

Screening van chemische stoffen in het effluent van rwzi's binnen het beheergebied van Wetterskip Fryslân



 (Vakgroep HEM)
Datum: 1 februari 2023

Inhoudsopgave

Aanleiding	3
Toxische druk	3
Doel van dit onderzoek.....	4
Methode.....	5
Resultaten	6
Stofgroepen	6
KRW – prioritaire en specifiek verontreinigende stoffen	15
Zeer zorgwekkende stoffen	17
Normoverschrijdende stoffen	18
Conclusies	32
Totale beeld.....	32
KRW-stoffen en Zeer Zorgwekkende Stoffen	32
Normoverschrijdende stoffen	33
Geneesmiddelen.....	33
Metalen	33
Bestrijdingsmiddelen.....	33
Overige stoffen.....	34
Toxische druk	34
Aanbevelingen	35

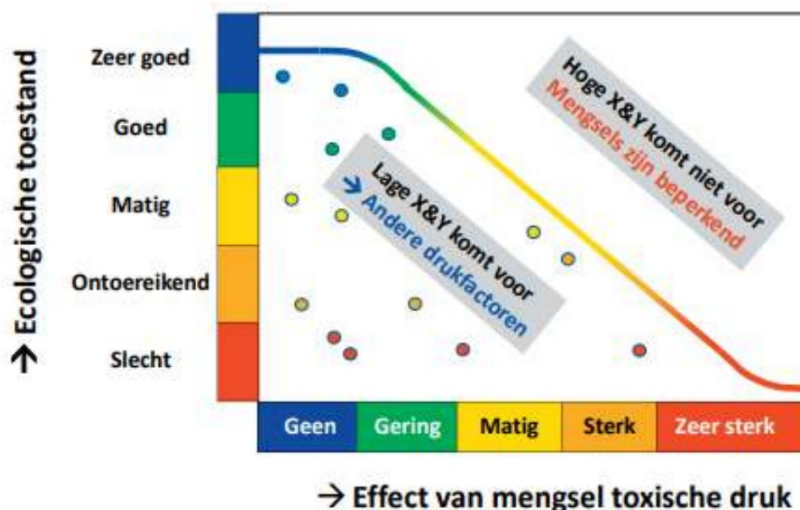
Aanleiding

Uit de monitoring van de oppervlaktewaterkwaliteit blijkt dat de (KRW) normen voor een aantal chemische stoffen regelmatig worden overschreden. Hierbij is het niet altijd duidelijk wat de bronnen voor deze verontreinigingen zijn en hierdoor is het ook niet mogelijk om effectieve maatregelen te nemen. Soms worden ook stoffen aangetroffen in watersystemen die niet direct te linken zijn aan de omgeving (bijv. diazinon in het Koningsdiep en verschillende bestrijdingsmiddelen in de Deelen). Er is daarom nader onderzoek uitgevoerd naar de herkomst van deze verontreinigingen. Tussen oktober 2020 en juli 2022 is onderzoek uitgevoerd naar de aanwezigheid van chemische stoffen in effluënten van rwzi's in het beheergebied van Wetterskip Fryslân.

De effluënten van de rwzi's worden routinematig onderzocht op o.a. nutriënten, zwevend stof, BZV en CZV vanuit de verplichtingen die volgen uit het Activiteitenbesluit Milieubeheer. Wat niet routinematig onderzocht wordt in de effluënten zijn de chemische stoffen (o.a. metalen, geneesmiddelen, bestrijdingsmiddelen). Wel wordt periodiek het zuiveringsslib onderzocht op een selectie van stoffen. Dit geeft een indruk van de stoffen waarmee de zuivering wordt belast. Deze informatie is echter onvoldoende om inzicht te krijgen in de bijdrage van effluënten van rwzi's aan de geconstateerde normoverschrijdingen in het oppervlaktewater.

Toxische druk

Een groeiend aantal onderzoeken toont aan dat de aanwezigheid van stoffen niet alleen met chemische analyses kan worden vastgesteld, maar ook tot merkbare effecten op de aquatische levensgemeenschap leidt. Op Europees en landelijk niveau werd een duidelijke relatie gevonden tussen de blootstelling aan mengsels van stoffen en de ecologische toestand (STOWA 2016; Lemm et al. 2020; Posthuma et al. 2020). Ondanks alle gerealiseerde waterkwaliteitsverbeteringen is toxiciteit nog steeds een belangrijke (maar vaak verborgen) belemmering voor het kunnen halen van de (KRW) doelen. Voor de maat van toxiciteit wordt vaak het begrip toxische druk gebruikt. Hoe hoger de toxische druk, hoe hoger de mate waarin het bereiken van een goede ecologische toestand wordt belemmerd (Figuur 1; Posthuma et al., 2019).



Figuur 1 Illustratie van het verband tussen de toxische druk en de ecologische toestand volgens de KRW. Hoe hoger de toxische druk van een mengsel, hoe meer toxiciteit een belemmering vormt voor de aquatische levensgemeenschap (Posthuma et al. 2020, Postma et al. 2021).

Doel van dit onderzoek

Het doel van de screening is om een indruk te krijgen van de aanwezigheid en concentratie van chemische stoffen in rwzi effluenten. Meer specifiek geeft het een beeld van de emissie van een deel van de groep van Zeer Zorgwekkende Stoffen (ZZS) en KRW stoffen, de zogenaamde prioritare stoffen (PS) en specifiek verontreinigende stoffen (SVS), via onze rwzi's.

Aanvullend zijn de concentraties van aangetroffen stoffen in het effluent getoetst aan beschikbare (KRW) normen of veilig geachte concentraties (in het geval van geneesmiddelen) die gelden voor het oppervlaktewater. Tenslotte zijn de resultaten van de metalen, bestrijdingsmiddelen en PAKs in perspectief geplaatst ten opzichte van de STOWA publicatie 'Toxiciteit van Nederlands oppervlaktewater in de jaren 2013-2018' (Postma et al. 2021). Voor geneesmiddelen is dat op basis van de destijds gebruikte dataset nog niet mogelijk.

Methode

Tussen oktober 2020 en juli 2022 zijn de effluënten van elf rwzi's bemonsterd (24 uurs monsters; aselecte bemonstering) en vervolgens geanalyseerd via GC-MS, LC-MS en ICP-MS op de aanwezigheid van 328 stoffen (o.a. bestrijdingsmiddelen, metalen, PAKs, PCBs, geneesmiddelen, vluchtige stoffen, weekmakers, PDBEs) door het laboratorium van Wetterskip Fryslân. Het betrof de rwzi's van Leeuwarden, Drachten, Sneek, Heerenveen, Franeker, Joure, Dokkum, Wolvega, Oosterwolde, Birdaard en Sint Annaparochie. De rwzi's van Franeker en Heerenveen zijn acht keer bemonsterd, die van Sint Annaparochie twee keer¹, en de overige acht rwzi's zijn allemaal zes keer bemonsterd. In totaal zijn de verschillende rwzi's 66 keer bemonsterd.

De aangetroffen stoffen in de effluënten zijn vergeleken met beschikbare stoffenlijsten zoals de ZZS-lijst en de KRW-lijsten. Voor de prioritair stoffenlijst is ook al rekening gehouden met het recente voorstel (oktober 2022) van de Europese Commissie om tot uitbreiding van deze lijst over te gaan.

Er zijn geen normen beschikbaar voor deze chemische stoffen in effluent. Daarom zijn de resultaten vergeleken met de normen die gelden voor oppervlaktewater. Hierdoor is toch een indruk te krijgen van de mate van verontreiniging van het effluent. De gemeten concentraties zijn getoetst aan het jaargemiddelde (JGM) en de maximaal aanvaardbare concentratie (MAC) of het maximaal toelaatbare risiconiveau (MTR). De geneesmiddelen zijn getoetst aan de predicted no-effect concentration (PNEC). De concentraties zijn individueel of als gemiddelde vergeleken. Dat wil zeggen dat één meting vergeleken is met de norm voor JGM, MAC, MTR of PNEC.

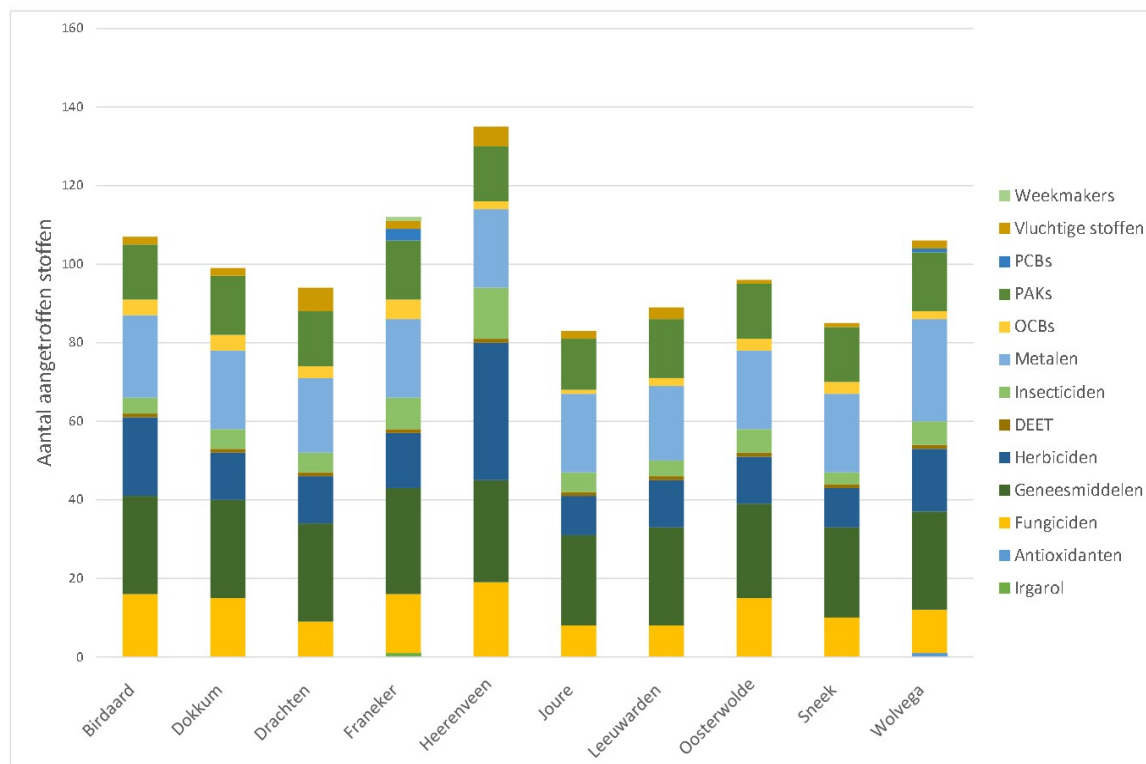
In de periode 2012-2014 is in effluënten van zeven rwzi's eerder onderzoek gedaan door Wetterskip Fryslân naar de aanwezigheid van chemische stoffen. In deze rapportage wordt een beknopt vergelijk gemaakt tussen de 'oude' data en de nieuw verzamelde data in de periode 2020-2022.

¹ In de figuren zijn de resultaten van rwzi Sint Annaparochie niet getoond, omdat er maar twee keer is bemonsterd en dat een vertekend beeld geeft ten opzichte van de andere rwzi's.

Resultaten

Stofgroepen

In totaal zijn 174 van de 328 gemeten stoffen minimaal één keer waargenomen in effluenten van de onderzochte rwzi's, dit komt neer op 53%. Veertig stoffen zijn op meer dan 90% van de meetmomenten aangetroffen. Daarnaast zijn ruim 60 stoffen op meer dan 50% van de meetmomenten aangetoond in de effluenten. Het aantal aangetroffen stoffen per rwzi varieert van 83 – 135 (gemiddeld 95 stoffen), waarbij in de effluenten van rwzi's Joure, Sneek en Leeuwarden minder dan 90 stoffen worden gevonden (Figuur 2). De rwzi's van Wolvega, Birdaard, Franeker en Heerenveen hebben juist de meeste stoffen (> 100 stoffen) in het effluent.



