)			warfarine (1)		bis(2-methoxyethyl)ether (1)		
MTR, PNEC, indicatief	N,N-dimethylaniline (3)			tricyclazool (1)				
	dikegulac (2)			phentermine (1)				
MTR, PNEC, indicatief	fenobucarb (1)							
	iprodon (1)							
Modellschatting	3-keto-carbofuran (5)							dosulepin (1)
	P-hydroxyamphetamine (3)							
Modellschatting	Alpha-methyltryptamine (3)							
	aceclidine (2)							

ook een pZZS

ook een stof met BCF>100 en logKow>3

overschrijdt risicogrens in Moermond et al (2020)

ook een ZZS

schuingedrukte stoffen staan ook in lijst gidsstoffen uit STOWA (2021).

<sup>1</sup> metaboliet van methadon, geen informatie over normwaarde, ook niet als model schatting

<sup>2</sup> sortering op basis van max heeft geen nieuwe stoffen opgeleverd

Gesorteerd			Rangorde											
Eindrang	Stofnaam geuniformeerd	Type norm	Aantal	Gemiddelde	Max	Aantallen	Gemiddelde	Max	Som van rangnr voor			ZZS of pZZS	BCF>100	LogKow>3
									aantal, gem, max					
3	4-en/of5-Methyl-1H-benzotriazole	Industrial chemicals	PNEC	57	3,15	16,00	287	284	290	861				
4	diethyltoluamide	personal care products / biocides	MTR (indicatief)	56	6,91	62,73	274	291	294	859				
6	fipronil	plant protection products / pharmaceuticals / biocides	MTR (indicatief)	50	348,86	642,86	255	296	296	847			Ja	
8	imidacloprid	plant protection products / pharmaceuticals / biocides	JG-MKE	50	3,28	9,04	255	285	286	826				
10	diuron	plant protection products / biocides	JG-MKE	50	0,4234	11,50	255	260	288	803	ZZS			
17	benzotriazool	industrial chemicals	JG-MKE (indicatief)	57	0,1422	0,6842	287	230	251	768	pZZS			
19	terbutryn	plant protection products / biocides	JG-MKE	43	0,4089	1,09	241	257	259	757			Ja	
22	2-en/of4-nitrofenol	industrial chemicals	MTR (indicatief)	38	0,3316	1,28	231	251	264	746				
26	diazinon	pharmaceuticals (antifea) / plant protection products	JG-MKE	8	10,63	81,08	142	293	295	730			Ja	
32	aminocarb	plant protection products / biocides	MTR (indicatief)	9	4,27	5,25	152	286	280	718				
33	Carbendazim en/of benomyl	plant protection products / biocides	JG-MKE	48	0,0914	0,4833	252	219	245	716	ZZS			
36	2,3-en/of2,4-en of 2,6-dinitrofenol	industrial chemicals	JG-MKE (indicatief)	20	0,4130	1,00	192	258	258	708				
37	Benzododecinium	biocides	PNEC	12	0,4413	4,29	168	262	277	707			Ja	
40	difenylguanidine	industrial chemicals	MTR (indicatief)	18	0,3752	0,6462	189	255	248	692	pZZS			
41	melamine	industrial chemicals	JG-MKE	57	0,0087	0,1733	287	176	214	677				
45	TPPO (Triphenylphosphine oxide)	industrial chemicals	PNEC	38	0,0457	0,3077	231	205	233	669				
46	propoxur	plant protection products / biocides / pharmaceuticals	JG-MKE	5	2,72	4,50	104	283	278	665				
48	thiamethoxam	plant protection products / biocides	JG-MKE	11	0,2344	0,6357	163	245	247	655				
53	pyrethrine	plant protection products / pharmaceuticals / biocides	JG-MKE	2	20,33	22,67	50	295	292	637			Ja	