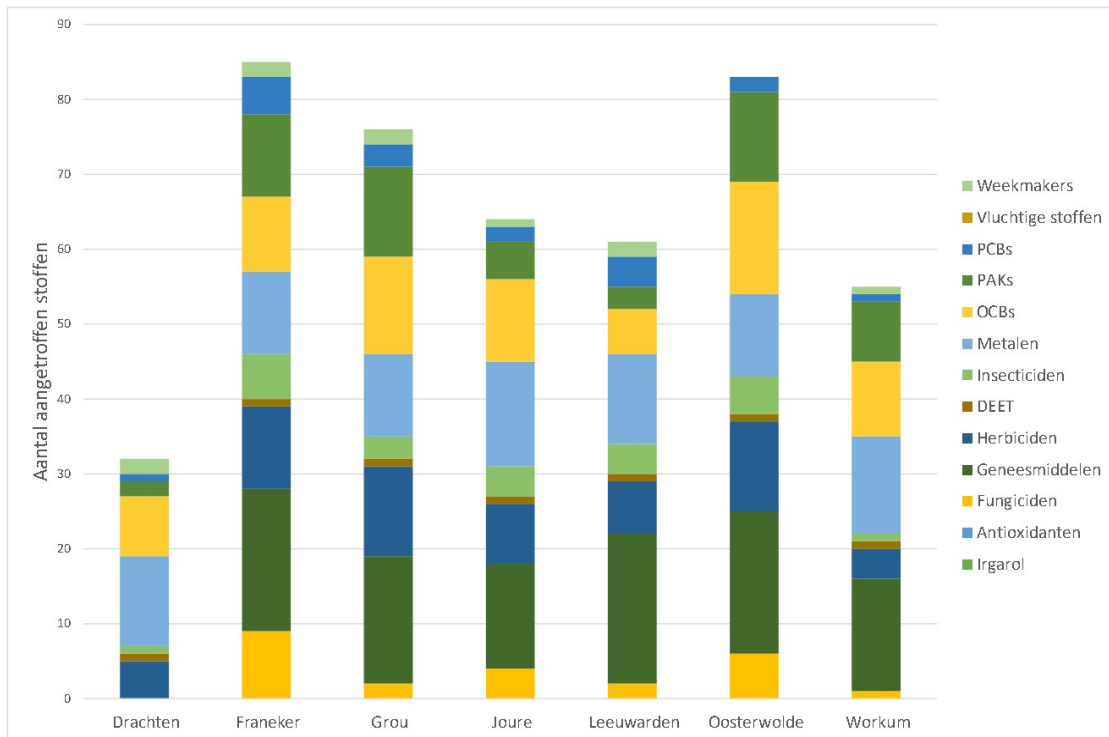
Figuur 2 Aantal aangetroffen stoffen (gecategoriseerd per stofgroep) per rwzi in de periode 2020-2022.

In de periode 2012-2014 zijn zeven rwzi's ook 4-12 keer bemonsterd op chemische stoffen in het effluent (Figuur 3). In totaal zijn destijds 126 stoffen gevonden in het effluent en er is gescreend op 235 stoffen, dit komt net als in de periode 2020-2022 neer op 53%. Het aantal aangetroffen stoffen varieert van 32 op rwzi Drachten (4x bemonsterd) tot 85 in het effluent van rwzi Franeker (8x bemonsterd). Gemiddeld zijn 65 stoffen in de effluenten waargenomen in de periode 2012-2014.

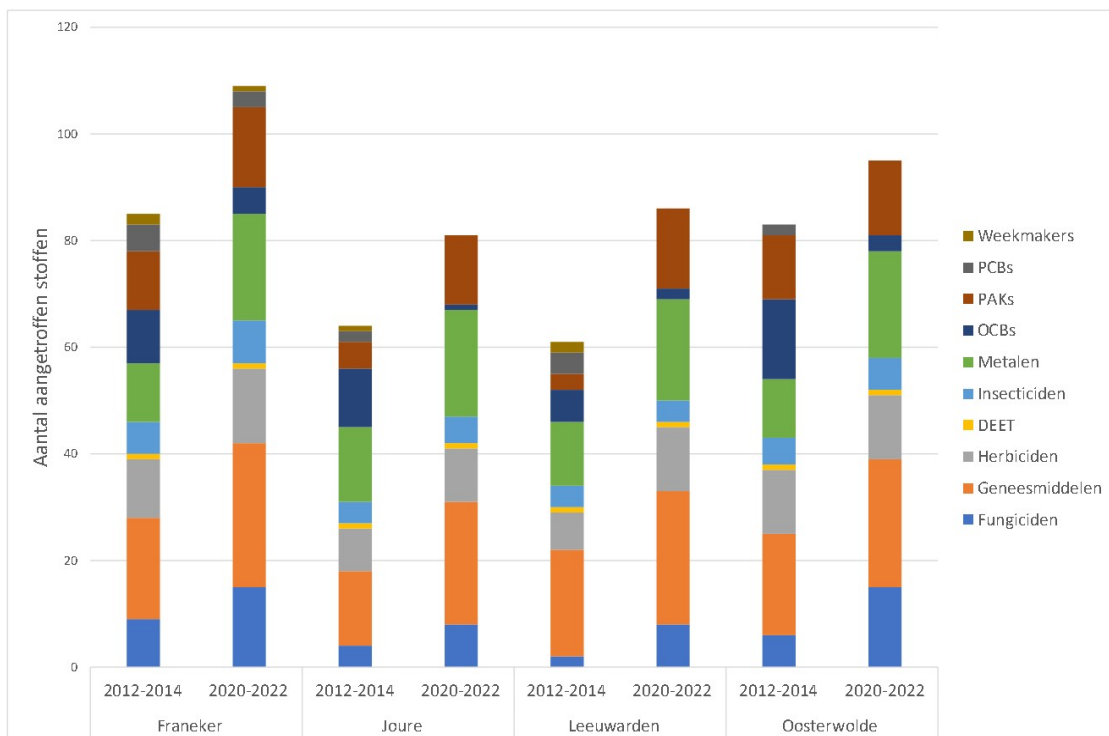
Het aantal aangetroffen stoffen is dus fors hoger in de periode 2020-2022 t.o.v. 2012-2014, maar dit heeft grotendeels te maken met een uitbreiding van geanalyseerde stoffen (110 stoffen) en lagere rapportagegrenzen (139 stoffen). Aan de andere kant zijn 17 stoffen wel in de periode 2012-2014 geanalyseerd en hadden 41 stoffen een lagere rapportagegrens ten opzichte van de periode 2020-2022.

Voor vier rwzi's is een vergelijk te maken tussen beide perioden (Figuur 4). In alle gevallen is de hoeveelheid stoffen per stofgroep hoger in de periode 2020-2022, behalve voor de OCBs, PCBs en de weekmakers. Vooral voor de groep van oude bestrijdingsmiddelen, de OCBs, is de afname groot en conform verwachting. Omdat de rapportagegrenzen ook fors lager zijn geworden (factor 5-10), is de afname ook daadwerkelijk substantieel. Hier tegenover staat wel een toename van de bestrijdingsmiddelen in brede zin. Veel bestrijdingsmiddelen hebben tegenwoordig een lagere

rapportagegrens, dus het is mogelijk dat de middelen in 2012-2014 wel aanwezig waren, maar niet konden worden aangetoond.



Figuur 3 Aantal aangetroffen stoffen (gecategoriseerd per stofgroep) per rwzi in de periode 2012-2014.

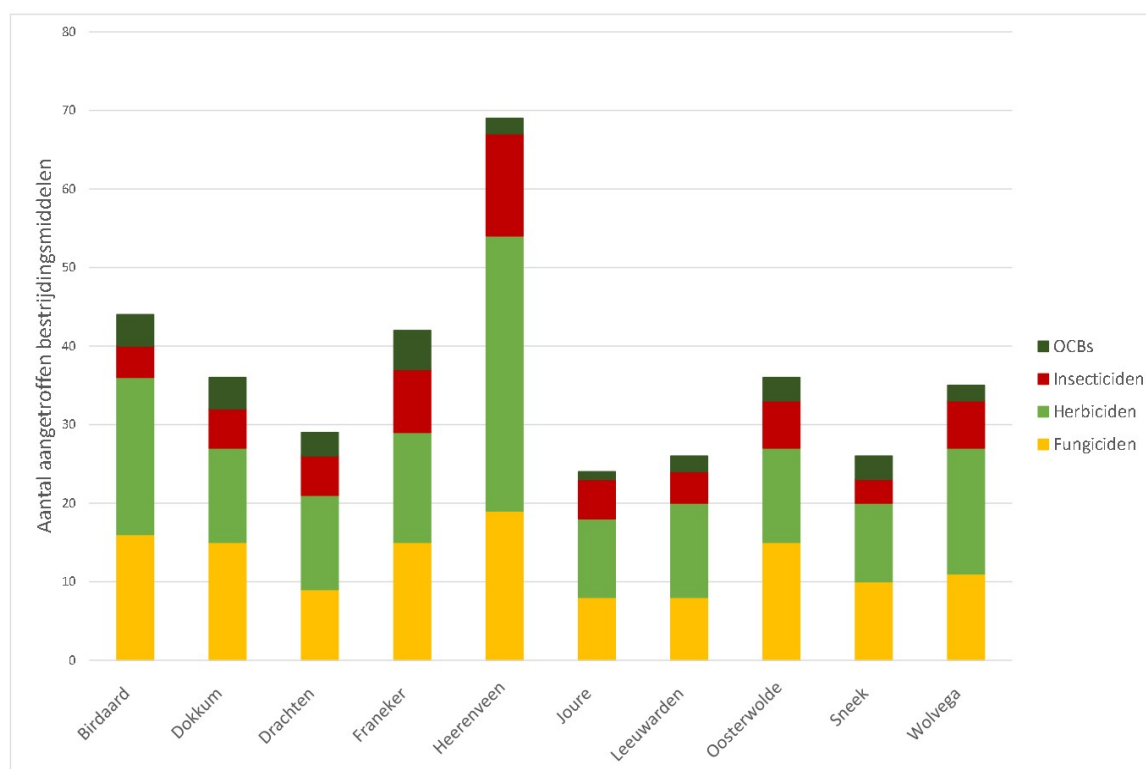


Figuur 4 Vergelijk tussen het aantal aangetroffen stoffen (gecategoriseerd per stofgroep) per rwzi in de periode 2012-2014 en 2020-2022.