59	isoproturon	plant protection products / biocides	JG-MKE	8	0,1892	0,4333	142	238	240	620				
63	nicotine	tobacco ingredients	PNEC	3	1,40	2,50	69	278	271	618				
73	icaridin	other	PNEC	24	0,0253	0,0670	201	192	198	591				
83	methomyl	plant protection products / biocides	MTR	3	0,4542	0,6625	69	264	249	582				
89	spinosad	plant protection products / biocides / pharmaceuticals	MTR (indicatief)	2	0,5833	0,6667	50	269	250	569				
95	pentachloorfenol	plant protection products / biocides	JG-MKE	7	0,0757	0,1600	133	215	211	559	ZZS	Ja	Ja	
103	tebuconazool	plant protection products / biocides	JG-MKE	9	0,0273	0,0556	152	194	195	541		Ja	Ja	
117	Penta(methoxymethyl)melamine (PMMM)	industrial chemicals	PNEC-modelschatting	41	0,0006	0,0166	237	108	171	516				
124	Cotinine	tobacco ingredients	PNEC-modelschatting	45	0,0008	0,0060	246	112	145	503				
143	1,3-benzothiazole-2-thiol	biocides	MTR (indicatief)	3	0,0415	0,0610	69	202	196	467				
149	N-butylbenzeensulfonamide	industrial chemicals	MTR (indicatief)	29	0,0012	0,0028	212	123	122	457				
167	imazalil	plant protection products / biocides	MTR (indicatief)	3	0,0130	0,0161	69	185	168	422			Ja	
168	fenpropimorf	plant protection products / biocides	MTR (indicatief)	1	0,0545	0,0545	21	207	193	421		Ja	Ja	
169	melam	industrial chemicals	PNEC	7	0,0023	0,0045	133	148	137	418				
175	histidine	supplements	PNEC	9	0,0013	0,0032	152	127	126	405				
186	Tetra(methoxymethyl)melamine (TEMMM)	industrial chemicals	PNEC-modelschatting	12	0,0006	0,0028	168	104	121	393				
189	1,2-Benzoisothiazol-3(2H)-one	biocides	PNEC	3	0,0055	0,0074	69	162	152	383				
198	dimethylftalaat	industrial chemicals	PNEC	8	0,0004	0,0021	142	99	117	358				
205	1-Naphthylaceticacid	other	PNEC-modelschatting	32	0,0001	0,0005	220	39	86	345				
206	Fipronilsulfone	plant protection products / pharmaceuticals / biocides	PNEC-modelschatting	6	0,0011	0,0012	120	118	105	343			Ja	
209	cyromazin	plant protection products / biocides	MTR (indicatief)	1	0,0063	0,0063	21	166	147	334				
211	4,4'-sulfonyldifenol	industrial chemicals	PNEC	6	0,0004	0,0014	120	102	109	331	pZZS			
213	saccharine	food additive	PNEC	54	0,0000	0,0001	267	14	47	328				
232	propiconazool	plant protection products / biocides	MTR (indicatief)	1	0,0016	0,0016	21	135	115	271	ZZS		Ja	
237	Tetra-acetyl ethyleendiamine	biocides	PNEC	43	0,0000	0,0000	241	3	9	253				
251	tetraglyme	industrial chemicals	PNEC	25	0,0000	0,0000	203	2	10	215	ZZS			
256	Pentaethylene glycol	industrial chemicals	PNEC-modelschatting	10	0,0000	0,0001	159	15	25	199				
264	Pyridoxine	other	PNEC-modelschatting	5	0,0000	0,0001	104	18	44	166				
267	salicylzuur	biocides / pharmaceuticals	PNEC	1	0,0002	0,0002	21	80	58	159				
287	3-nitrofenol	industrial chemicals	PNEC-modelschatting	1	0,0001	0,0001	21	44	23	88				
290	triglyme	industrial chemicals	PNEC	3	0,0000	0,0000	69	4	2	75	ZZS			



Gesorteerd										Rangorde					
Eindrang	Stofnaam geuniformeerd	Type norm	Aantal	Gemiddelde	Max	Aantallen	Gemiddelde	Max	Som van rangnr voor aantal, gem, max	ZZS of pZZS	BCF>100	LogKow>3			
27	Codeine	pharmaceuticals / drugs of abuse	PNEC	22	0,6341	0,95	197	270	257	724					
96	MDMA	drugs of abuse	PNEC-modelschatting	56	0,0014	0,0070	274	130	150	554					
114	Methamphetamine	drugs of abuse	PNEC-modelschatting	37	0,0015	0,0119	227	132	158	517					
118	noroxycodone	pharmaceuticals / drugs of abuse	PNEC	7	0,0284	0,0425	133	195	187	515					
136	Methadone	drugs of abuse	PNEC	16	0,0035	0,0051	183	154	140	477	Ja	Ja			
145	Ketamine	pharmaceuticals / drugs of abuse	PNEC-modelschatting	55	0,0003	0,0010	270	94	99	463					
173	fenylethylamine	pharmaceuticals / drugs of abuse?	PNEC	9	0,0015	0,0032	152	133	124	409					
184	Benzoylcegonine	drugs of abuse	PNEC-modelschatting	27	0,0003	0,0011	208	90	101	399					
195	Oxycodone	pharmaceuticals / drugs of abuse	PNEC-modelschatting	43	0,0001	0,0002	241	63	64	368					
204	ritalinic acid	pharmaceuticals / drugs of abuse	PNEC	42	0,0001	0,0002	239	49	59	347					
208	Hydromorphone	pharmaceuticals / drugs of abuse	PNEC-modelschatting	26	0,0001	0,0003	205	56	74	335					
218	MDA	drugs of abuse	PNEC-modelschatting	18	0,0001	0,0004	189	47	79	315					
219	Methoxyphenamine	pharmaceuticals / drugs of abuse	PNEC-modelschatting	13	0,0001	0,0003	172	64	77	313					
224	norfentanyl	pharmaceuticals / drugs of abuse	PNEC	2	0,0014	0,0015	50	128	111	289					
240	Amphetamine	drugs of abuse	PNEC-modelschatting	7	0,0001	0,0002	133	48	63	244					
241	Methedrone	drugs of abuse	PNEC-modelschatting	1	0,0011	0,0011	21	119	102	242					
243	Oxymorphone	pharmaceuticals / drugs of abuse	PNEC-modelschatting	9	0,0001	0,0001	152	43	37	232					
245	N-Ethylamphetamine	drugs of abuse	PNEC-modelschatting	6	0,0001	0,0002	120	55	53	228	Ja				
249	methylphenidaat	pharmaceuticals / drugs of abuse	PNEC	3	0,0002	0,0003	69	81	68	218					
257	PMA	drugs of abuse	PNEC-modelschatting	4	0,0001	0,0001	89	52	48	189					
258	2-F-Methamphetamine	drugs of abuse	PNEC-modelschatting	1	0,0003	0,0003	21	95	70	186					
259	Methocarbamol	pharmaceuticals / drugs of abuse?	PNEC-modelschatting	6	0,0001	0,0001	120	30	30	180					
263	Nortilidine	pharmaceuticals / drugs of abuse	PNEC-modelschatting	5	0,0001	0,0001	104	31	33	168					
277	DMAA	drugs of abuse	PNEC-modelschatting	3	0,0001	0,0001	69	36	23	128					
281	Alpha-PVP	drugs of abuse	PNEC-modelschatting	1	0,0001	0,0001	21	54	40	115		Ja			
283	Mescaline	drugs of abuse	PNEC-modelschatting	2	0,0001	0,0001	50	35	27	112					
285	Hydrocodone	pharmaceuticals / drugs of abuse	PNEC-modelschatting	3	0,0000	0,0000	69	20	17	106					

## Bijlage 5 Geprioriteerde stoffen in effluent uit Sjerps et al (2016)

Gebaseerd op suspect screening in 19 industriële en huishoudelijke effluënten. Stoffen zijn geprioriteerd als de semi-kwantitatieve concentratie in effluent >1 µg/l was. Confidence level 1 = bevestigd met een referentiestandaard, confidence level 4 = stof heeft vergelijkbaar isotop patroon als de piek.