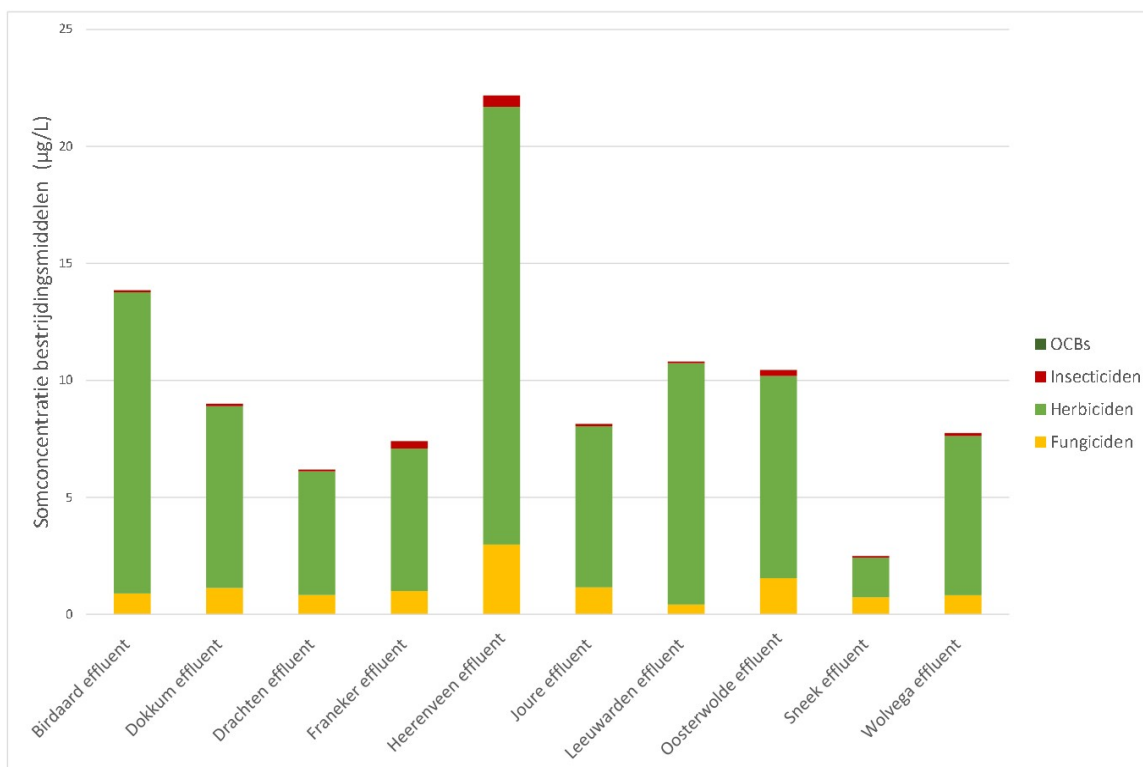
Bestrijdingsmiddelen

Wanneer ingezoomd wordt per stofgroep komen verschillen per rwzi beter naar voren. In het effluent van rwzi Heerenveen worden veruit de meeste bestrijdingsmiddelen (insecti-, herbi- en fungiciden) aangetroffen (Figuur 5). Alleen voor de organochloor bestrijdingsmiddelen (OCBs; de 'oude' middelen) bevat het effluent van Heerenveen niet de meeste middelen. Voor de groep van OCBs worden in het effluent van rwzi Franeker meer stoffen aangetroffen. Naast Heerenveen worden ook in Birdaard en Franeker meer bestrijdingsmiddelen aangetroffen dan op de andere rwzi's. De fungicide en/of houtverduurzamingsmiddel propiconazool en de huisdiergeneesmiddelen imidacloprid en diazinon worden altijd en overal aangetroffen tijdens bemonsteringen.

Kijkend naar de somconcentratie van de bestrijdingsmiddelen valt rwzi Heerenveen in negatieve en rwzi Sneek in positieve zin op (Figuur 6). In lijn met het aantal aangetroffen stoffen is ook de somconcentratie van zowel de insecti-, herbi- en fungiciden het hoogst in Heerenveen. De somconcentratie van herbiciden is in het effluent van Birdaard ook duidelijk hoger dan de andere rwzi's. In Sneek is de somconcentratie in totale zin opvallend lager, terwijl het aantal aangetroffen stoffen vergelijkbaar is met Joure en Leeuwarden (Figuur 5 en Figuur 6). Van de stoffen die minimaal op 50% van de meetmomenten worden aangetroffen, hebben de herbiciden MCPA en MCPP-p en de fungicide en/of houtverduurzamingsmiddel tebuconazool de grootste bijdrage in de somconcentraties.



Figuur 5 Aantal aangetroffen bestrijdingsmiddelen per rwzi.



Figuur 6 Somconcentratie bestrijdingsmiddelen per rwzi (gebaseerd op metingen boven de rapportagegrens).

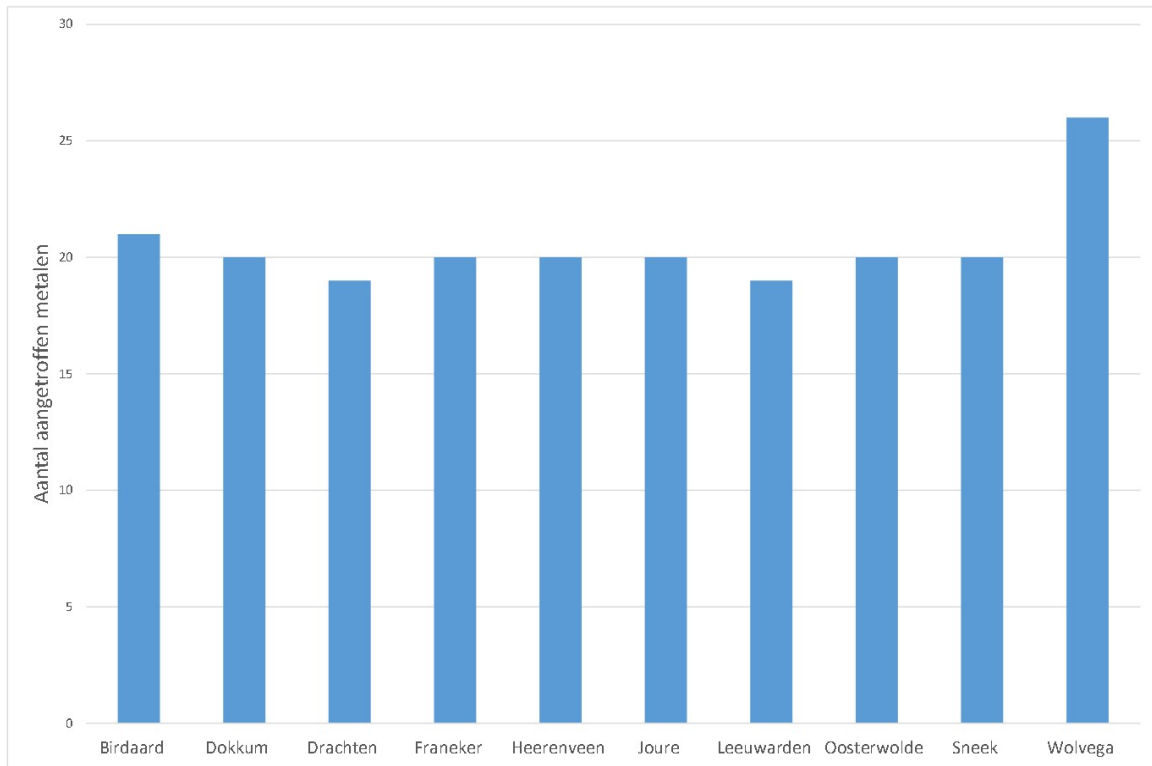
Metalen

In het effluent van rwzi Wolvega worden duidelijk meer metalen² aangetroffen ten opzichte van de andere rwzi's (Figuur 7). De metalen beryllium, telluur en thallium zijn eenmalig alleen in het effluent van rwzi Wolvega aangetroffen. Zilver is alleen in Dokkum en Wolvega aangetroffen en kwik alleen in Franeker en wederom Wolvega. Arseen, mangaan, kobalt en zink worden het meest gevonden in de effluentbemonsteringen.

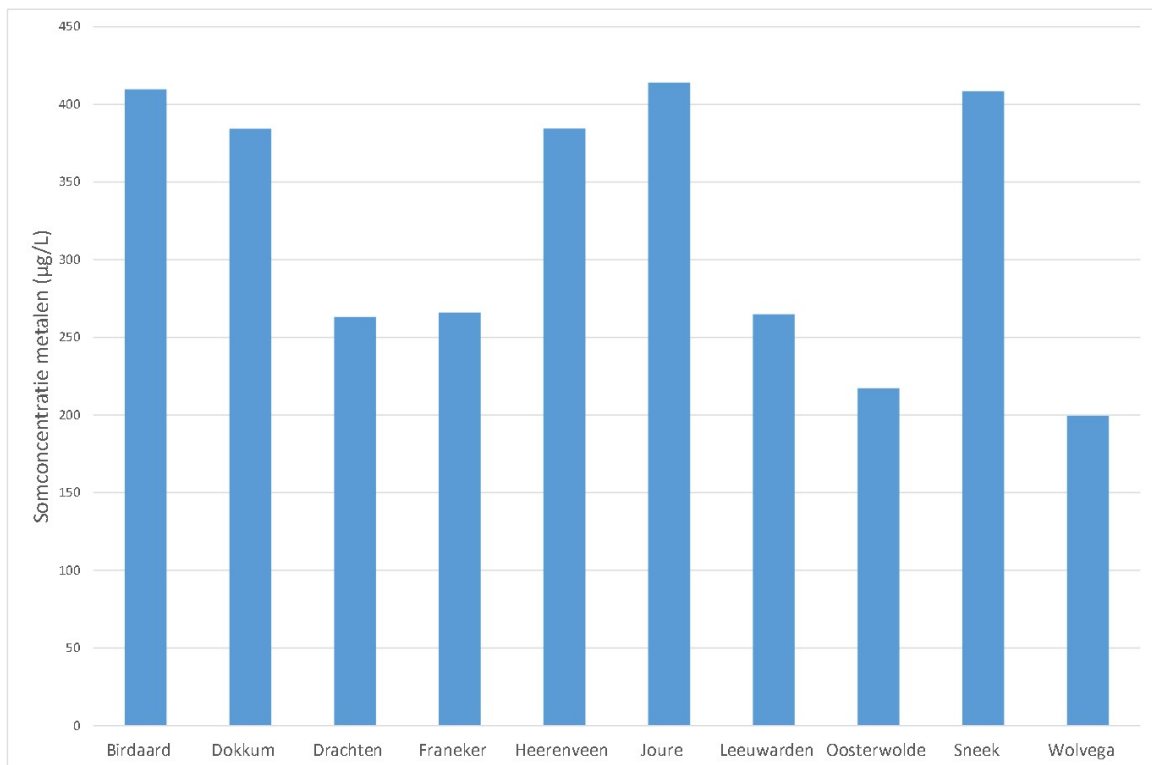
Ondanks het hoogste aantal aangetroffen metalen in het effluent van rwzi Wolvega is de somconcentratie van de metalen het laagst van alle onderzochte rwzi's (Figuur 8 en Figuur 9). In het effluent van Birdaard, Dokkum, Heerenveen, Joure en Sneek zijn hogere somconcentraties van metalen waargenomen t.o.v. de andere rwzi's. Gemiddeld genomen worden de somconcentraties gedomineerd door de metalen mangaan, boor, zink en aluminium.

De gemiddelde somconcentratie van ijzer geeft een opvallend beeld (Figuur 10) en is in het effluent van rwzi Joure sterk verhoogd t.o.v. alle andere rwzi's. Het afvalwater van Jacobs Douwe Egberts bevat relatief veel ijzer enerzijds door de lozing van spoelwater van de grondwater ontijzeringsinstallatie en anderzijds door het gebruik van ijzerchemicaliën in de afvalwaterzuivering van deze industrie. Normaliter zou ijzer achterblijven in de rwzi, maar mogelijk is een deel gecomplexed met humuszuren.

² De metalen ijzer, silicium en zwavel zijn buiten deze analyse gehouden, omdat ze in veel hogere concentraties voorkomen dan de overige metalen en zodoende een storend effect geven in de analyse van de somconcentratie. IJzer wordt apart behandeld.