CAS-number	Confidence level	Suspect	Category - level 1	Category - level 2	Remarks
002634-33-5	1	1,2-benzisothiazol-3(2H)-on	biocides		
29878-31-7	1	4-Methyl-1H-benzotriazole	Industrial chemicals		
95-14-7	1	benzotriazole	industrial chemicals	corrosion inhibitor	parent
126-73-8	1	tributyl phosphate	industrial chemicals		
78-40-0	1	triethyl phosphate	industrial chemicals		
37350-58-6	1	metoprolol	pharmaceuticals	cardiovascular	parent
14367-46-5	4	N-ethyl-p-methoxy-methylphenethylamine	drugs of abuse		used in production of methylphenethylamine or transformation product?
142653-61-0	4	3-(cis-3-hexenyloxy)-propane-nitril	fragrance		
2963-69-1	4	3 beta,7 alpha,15 alpha-Trihydroxy-5-androsten-17-one	hormones	steroids	
85390-93-8	4	3 beta,7 beta,15 alpha-Trihydroxy-5-androsten-17-one	hormones	steroids	
3115-49-9	4	(4-nonylphenoxy)acetic acid	industrial chemicals	surfactants	
68860-54-8	4	1,1-dimethylpropyl 3,5,5-trimethylperoxyhexanoate	industrial chemicals		
2432-99-7	4	11-aminoundecanoic acid	industrial chemicals		
53445-37-7	4	2,2,4(or 2,4,4)-trimethyladipic acid	industrial chemicals		
4098-71-9	4	3-isocyanatomethyl-3,5,5-trimethylcyclohexyl isocyanate	industrial chemicals		
14035-33-7	4	3,5-Di-tert-butyl-4-hydroxyacetophenone	industrial chemicals	antioxidants?	
52722-86-8	4	4-hydroxy-2,2,6,6-tetramethylpiperidine-1-ethanol	industrial chemicals		parent
73942-87-7	4	7,8-dimethoxy-1,3-dihydro-2H-3-benzazepin-2-one	industrial chemicals		
131-17-9	4	diallyl phthalate	industrial chemicals		
1636-27-7	4	dipropylmalonic acid	industrial chemicals		
138-24-9	4	N,N,N-trimethylanilinium chloride	industrial chemicals		production of dyes?
26748-41-4	4	tert-butyl peroxyneodecanoate	industrial chemicals		
927-07-1	4	tert-butyl peroxyvalate	industrial chemicals		
3149-12-0	4	2,6-Diethoxytetrahydropyran	other		
79349-82-9	4	(6R,7R)-7-amino-8-oxo-3-vinyl-5-thia-1-aza-bicyclo[4,2,0]oct-2-ene-2-carboxylic acid	other		intermediate in production of cephalosporin compounds (antibiotics)
551-16-6	4	6-aminopenicillanic acid	other		intermediate in production of β-lactam antibiotics
204255-06-1	4	ethyl (3R,4R,5S)-4-acetamido-5-azido-3-(pentan-3-yloxy)-cyclohex-1-ene-1-carboxylate	other		intermediate in production of oseltamivir (antiviral drugs)
23202-81-5	4	methyl 5-deoxy-2,3-O-iso-propylidene-D-ribofuranoside	other		intermediate for production of capecitabine (cytostatic drugs)?
64744-50-9	4	3,3-pentamethylene-4-butylol-actam	pharmaceuticals	antiepileptic	parent (gabapentin analogue)
123-99-9	4	azelaic acid	pharmaceuticals		
76811-98-8	4	benzeneacetic acid, 4-[4-(4-(hydroxydiphenylmethyl)-1-piperidinyl)-1-oxobutyl]-, dimethyl-	pharmaceuticals		transformation product?
138402-11-6	4	irbesartan	pharmaceuticals	cardiovascular	
999-000-2	4	Lidocaine metabolite: mono-ethylglycinexylidide	pharmaceuticals	anaesthetic	transformation product
5660-53-7	4	2-isobutyl-2-methyl-1,3-dioxolane-4-methanol	pharmaceuticals?		
1563-66-2	4	carbofuran	plant protection products	insecticides	
81405-85-8	4	Imazamethabenz methyl	plant protection products		
143390-89-0	4	kresoxim methyl	plant protection products		
6600-31-3	4	3,9-dicyclohex-3-enyl-2,4,8,10-tetraoxaspiro[5.5]undecane	rubber additives		anti-ozonant

## Bijlage 6 Geprioriteerde stoffen in effluent uit Finck et al (2022)

Tabel Alle stoffen die in tenminste een van de drie risicobeoordelingen door Finck et al. (2022) een risico geven exclusief stoffen die uitsluitend als geneesmiddel of gewasbeschermingsmiddel worden gebruikt. Hierbij is géén rekening gehouden met verdunning naar het oppervlaktewater. Gesorteerd op mediaan concentratie (ng/l) in 56 effluënten verspreid over Europa. Gearceerde stoffen behoren tot de 32 ‘concensus mixture components of high concern’.

Name	n>LoQ	Median	Maximum	95th perc	RQ	HU	TU	n risk	Use - level 1	Use - level 2	Alternative use	Remark	UseGroup Finck
Sucralose	56	15346	62058	50737	1	0	0	1	food additive	sweetener		parent	Sweetener
1H-Benzotriazole	56	3590	29047	12612	1	0	1	2	industrial chemicals	corrosion inhibitor		parent	Corrosion inhibitor
Acesulfame	55	1896	53511	43055	1	0	0	1	food additive	sweetener		parent	Sweetener
5-Methyl-1H-benzotriazole	56	1781	22211	12337	1	0	1	2	Industrial chemicals			parent	Corrosion inhibitor
4'-Aminoacetanilide	54	1726	11815	6768	1	0	0	1	industrial chemicals			parent	Industrial
Phenylbenzimidazole sulfonic acid	56	1265	10275	6707	1	0	0	1	other	UV filters		parent	UV filter
Benzophenone-4	54	910	7741	4218	1	0	0	1	personal care products	UV filter		parent	UV filter
Tris(1-chloro-2-propyl)phosphate	56	836	2963	2547	1	0	1	2	industrial chemicals	flame retardants / plasticisers		parent	Plastic additive
Cyclohexylamine	50	690	69849	5099	1	0	1	2	industrial chemicals			transformation product	Industrial
2-(Methylthio)benzothiazole	52	625	6400	2749	1	0	1	2	industrial chemicals / plant protection products			transformation product	Rubber additive
p-Toluenesulfonamide	56	383	7054	2379	1	0	0	1	industrial chemicals			parent	Industrial
m-Xylene-4-sulfonic acid	55	375	19119	3462	1	0	0	1	industrial chemicals			parent	Industrial
Triethylphosphate	55	360	87715	5996	1	0	1	2	industrial chemicals	flame retardants / plasticisers		parent	Plastic additive
o-Dianisidine	49	322	2244	627	1	0	0	1	industrial chemicals			parent	Industrial
Benzothiazole	54	309	3750	2458	1	0	1	2	industrial chemicals / food additives		rubber additive	parent	Rubber additive
6:2 fluorotelomer sulfonic acid	34	284	947	724	1	0	0	1	industrial chemicals	PFAS		parent	PFC
Benzenesulfonic acid	48	280	7616	1093	1	0	0	1	industrial chemicals			transformation product	Industrial
Denatonium	53	268	1450	626	1	0	0	1	other	aversive agent (bitterant)		parent	Bittern
Hexa(methoxymethyl)melamine (HMMM)	56	258	460978	3499	1	0	1	2	industrial chemicals		rubber additive	parent	Industrial
Saccharin	44	253	39583	1678	1	0	0	1	food additive	sweetener		parent	Sweetener
2-Methylbenzothiazole	10	225	2416	880	1	0	1	2	industrial chemicals			parent	Industrial
Cyclamate	38	222	20304	2790	1	0	0	1	food additive	sweetener		parent	Sweetener
1,3-Diphenylguanidine	56	195	1452	812	1	0	0	1	industrial chemicals	rubber additive	complexing agent / catalyzer in rubber	parent	Industrial
Tri-isobutylphosphate	52	168	2025	949	1	0	1	2	industrial chemicals	plasticisers		parent	Plastic additive
Cotinine	55	150	2213	427	1	0	0	1	tobacco ingredients			transformation product	Human metabolite
Isophorone diamine	46	128	3184	697	1	0	0	1	industrial chemicals			parent	Industrial
2-Hydroxybenzothiazole	45	111	833	385	1	0	0	1	rubber additive			parent	Rubber additive
Triethylcitrate	44	110	1864	1566	1	0	0	1	industrial chemicals	plasticisers	food additive	parent	Plastic additive
4-Hydroxybenzotriazole	54	93,0	1855	538	1	0	0	1	industrial chemicals	corrosion inhibitor		parent	Corrosion inhibitor
Quinoline	45	78,0	940	277	1	0	0	1	industrial chemicals		pharmaceutical?	parent	Industrial
Tri(butoxyethyl)phosphate	48	74,4	1339	992	1	0	1	2	industrial chemicals	flame retardants / plasticisers		parent	Plastic additive
Tris(2-chloroethyl)phosphate	49	66,4	313	255	1	0	0	1	industrial chemicals	flame retardants		parent	Flame retardant
2-Oxindole	42	64,3	5364	1110	1	0	0	1	industrial chemicals			parent	Industrial
N-Butylbenzenesulfonamide	34	60,8	1021	445	1	0	0	1	industrial chemicals	plasticisers		parent	Industrial
TD CPP	48	51,6	803	404	1	0	1	2	industrial chemicals	flame retardants / plasticisers		parent	Plastic additive
Imidacloprid	54	49,8	3873	369	1	1	1	3	plant protection products / pharmaceuticals / biocides	insecticide	antiparasitic	parent	L-Pesticide (legacy)
Phenylethylmalonamide	47	49,3	1398	367	1	0	0	1	industrial chemicals			transformation product	Industrial
Di-n-butyl phosphate	45	48,5	5011	548	1	0	0	1	industrial chemicals	plasticisers		parent	Plastic additive
2-Hydroxyquinoline	52	45,8	2188	205	1	0	0	1	industrial chemicals			transformation product	Industrial
Carbendazim	52	24,0	1442	158	1	1	1	3	plant protection products / biocides	fungicide		Parent	Biocide
Benzophenone-3	48	21,9	149	89,9	1	0	0	1	personal care products	UV-filters		parent	UV filter
4-Nitrophenol	2	20,0	501	20,0	1	0	1	2	industrial chemicals / plant protection products			parent	Industrial
4-Hydroxy-1-(2-hydroxyethyl)-2,2,6,6-tetramethylpiperidine	5	17,5	2381	59,3	1	0	0	1	industrial chemicals			parent	Industrial
Diphenylphosphine oxide	1	17,5	242	17,5	1	0	1	2	industrial chemicals			parent	Industrial
4-Hydroxyquinoline	50	17,2	2565	69,1	1	0	0	1	industrial chemicals			parent	Industrial
Diuron	53	14,2	3925	248	1	1	1	3	plant protection products / biocides	herbicide		parent	Biocide
Thiabendazole	51	13,2	186	64,3	1	0	1	2	biocides	fungicide	antiparasitic	parent	PPP