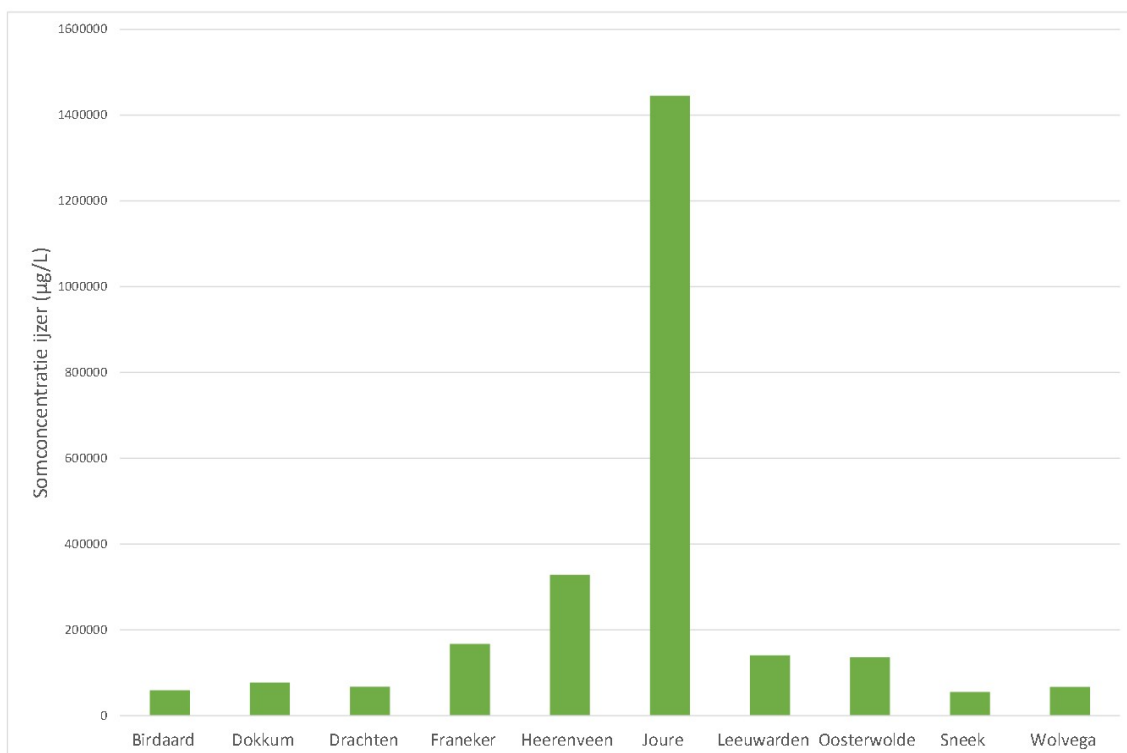
Figuur 7 Aantal aangetroffen metalen per rwzi.



Figuur 8 Somconcentratie metalen per rwzi (gebaseerd op metingen boven de rapportagegrens).



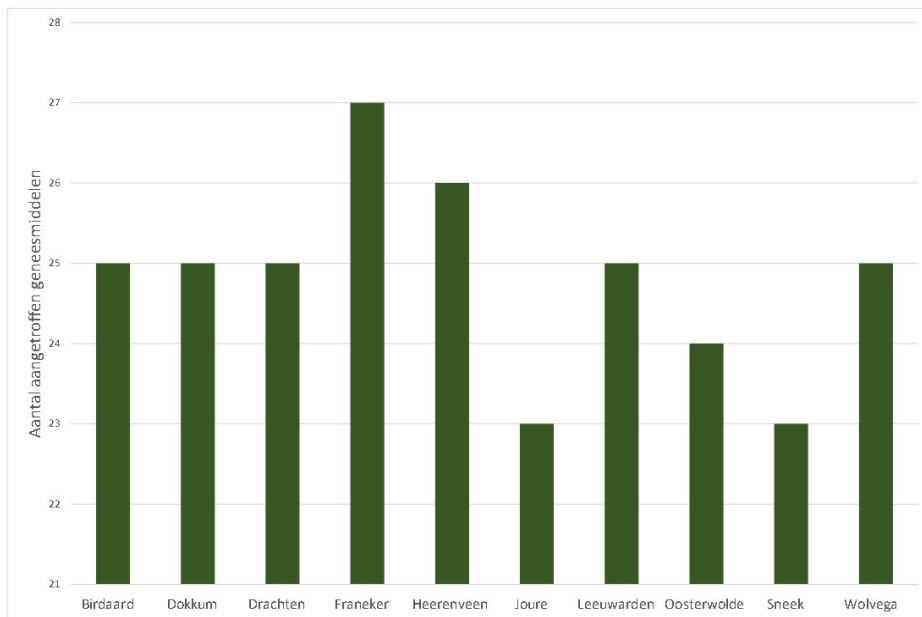
Figuur 9 Concentratie (ng/L) van metalen in rwzi-effluent in de periode 2020-2022.



Figuur 10 Somconcentratie ijzer per rwzi (gebaseerd op metingen boven de rapportagegrens).

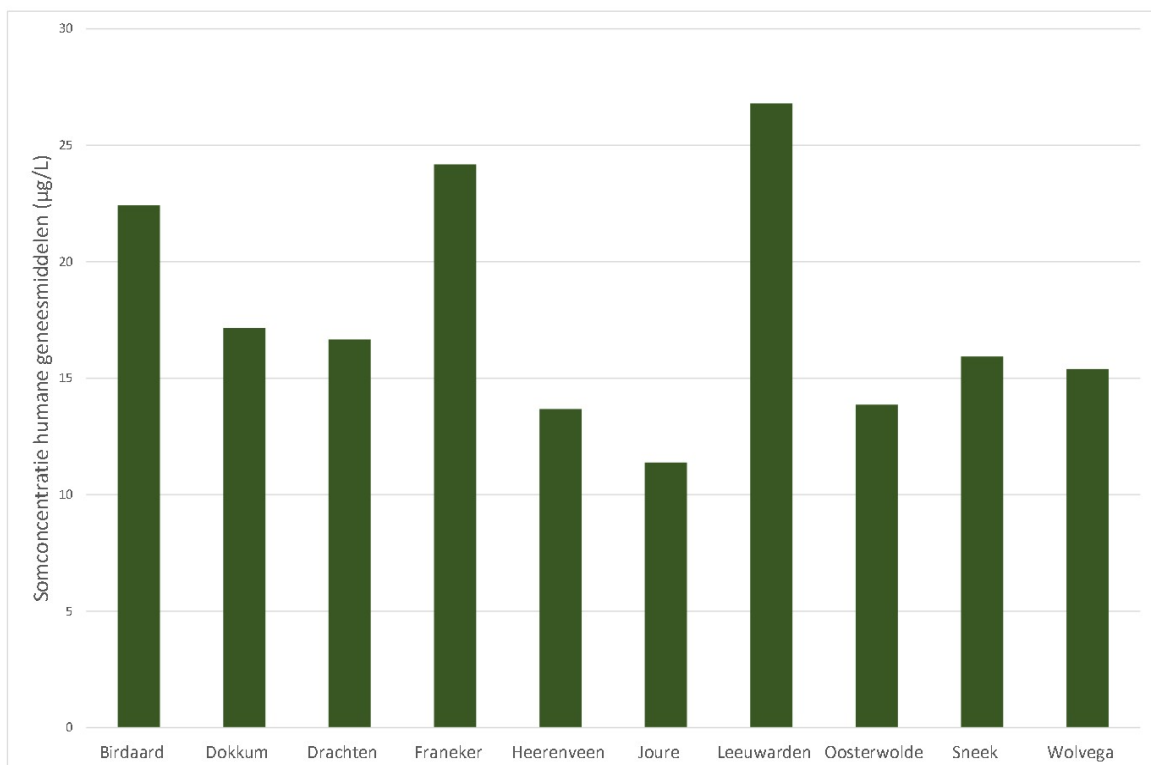
Geneesmiddelen

Het totale aantal aangetroffen geneesmiddelen varieert tussen de 23 en 27 per rwzi effluent (Figuur 11). In het effluent van Franeker en Heerenveen worden de meeste geneesmiddelen aangetroffen, terwijl in Joure, Sneek en Oosterwolde juist iets minder middelen worden gevonden.

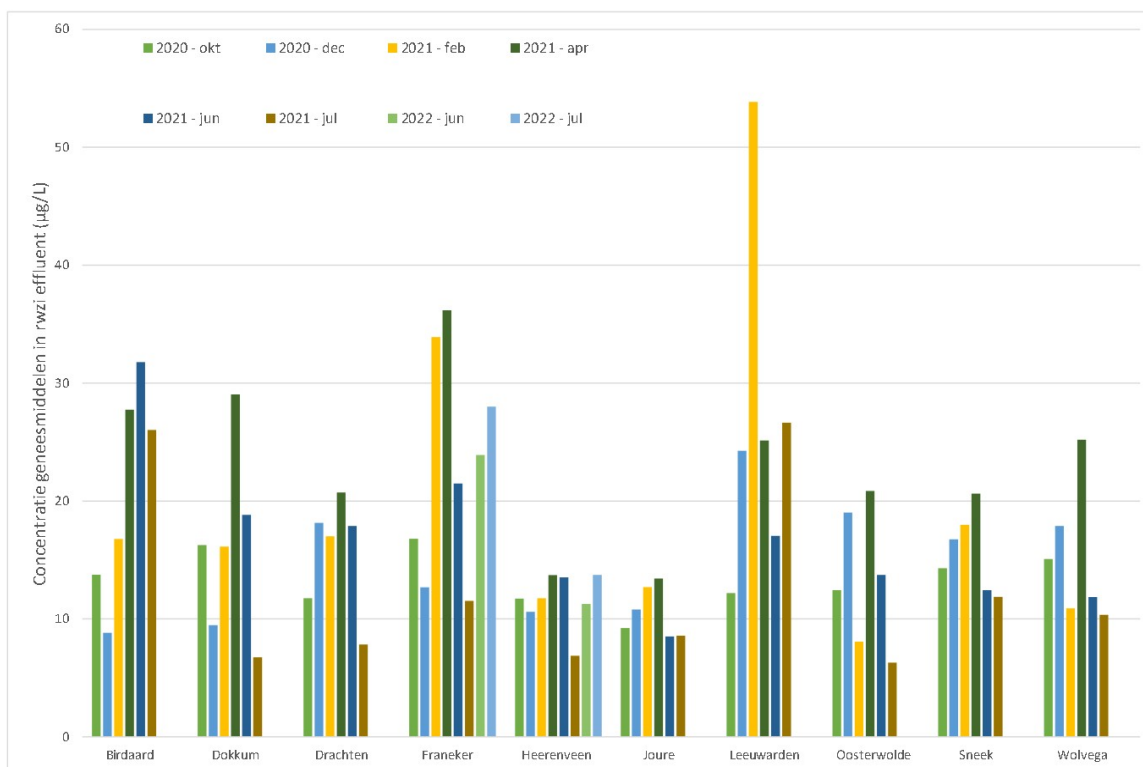


Figuur 11 Aantal aangetroffen geneesmiddelen per rwzi.

De gemiddelde somconcentratie van geneesmiddelen (Figuur 12) is het hoogst in Leeuwarden en wordt voor een groot deel (circa 50%) verklaard door iomeprol (röntgencontrastmiddel). De totale concentratie in het effluent van Franeker en Birdaard is ook verhoogd ten opzichte van de andere rwzi's en wordt grotendeels door iomeprol veroorzaakt (voor circa 30%). De variatie in somconcentratie geneesmiddelen in de effluënten is 6,3- 53,8 µg/L (gemiddeld: 16,9 µg/L) (Figuur 13). De effluënten van rwzi Heerenveen en Joure zitten continu onder de gemiddelde somconcentratie geneesmiddelen.



Figuur 12 Somconcentratie geneesmiddelen per rwzi (gebaseerd op metingen boven de rapportagegrens).