Tabel (vervolg) Alle stoffen die in tenminste een van de drie risicobeoordelingen door Finck et al. (2022) een risico geven exclusief stoffen die uitsluitend als geneesmiddel of gewasbeschermingsmiddel worden gebruikt. Hierbij is géén rekening gehouden met verdunning naar het oppervlaktewater. Gesorteerd op mediaan concentratie (ng/l) in 56 effluënten verspreid over Europa. Gearceerde stoffen behoren tot de 32 'consensus mixture components of high concern'.

Name	n>LoQ	Median	Maximum	95th perc	RQ	HU	TU	n risk	Use - level 1	Use - level 2	Alternative use	Remark	UseGroup Finck
Terbutryn	53	12,9	946	126	1	1	1	3	plant protection products / biocides			parent	Biocide
7-Diethylamino-4-methylcoumarin	55	12,3	30055	248	1	0	1	2	other	dye		parent	Dye
Propiconazole	55	11,9	621	129	1	1	1	3	plant protection products / biocides	fungicide		parent	L-Pesticide (legacy)
Perfluorooctanoic acid	54	10,4	65,0	36,9	1	0	0	1	industrial chemicals	PFAS		parent	PFC
Acridine	25	10,0	485	120	1	0	1	2	industrial chemicals			parent	Industrial
2-Isopropyl-6-methyl-pyrimidin-4-ol	8	10,0	778	64,9	1	0	0	1	biocides			parent	transformation product
Benzyltrimethylammonium	6	10,0	949	31,7	0	0	1	1	biocides			parent	Biocide
2(4-morpholinyl)benzothiazole	47	9,9	103	33,6	1	0	0	1	rubber additive			parent	Rubber additive
Fipronil	54	9,2	114	24,3	1	1	1	3	plant protection products / pharmaceuticals / biocides	insecticide / acaricide	antiflea treatment of domestic animals	parent	Biocide
7-(Ethylamino)-4-methylcoumarin	52	9,2	7656	89,5	1	0	1	2	other	dye		parent	Dye
7-Amino-4-methylcoumarin	52	9,0	1181	61,4	1	0	0	1	other	dye		parent	Dye
4-Chlorophenol	4	7,5	56,1	20,6	1	0	0	1	industrial chemicals			parent	Industrial
Didecyltrimethylammonium	2	7,5	285	7,5	1	0	1	2	personal care products / biocides	desinfectant		parent	Biocide
Acridone	53	5,8	39,5	32,6	1	0	0	1	industrial chemicals			parent	Industrial
Spinosyn A	15	5,0	307	33,1	1	0	0	1	plant protection products / pharmaceuticals / biocides			parent	PPP
Perfluorooctanesulfonic acid	53	4,9	36,7	28,5	1	0	0	1	industrial chemicals	PFAS		parent	PFC
Octyl-methoxycinnamate	43	4,5	28,5	24,3	0	0	1	1	other	UV-filters		parent	UV filter
Perfluoroheptanoic acid	43	4,5	1603	27,9	1	0	0	1	industrial chemicals	PFAS		parent	PFC
5-Chlorobenzotriazole	43	3,7	100	13,1	1	0	0	1	industrial chemicals	corrosion inhibitor		parent	Corrosion inhibitor
Tebuconazole	51	3,6	142	39,8	1	0	1	2	plant protection products / biocides		wood conservation	parent	PPP
Isoproturon	53	3,6	76,4	35,0	1	1	1	3	plant protection products / biocides			parent	L-Pesticide (legacy)
Imidacloprid-guanidine	33	3,5	248	20,9	1	0	0	1	plant protection products / pharmaceuticals / biocides			parent	L-Pesticide (legacy)
4-Methylbenzylidene camphor	37	3,2	29,9	14,3	1	0	0	1	personal care products	UV filter		parent	UV filter
4-Chloroaniline	15	2,5	568	237	1	1	1	3	Industrial chemicals			parent	Industrial
N,N-Dimethyldodecylamine	21	2,5	4976	52,1	1	0	1	2	surfactants			parent	Surfactant
2-Naphthol-8-sulfonic acid	16	2,5	386	19,3	1	0	0	1	industrial chemicals			parent	Industrial