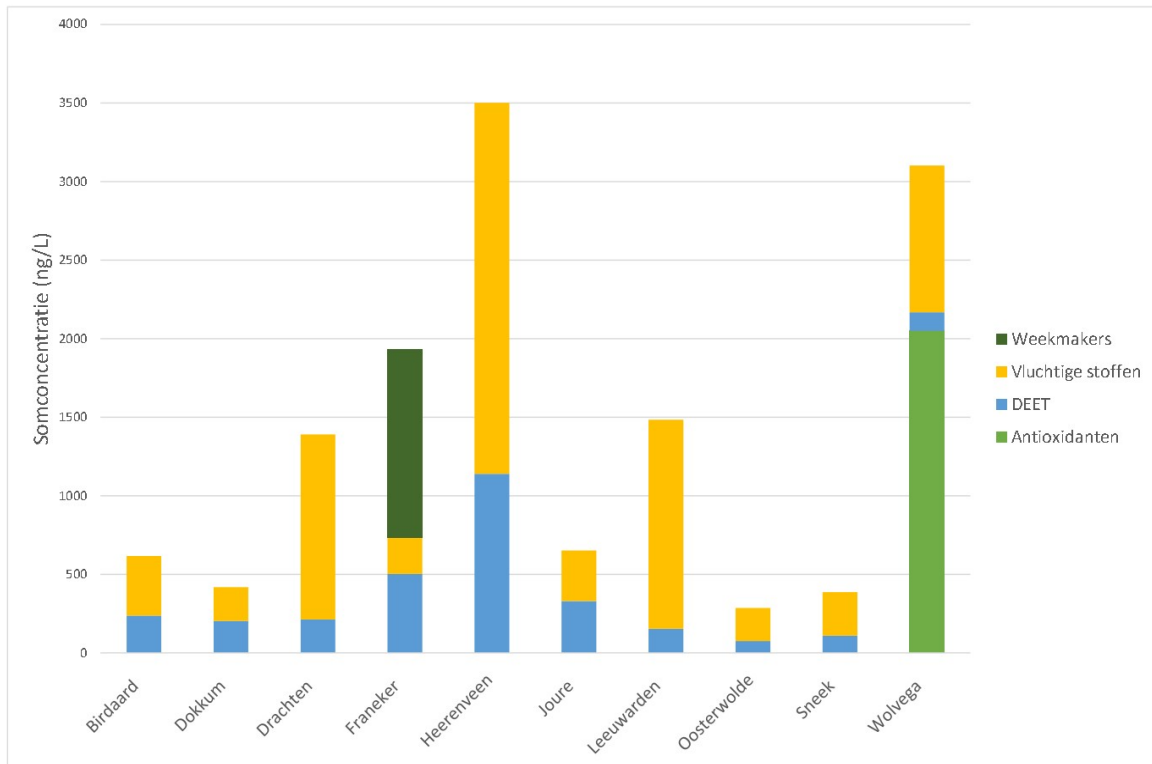


Figuur 13 Concentratie (ng/L) van geneesmiddelen in rwzi-effluent in de periode 2020-2022.

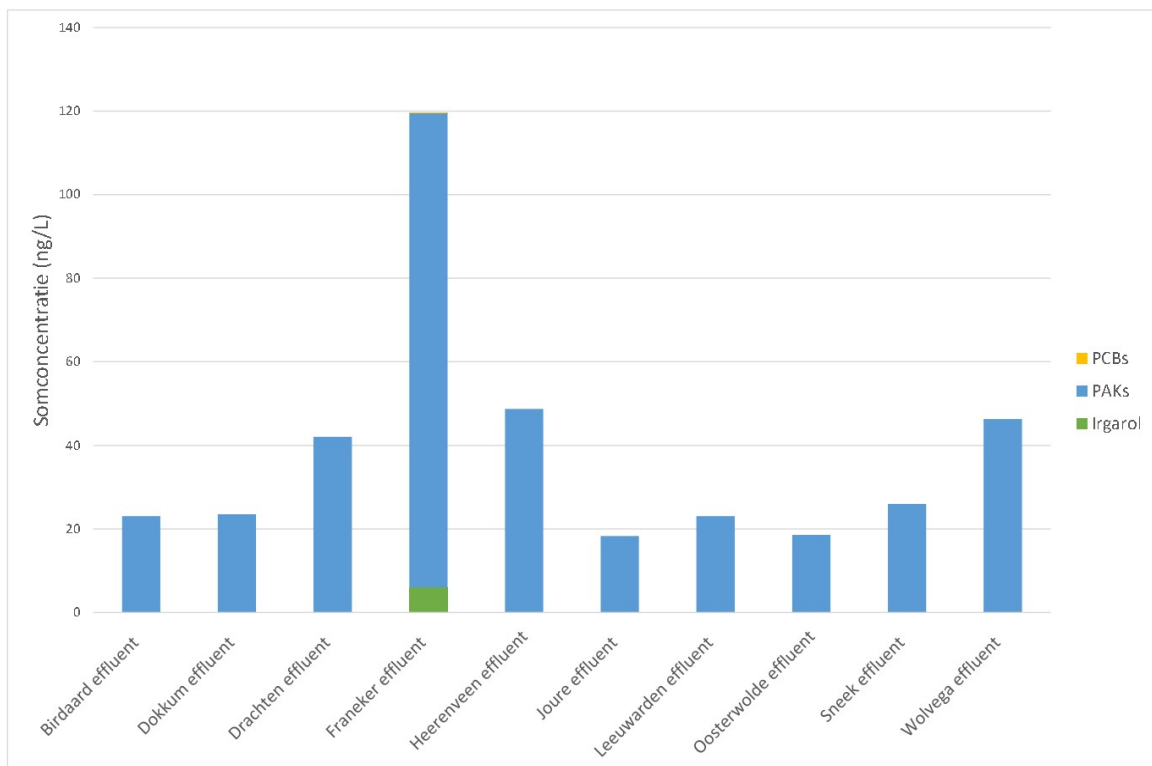
Overige stoffen

In Figuur 14 en Figuur 15 zijn de somconcentraties van overige aangetroffen stoffen zoals weekmakers, antioxidanten, vluchtige stoffen, PCBs, PAKs, DEET en Irgarol (aangroei werend middel) weergegeven. Vluchtige stoffen worden juist vooral in het effluent van rwzi Drachten, Leeuwarden, Wolvega en Heerenveen gevonden. Het effluent van rwzi Franeker valt voor meerdere stofgroepen (PAKs, PCBs, weekmakers, irgarol) op in negatieve zin in vergelijking met de andere rwzi's. Het aanbod van stoffen is in Franeker waarschijnlijk hoger, maar ook specifiek door de aanwezige industrie (scheepswerven).

Het insect afwerende middel DEET wordt in alle rwzi's, maar is opvallend verhoogd (minimaal een factor 2) in het effluent van rwzi Heerenveen. De antioxidant BHT wordt alleen in het effluent van rwzi Wolvega waargenomen.



Figuur 14 Somconcentratie weekmakers, vluchtige stoffen, antioxidanten en DEET per rwzi (gebaseerd op metingen boven de rapportagegrens).

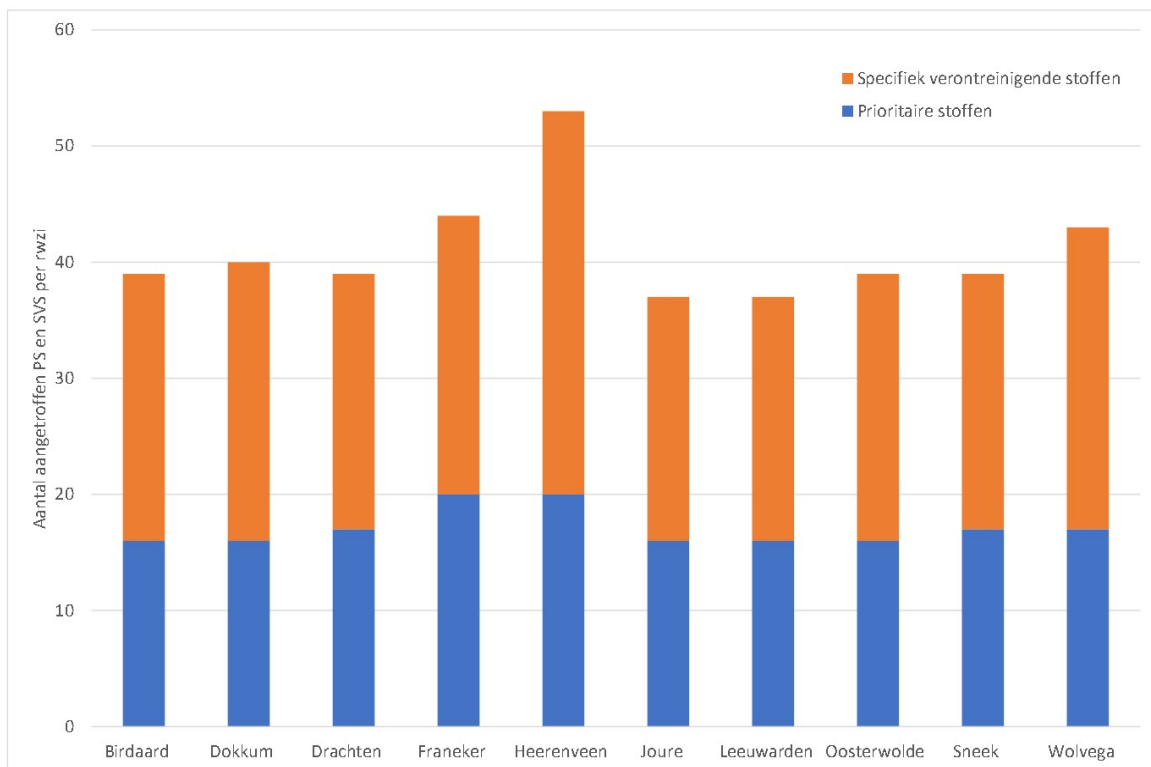


Figuur 15 Somconcentratie PCBs, PAKs en Irgarol per rwzi (gebaseerd op metingen boven de rapportagegrens).

KRW – prioritaire en specifiek verontreinigende stoffen

Binnen de KRW wordt een ecologie en chemie spoor onderscheiden. De chemie wordt beoordeeld op basis van 45 stof(groepen), de zogenaamde prioritaire stoffen (PS), die allemaal aan bijbehorende Europees vastgestelde normen moeten voldoen. Onder het ecologiespoor vallen de specifiek verontreinigende stoffen (SVS). Normen voor de SVS worden per land vastgesteld. In oktober 2022 is een voorstel ingediend door de Europese Commissie om de lijst met PS uit te breiden van 45 stof(groepen) naar 66 stof(groepen)³. Voorgesteld wordt om vier stoffen van de lijst af te voeren (simazine, alachloor, chloorfenvinfos en tetrachloorkoolstof) en 21 toe te voegen (o.a. medicijnresten, hormonen, glyfosaat, PFAS en neonicotinoïden).

Tijdens de 66 bemonsteringen in het effluent van de rwzi's zijn in totaal 28 PS en 44 SVS aangetroffen. Ruim 40% van de aangetroffen stoffen in de rwzi effluenten staat dus op een KRW-lijst. Het laagste aantal PS en SVS wordt gevonden in Joure en Leeuwarden, terwijl in Wolvega, Franeker en vooral in Heerenveen juist het meeste aantal PS en SVS worden waargenomen (Figuur 16).

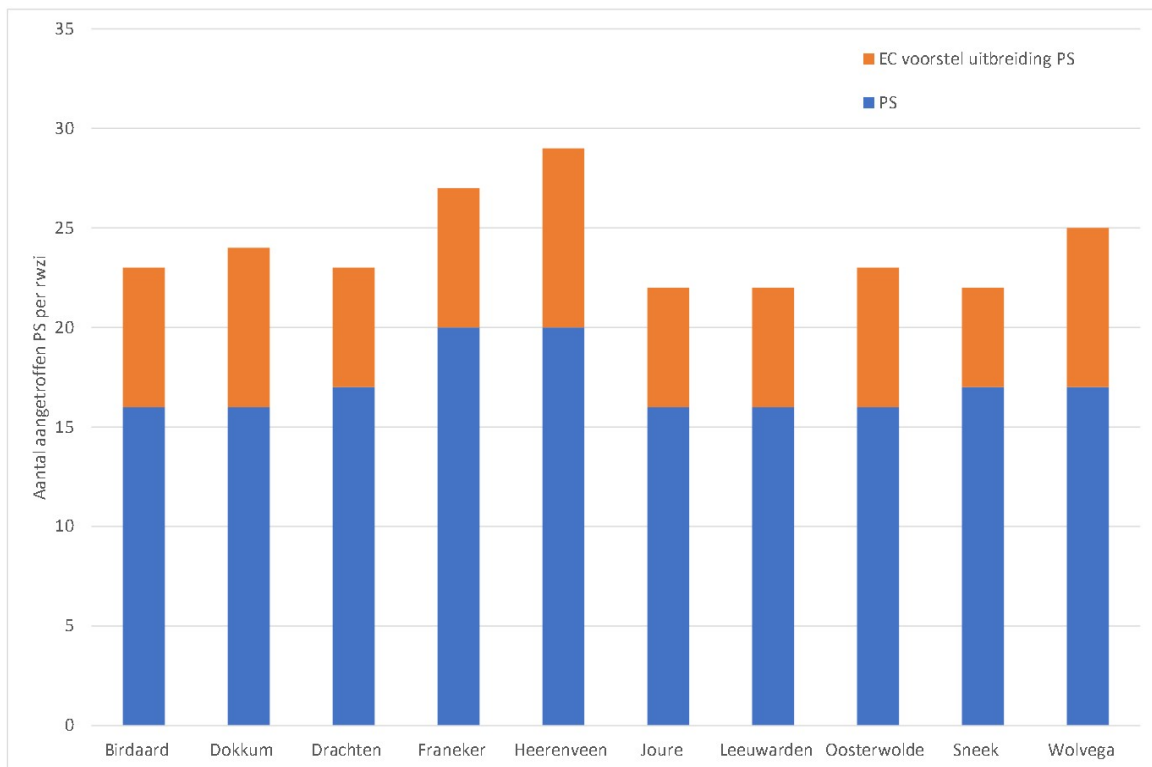


Figuur 16 Aantal aangetroffen prioritaire stoffen (PS) en specifiek verontreinigende stoffen (SVS) in rwzi effluent in de periode 2020-2022.

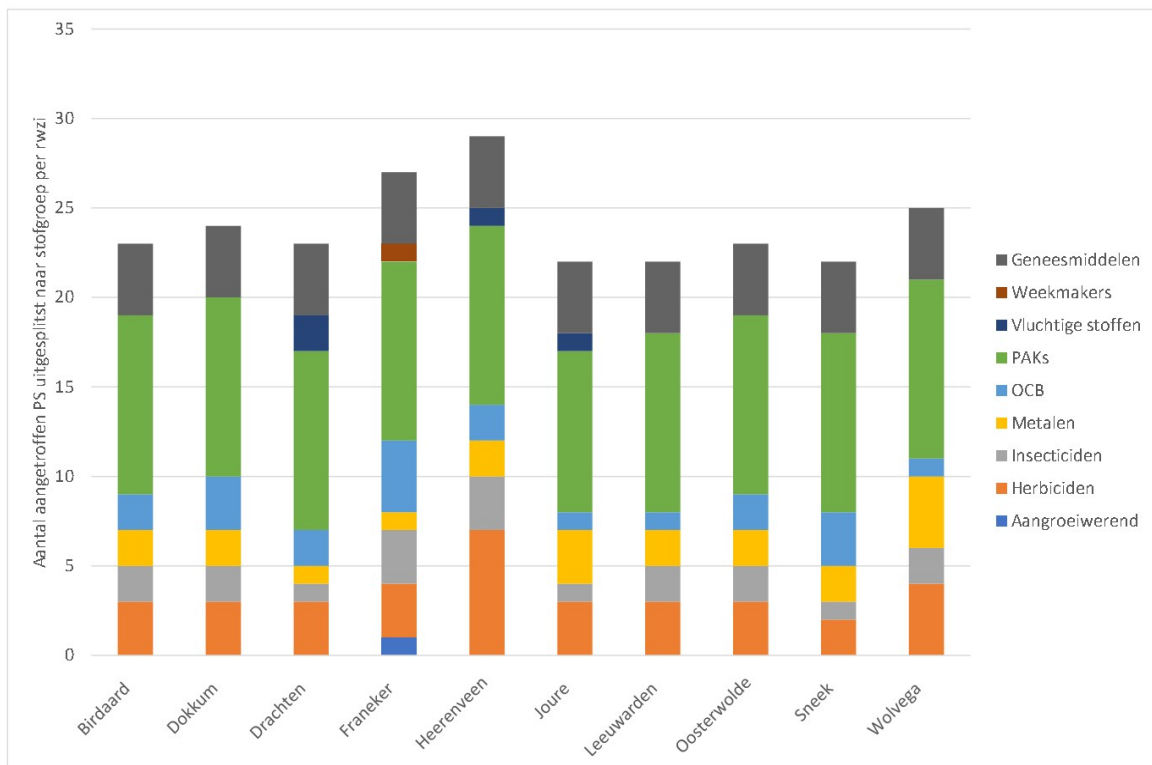
Verder inzoomend op de PS en de ontwikkelingen die op handen zijn om de PS-lijst uit te breiden vanuit Europa, neemt het aantal aangetroffen KRW-stoffen verder toe (Figuur 17). De aangetroffen PS zijn te verdelen in negen stofgroepen (Figuur 18). Op alle rwzi's zijn de PAKs dominant aanwezig. In Heerenveen zijn veel herbiciden aanwezig en het effluent van Franeker bevat stofgroepen (weekmakers en aangroeiwerende middelen) die alleen daar worden aangetroffen. Alleen in Drachten, Heerenveen en Joure worden vluchtige stoffen waargenomen die op de PS-lijst staan. Qua aantallen aangetroffen OCBs valt rwzi Franeker negatief op.

³ De PS lijst is al eerder uitgebreid door de Europese commissie (EC) van 33 naar 45 stoffen. De 33 stoffen van de eerste PS lijst moeten in 2027 voldoen, de stoffen 34-45 moeten in 2039 voldoen. Als het nieuwe voorstel van de EC betreffende de PS lijst wordt vastgesteld moeten deze stoffen maximaal 18 jaar daarna voldoen aan de normen.

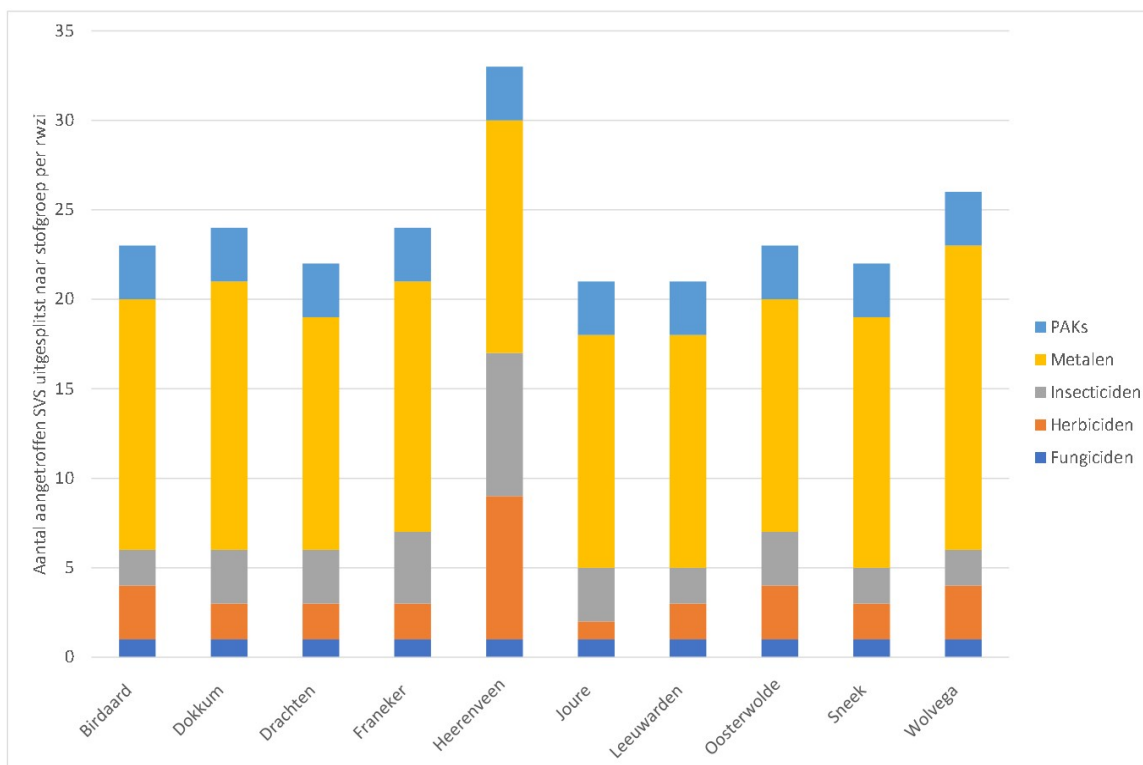
De SVS zijn op te splitsen in vijf stofgroepen, bestrijdingsmiddelen, metalen en PAKs (Figuur 19). Op alle rwzi's zijn de metalen dominant aanwezig in de rwzi effluënten. Voor Heerenveen, valt net als bij de PS op dat er veel herbiciden worden gevonden, maar bij de SVS ook veel insecticiden.



Figuur 17 Aantal aangetroffen prioritaire stoffen + kandidaat stoffen op de uitbreidingslijst van de Europese commissie (EC 2022) in de periode 2020-2022 in rwzi effluënten.



Figuur 18 Aantal aangetroffen PS uitgesplitst per stofgroep voor de in 2020-2020 onderzochte rwzi's.



Figuur 19 Aantal aangetroffen SVS uitgesplitst per stofgroep voor de in 2020-2020 onderzochte rwzi's.

Probleemstoffen KRW 2022

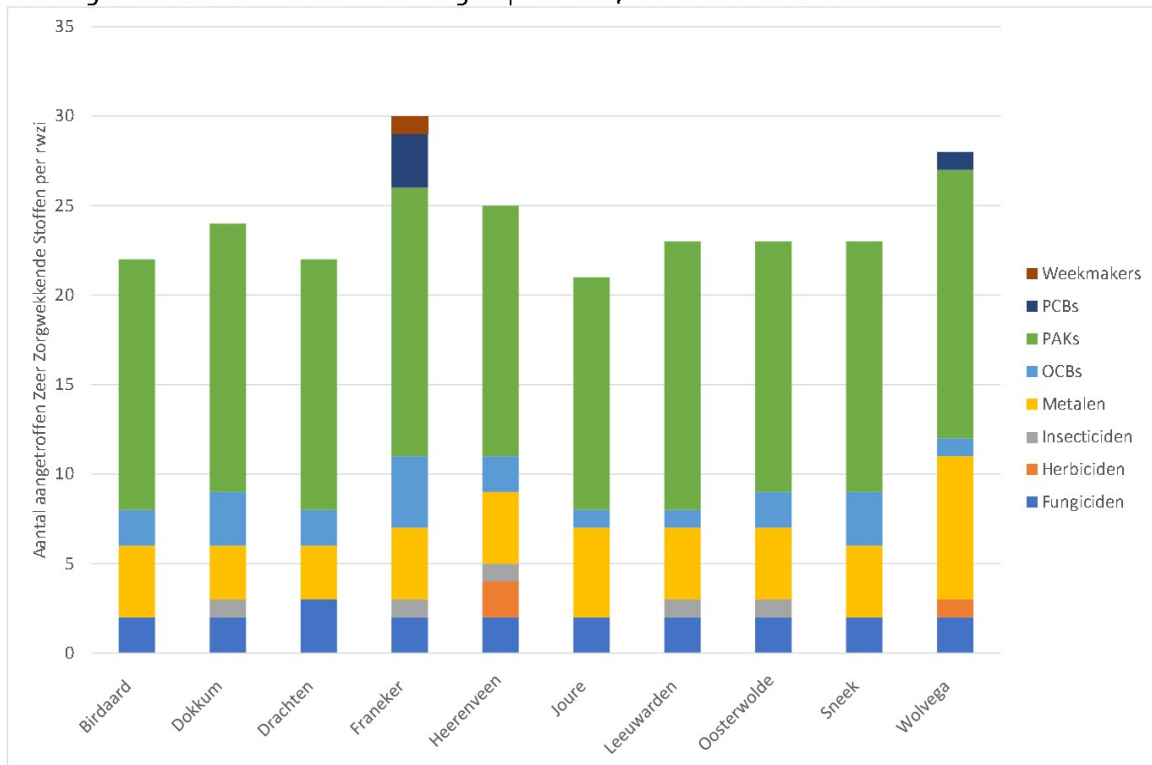
Tijdens de KRW toetsing in 2022 zijn voor dertien stoffen normoverschrijdingen geconstateerd (zie de KRW factsheets). Negen van deze stoffen zijn geanalyseerd in dit onderzoek, waarvan er zes zijn aangetoond in de effluënten. De metalen arseen, kobalt en zink en de PAK benzo(a)anthraceen treffen we continu aan in alle effluënten. Op basis van gemiddelde aangetroffen concentraties overschrijden deze stoffen continu de JGM norm voor oppervlaktewater. Seleen wordt in bijna de helft van de gevallen gevonden in rwzi effluënten (uitsluitend in maanden april-juli; kunstmestgebruik). Ook voor seleen geldt dat de gemiddelde concentratie die is waargenomen in de effluënten hoger is dan de JGM norm voor oppervlaktewater. Tenslotte is zilver maar twee keer aangetroffen in een effluent en daardoor niet te linken aan eventuele waterkwaliteitsproblemen. De verontreinigingen in effluënten van rwzi's spelen zeker een rol bij de aangetroffen overschrijdingen.

zorgwekkende stoffen

Het landelijk waterkwaliteitsbeleid is erop gericht om ZZS met een combinatie van bronaanpak, minimalisatie van de restlozing en continue verbetering aan te pakken. De selectiecriteria van ZZS zijn: 1) kankerverwekkend, mutageen, giftig voor de voortplanting of 2) persistent, bio-accumulerend en giftig of 3) **J** persistent en **J** bio-accumulerend of 4) van soortgelijke zorg (zoals hormoon verstorende stoffen). De lijst met ZZS is inmiddels lang, er staan ruim 2100 stoffen op deze lijst (RIVM).