N,N-Dimethyltetradecylamine	2	2,5	1354	2,5	1	0	1	2	surfactants			parent	Surfactant
Decylsulfate	33	2,3	383	87,8	1	0	0	1	surfactants			parent	Surfactant
N-Cyclohexyl-2-benzothiazole-amine	45	2,1	13,5	8,5	1	0	0	1	rubber additive			parent	Rubber additive
Lauryl diethanolamide	4	2,0	1976	19,5	1	0	1	2	industrial chemicals	surfactants		parent	Surfactant
Dicyclohexylphthalate	35	1,4	17,6	11,1	1	0	1	2	industrial chemicals	plasticisers		parent	Plastic additive
Bisphenol S	33	1,1	884	85,5	1	0	0	1	industrial chemicals			parent	Industrial
Cyromazine	7	1,0	2660	70,2	1	1	0	2	plant protection products / biocides			parent	L-Pesticide (legacy)
2,4-Dinitrophenol	13	1,0	123	50,7	1	0	1	2	industrial chemicals / plant protection products		wood conservation	parent	Industrial
Tris(2-ethylhexyl)phosphate	6	1,0	169	6,0	1	0	1	2	industrial chemicals	plasticisers		parent	Plastic additive
Fenoxycarb	25	1,0	7,7	5,7	1	0	0	1	plant protection products / biocides			parent	PPP
4-Amino-N,N-dimethylbenzenesulfonamide	3	1,0	1104	1,6	1	0	0	1	industrial chemicals			parent	Industrial
Benzethonium	1	1,0	4,9	1,0	1	0	0	1	biocides	desinfectant		parent	Biocide
Thiamethoxam	25	0,50	818	47,5	1	0	1	2	plant protection products / biocides			parent	L-Pesticide (legacy)
N-Methyldodecylamine	21	0,50	1555	24,5	1	0	0	1	surfactants			parent	Surfactant
Clothianidin	22	0,50	75,4	16,2	1	1	1	3	plant protection products / biocides			parent	L-Pesticide (legacy)
Tripropyl phosphate	12	0,50	287	15,8	1	0	0	1	industrial chemicals	plasticisers		parent	Plastic additive
Triclosan	14	0,50	48,8	11,9	1	0	1	2	biocides			parent	Biocide
3,4,5-Trichlorophenol	11	0,50	70,0	8,5	1	0	1	2	industrial chemicals			parent	Industrial
Bromochlorophenol	8	0,50	12,0	5,6	1	0	0	1	biocides			parent	Biocide
Lauric isopropanolamide	14	0,50	39,9	4,9	1	0	0	1	industrial chemicals	surfactants		parent	Surfactant
Triclocarban	7	0,50	5,4	3,4	1	0	1	2	biocides			parent	Biocide
Fenpropimorph	16	0,50	6,4	3,1	1	0	0	1	plant protection products / biocides			parent	L-Pesticide (legacy)
(Methoxymethyl)triphenylphosphonium	2	0,50	20,0	0,50	1	0	0	1	industrial chemicals			parent	Industrial
Perfluorooctanesulfonamide	1	0,50	2,0	0,50	1	0	0	1	industrial chemicals	PFAS		parent	PFC
Fipronil sulfone	20	0,35	3,2	2,6	1	0	1	2	plant protection products / pharmaceuticals / biocides	insecticide / acaricide	antiflea treatment of domestic animals	parent	Biocide
Fipronil desulfanyl	9	0,35	2,4	1,2	1	0	0	1	plant protection products / pharmaceuticals / biocides	insecticide / acaricide	antiflea treatment of domestic animals	parent	Biocide
Fipronil sulfide	4	0,35	1,4	0,9	1	0	1	2	plant protection products / pharmaceuticals / biocides	insecticide / acaricide	antiflea treatment of domestic animals	parent	Biocide
Tetrapropylammonium	11	0,25	106618	42,4	1	0	1	2	industrial chemicals			parent	Industrial
Methyltriphenylphosphonium	11	0,25	87,1	10,8	1	0	1	2	industrial chemicals			parent	Industrial
Benzyltrimethyltetradecylammonium	5	0,25	286	8,1	1	0	1	2	biocides			parent	Biocide
Irgarol	6	0,15	24,7	2,2	1	1	1	3	biocides	antifouling		parent	Biocide

## Bijlage 7 Relevante lopende onderzoeken (november 2022)

Er lopen vele activiteiten gericht op het voorkomen en prioriteren van organische microverontreiniging in effluent. Aanbevolen wordt om de bevindingen van deze onderzoeken te blijven volgen en waar zinvol de lijst met aandachtvragende stoffen in effluent uit te breiden. Relevante lopende onderzoeken zijn (stand november 2022):

- Suspect screening van stoffen in het **influent** van RWZI Lelystad met een focus op ZZS stoffen,
- Suspect screening van het effluent van alle rwzi's in de provincie Utrecht,
- Suspect screening van onder andere effluent binnen de Brede Screening Maasstroomgebied<sup>16</sup>,
- Een NORMAN case studie waarbij, binnen het kader van het Europese NORMAN netwerk, een prioritering wordt gemaakt op basis van verzamelde metingen van stoffen in effluent in Europa, zowel op basis van gerichte chemische metingen als op basis van een brede screening naar stoffen. Het gaat om een zeer groot aantal stoffen.
- Binnen het kader van het Europese NORMAN netwerk wordt gewerkt aan het project "Contamination patterns, toxicity fingerprints and toxicity drivers of source-related effluents". In dit project worden karakteristieke verontreinigingspatronen per verontreinigingsbron vastgelegd en wordt door middel van Effect Directed Analysis vastgesteld welke stoffen verantwoordelijk zijn voor waargenomen effecten. Tevens wordt binnen NORMAN gewerkt aan fingerprinting in zoet en zout oppervlaktewater. De combinatie van beide (effluent en oppervlaktewater) geeft mogelijkheden voor prioritering van de stoffenaanpak in Nederland.

---

<sup>16</sup> In 2019 is binnen de Brede Screening Maasstroomgebied ook een suspect screening uit gevoerd (Pieke & van der Velden-Slootweg (2020). Hierbij werden in effluent vooral geneesmiddelen en gewasbeschermingsmiddelen aangetroffen. De resultaten zijn daarom niet meegenomen in dit rapport. Ook in de meetronde in 2022 wordt een suspect screening uitgevoerd. Mogelijk dat hierbij door uitbreiding van de stoffenbibliotheek meer stoffen uit andere gebruikscategoriën worden aangetroffen.