In totaal zijn 46 ZZS aangetroffen tijdens de bemonsteringen in de rwzi effluënten (Figuur 20). Het betreft in afnemende aantallen: PAKs, metalen, bestrijdingsmiddelen, OCBs, PCBs en weekmakers. In de rwzi van Joure is het laagste aantal van 21 ZZS aangetroffen, terwijl in rwzi Franeker het hoogste aantal van 30 ZZS is waargenomen. Het beeld is enigszins vergelijkbaar met de KRW-

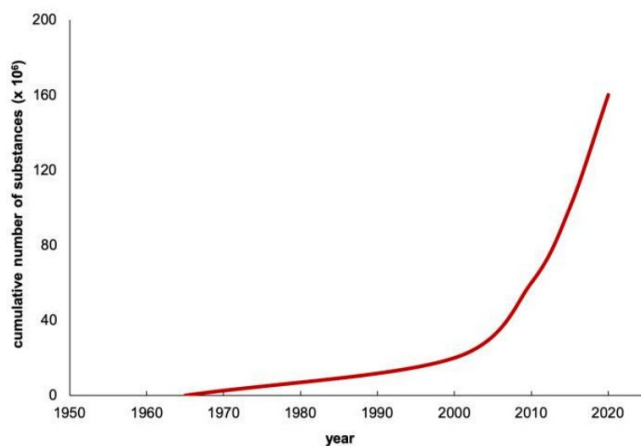
stoffen, dus meer bestrijdingsmiddelen in het effluent van Heerenveen en het effluent in Franeker laat hogere aantallen ZZS zien voor de groepen PCBs, OCBs en weekmakers.



Figuur 20 Aantal aangetroffen ZZS uitgesplitst per stofgroep voor de in 2020-2020 onderzochte rwzi's.

Normoverschrijdende stoffen

Naast het feit dat een stof op een prioritaire, specifiek verontreinigende of een J zorgwekkende lijst met aangewezen stoffen staat, is de aangetroffen concentratie van een stof natuurlijk ook belangrijk. Naast de stoffen van de verschillende stoflijsten wordt aanvullend uiteraard een breed scala aan andere stoffen gebruikt. Zo wordt wereldwijd elke 1,4 seconde een nieuwe chemische stof geregistreerd en komen er jaarlijks meer dan twintig miljoen stoffen bij (Figuur 21). Helaas kunnen maar een klein deel van deze stoffen (< 0,1%) worden geanalyseerd door laboratoria. Ondanks deze feiten treffen we in de rwzi effluenten 56 stoffen aan die een norm voor oppervlaktewater overschrijden (Tabel 1).



Proefschrift de Baat, 2020

Figuur 21 Cumulatieve aantal geregistreerde stoffen.

Tabel 1 Aangetroffen stoffen in rwzi effluenten, waarbij de concentraties hoger zijn dan de norm voor oppervlaktewater. Concentraties allemaal in ng/l.

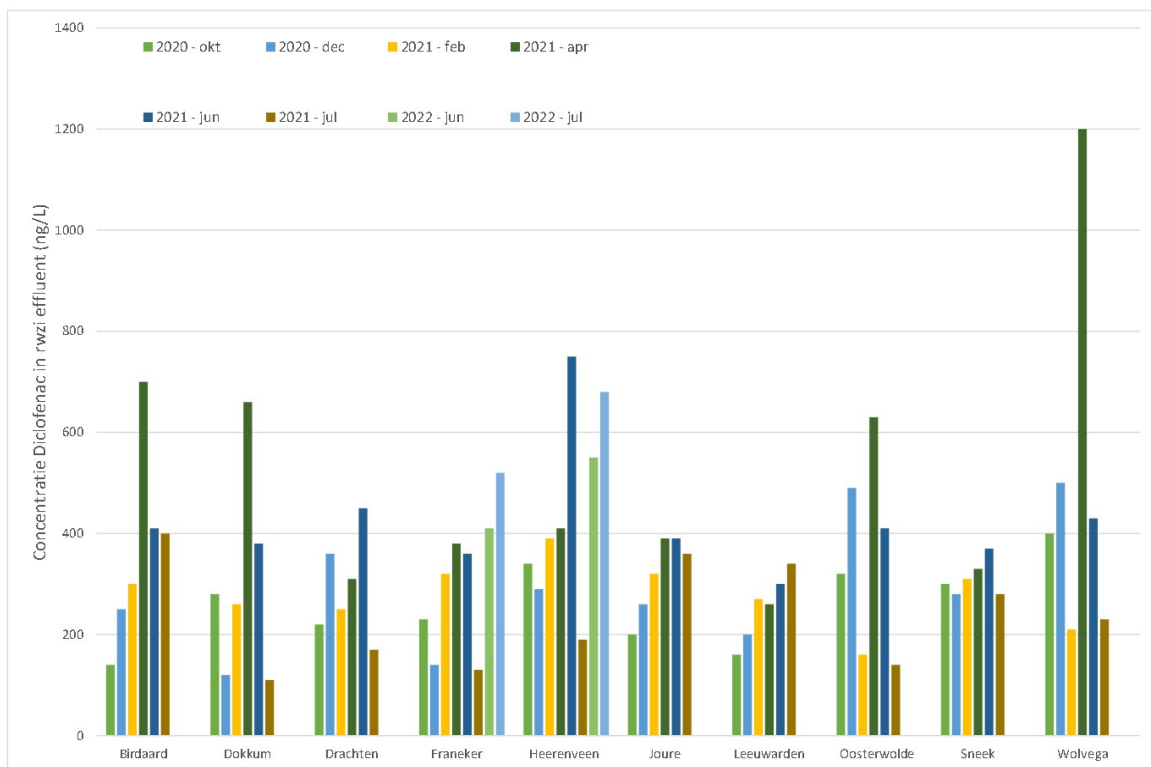
Stofgroep	Stof	Aangetroffen	MAC	JGM	MTR	PNEC	Maximale waarde	Gemiddelde waarde
Huisdiergeneesmiddel	Imidacloprid	66	200	8,3			220	62
Huisdiergeneesmiddel	Diazinon	66		37			140	9
Geneesmiddel	Citalopram	66				6,35	210	130
Geneesmiddel	Diclofenac	66				50	1200	354
Geneesmiddel	Oxazepam	66				4,81	1100	560
Geneesmiddel	Carbamazepine	66	1600000	500			800	384
Metalen	Arseen	64	8000	500			11000	2373
PAK	Fluorantheen	63	120	6,3			50	8
Geneesmiddel	Propranolol	63				20	200	75
Geneesmiddel	Sulfamethoxazole	63				118	470	172
PAK	Benzo(a)pyreen	62	270	0,17			9	1
Metalen	Cobalt	62	1360	200			4100	877
PAK	Benzo(a)anthraceen	61	280	0,64			10	1
Insect afwerend middel	Diethyltoluamide (DEET)	61			110		4700	305
Geneesmiddel	Venlafaxin	61				38	630	269
Metalen	Zink	60	15600	7800			160000	49620
PAK	Pyreen	59	23	23			32	7
PAK	Chryseen	59	170	2,9			10	2
Metalen	Boor	59	450000	180000			210000	87296
Geneesmiddel	Azithromycine	58				19	820	323
Metalen	Koper	57		2400			300000	9108
Huisdiergeneesmiddel	Fipronil	56			0,07		25	14
Geneesmiddel	Clindamycine	54				100	250	60
Metalen	Nikkel	53	34000	4000			7100	2371
Herbiciden	Simazine	35	4000	1000			1600	39
Geneesmiddel	Claritromycine	35				120	1100	128
Herbiciden	MCPA	33	15000	1400			3000	449
Metalen	Seleen	31	24600	52			230	14,8
Herbiciden	Terbutylazine	29	1800	320			470	43
Metalen	Lood	26	14000	1200			1500	453
Metalen	Tin	26	36000	600			1400	264
PAK	Dibenzo(a,h)anthraceen	22			1,02		2	1
Herbiciden	Metribuzin	21	1100	120			280	47
OCB	Hexachloorbenzeen (HCB)	20	50	0,026			0,4	0,1
OCB	o,p-DDD	16			3,94		28	5
Insecticiden	Pirimicarb	15	1800	90			180	9
Fungiciden	Fluxapyroxad	15	3600	3600			4800	790
Insecticiden	Thiamethoxam	14		140			200	27
Metalen	Uranium	13	8600	170			400	149
Herbiciden	Dimethenamid-p	11	1600	130			200	42
Herbiciden	Atrazine	10	2000	600			1300	128
Insecticiden	Thiacloprid	9	110	10			170	68
Herbiciden	Diuron	8	1800	200			1500	395
Metalen	Cadmium	5	450	80			80	38
Herbiciden	Monolinuron	5	150	150			540	199
Herbiciden	Metazachloor	5	480	80			110	58
Metalen	Kwik	3	70	0,07			23	15
Herbiciden	Chloortoluron	3	2300	400			1200	465
Herbiciden	Mesotrione	3			77		120	64
Metalen	Zilver	2	10	10			480	465
Insecticiden	Pirimifos-methyl	2	1,6	0,5			1	1
Insecticiden/Huisdiergeneesmiddel	Propoxur	2		10			110	87
Aangroeiwerend middel	Cybutryn (Irgarol)	2	16	2,5			7	6
Insecticiden/Huisdiergeneesmiddel	Spinosad A+D	1			24		160	160
Herbiciden	Clethodim	1	13000	1000			1100	1100
Fungiciden	Fenpropidin	1			14		29	29

De stoffen in Tabel 1 zijn geselecteerd op aanwezigheid in het effluent. Een deel van de stoffen is continu aanwezig in het effluent van de rwzi's. Het valt op dat dit vooral huisdiergeneesmiddelen (antivlooien- en ontwormingsmiddelen), geneesmiddelen, metalen, PAKs, en DEET betreft.

Geneesmiddelen

Wanneer getoetst wordt aan de normen voor oppervlaktewater, dan zijn tien geneesmiddelen in hogere concentraties aangetroffen in de effluenten, waarvan zeven min of meer continu op basis

van de gemiddelde aangetroffen concentratie, dit zijn oxazepam, diclofenac, citalopram, sulfamethoxazool, propranolol, venlafaxin en azithromycine. In Figuur 22 een voorbeeld van het concentratieverloop van diclofenac in de effluënten van de tien rwzi's. De veilig geachte concentratie (PNEC) in het oppervlaktewater is 50 ng/L. Alle meetmomenten liggen boven deze waarde, dus er zijn potentiële risico's voor het waterleven in de nabije omgeving van het lozingspunt van de rwzi's. Op basis van diclofenac metingen in het oppervlaktewater heeft Wetterskip Fryslân in de nabijheid van rwzi's ook reeds meerdere overschrijdingen van de PNEC waarde geconstateerd. De overschrijding van diclofenac in natuurgebied de Deelen (2018) is niet logischerwijs te verklaren door de geconstateerde verhoogde gehalten in rwzi effluent. Sulfamethoxazool en venlafaxin zijn in de effluënten van Birdaard, Dokkum en Franeker verhoogd aanwezig. Propranolol is juist in het effluent van rwzi Oosterwolde verhoogd ten opzichte van de andere rwzi's en azithromycine laat dit beeld enigszins zien voor rwzi Wolvega.




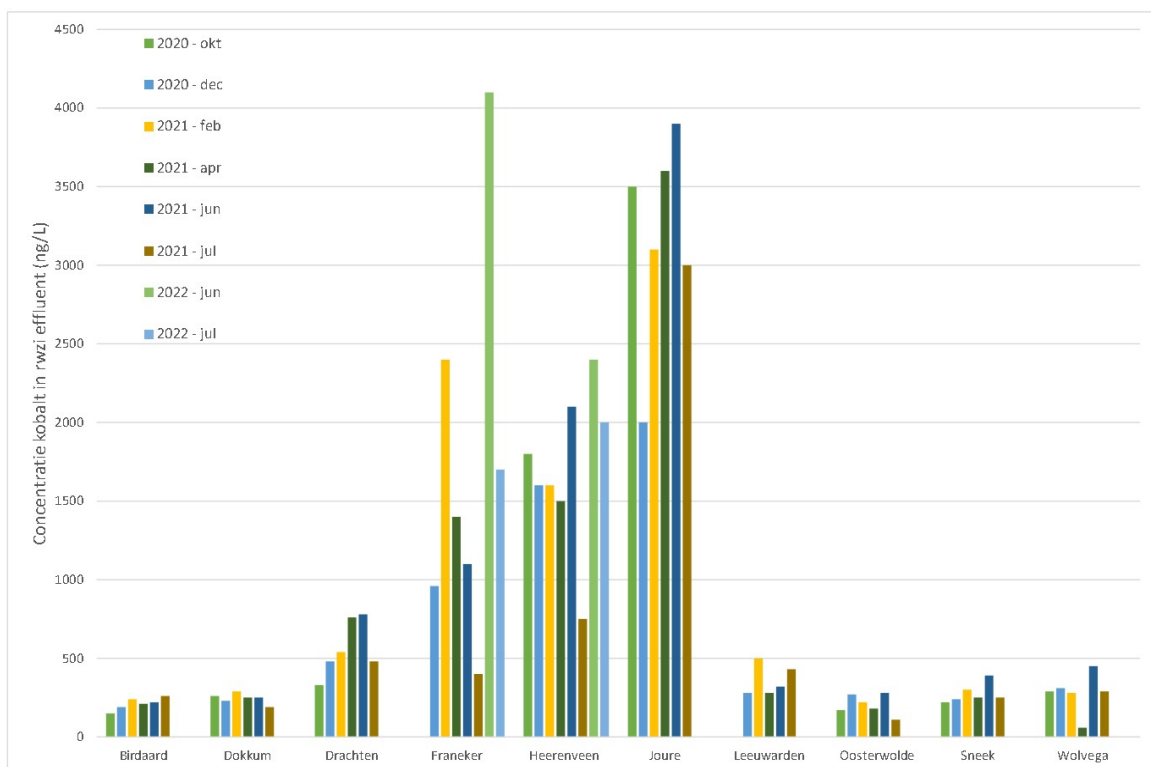
Figuur 22 Concentratie (ng/L) van het geneesmiddel Diclofenac in rwzi-effluent in de periode 2020-2022.

In Franeker valt op dat paracetamol vaak in het effluent wordt aangetroffen (nooit normoverschrijdend), terwijl deze stof op de andere rwzi's bijna altijd volledig wordt verwijderd. De aanwezigheid van paracetamol in het effluent van rwzi Franeker zou verklaard kunnen worden door een afwijkend zuiveringsconcept t.o.v. de overige rwzi's. De rwzi in Franeker werkt met oxidatiebedden en zandfilters (slib op dragers). De 26 andere rwzi's van Wetterskip Fryslân gebruiken zogenaamde actiefslibsystemen: een combinatie van beluchting en bacteriën (gesuspendeerde slibvlokken). Een andere mogelijkheid is dat het aanbod van paracetamol richting de rwzi Franeker hoger is dan voor de overige rwzi's.

Metalen

Dertien metalen zijn aangetroffen in de effluënten in concentraties die de norm voor oppervlaktewater overschrijden, waarvan vier min of meer continu op basis van de gemiddelde aangetroffen concentratie, dit zijn arseen, kobalt, zink en koper. In Figuur 23 een voorbeeld van het concentratieverloop van kobalt in de effluënten van de tien rwzi's (nb. nikkel laat hetzelfde beeld zien). De veilig geachte concentratie in het oppervlaktewater is 1360 ng/L (MAC; norm voor acute

toxiciteit) en 200 ng/L (JGM; norm voor chronische toxiciteit). RWZI Franeker, Heerenveen en Joure hebben een afwijkend patroon met veel hogere concentraties dan de overige rwzi's. De driegenomde rwzi's lozen kobalt 'continu' boven de maximaal geaccepteerde concentratie (MAC) richting het oppervlaktewater. Voor arseen zijn de concentraties in Birdaard, Dokkum, Franeker, Leeuwarden en Sneek verhoogd in afnemende volgorde in vergelijking met de andere rwzi's. Als de geografische ligging van deze rwzi's wordt vergeleken met het pyrietgehalte in de ondergrond dan blijkt dat de effluent concentraties  waarschijnlijk een verband lijken te houden met de pyriet concentraties in de ondergrond. Voor zink zijn het juist de effluenten van Birdaard, Dokkum en Franeker die lager uitvallen dan de andere rwzi's. Koper laat een vergelijkbaar beeld zien tussen de rwzi's met een enorme uitschieter voor Sneek in februari 2021 en hogere waarden voor bijna alle rwzi's in juni 2021.



Figuur 23 Concentratie (ng/L) van het metaal kobalt in rwzi-effluent in de periode 2020-2022.

Het gehalte cadmium in het effluent van rwzi Joure is verhoogd en kwik wordt alleen in normoverschrijdende concentraties waargenomen in Wolvega en Franeker. Opvallend is dat antimoon, chroom en seleen bijna alleen in de maanden april, juni en juli worden aangetroffen en niet in de wintermaanden. Tin wordt duidelijk vaker en in hogere concentraties aangetroffen in het effluent van rwzi Leeuwarden. Lood is vooral aanwezig in de effluenten van Oosterwolde, Heerenveen en Leeuwarden en wordt in Drachten, Franeker en Dokkum helemaal niet gevonden. In het effluent van Drachten en Oosterwolde wordt aluminium continu waargenomen, maar af en toe in Wolvega, Birdaard en Heerenveen en niet in de andere rwzi's.

Toxische druk

Op basis van metingen in oppervlaktewater is de toxische druk in de periode 2013-2018 qua metalen verhoogd op de locaties in het noordelijk kleigebied (Figuur 24). Op basis van somconcentraties metalen zijn de effluentgehalten van Birdaard en Dokkum verhoogd en te rijmen met dit beeld, maar de hogere concentraties in Joure, Sneek en Heerenveen worden niet weerspiegeld in Figuur 24. De metalen arseen, boor, uranium en vanadium zijn verhoogd aangetroffen in de effluenten van

de rwzi's gelegen in het noordelijk kleigebied t.o.v. de overige rwzi's en zouden dus een rol kunnen spelen in deze verhoogde toxische druk.



Figuur 24 Toxische druk vanuit de geanalyseerde metalen in de periode 2013-2018, opgedeeld in vijf klassen (Postma et al. 2021).

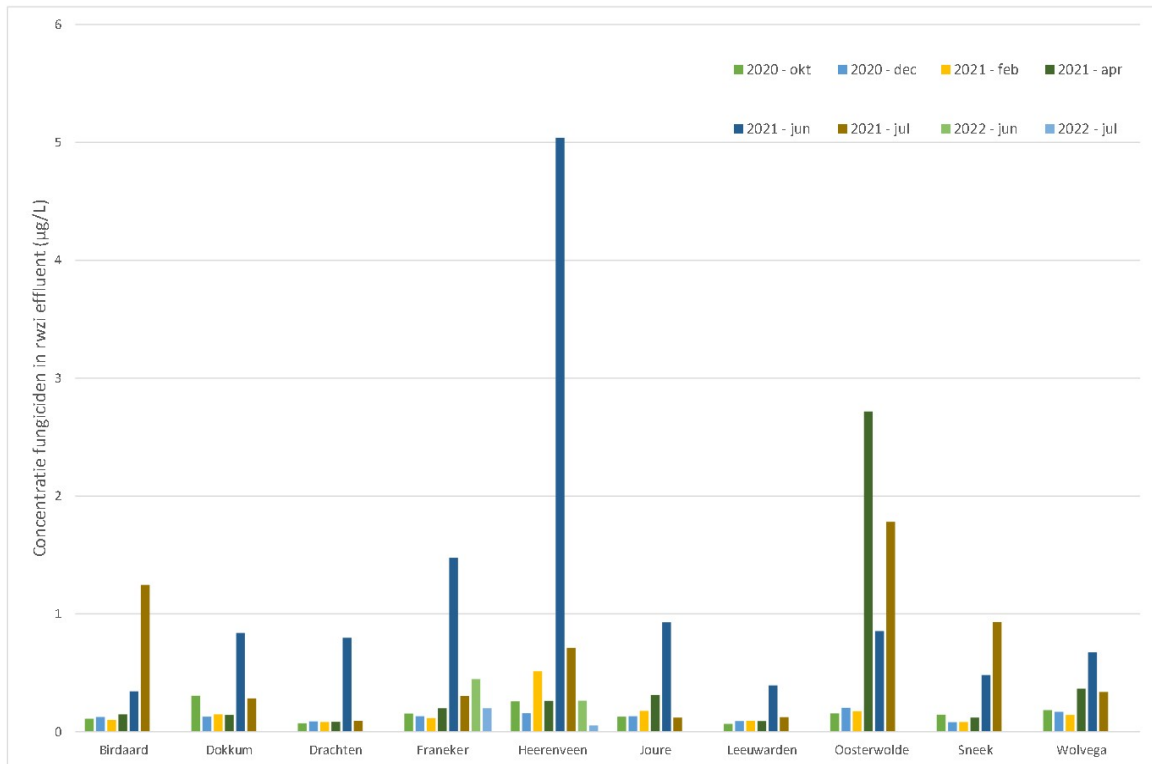
Bestrijdingsmiddelen

In totaal zijn 26 bestrijdingsmiddelen normoverschrijdend aangetroffen in de rwzi effluenten. Huisdiergeneesmiddelen en DEET zijn continu aanwezig in de effluenten. De rest van de normoverschrijdende bestrijdingsmiddelen zijn incidenteel tot maximaal de helft van de meetmomenten waargenomen. Herbiciden domineren de groep van normoverschrijdende bestrijdingsmiddelen.

Fungiciden (anti-schimmelmiddelen)

Het gebruik van fungiciden is meerledig. Het zijn middelen die gebruikt worden op schillen van citrusvruchten, in de houtverduurzaming en natuurlijk ook in de professionele als hobbymatige akkerbouwactiviteiten. De aangetroffen concentraties fungiciden in het effluent van de rwzi's zijn duidelijk in overeenstemming met het gebruik van deze middelen. De hogere concentraties per rwzi's zijn vastgesteld in de zomermaanden (Figuur 25). In totaal zijn 30 fungiciden aangetoond in het effluent van de 10 onderzochte rwzi's.

De twee fungiciden (fenpropidin en fluxapyroxad) die zijn gevonden in de effluenten overschrijden de norm voor oppervlaktewater beide maar één keer. Fluxapyroxad is in alle rwzi's aangetroffen in juni 2021 en op de helft van de rwzi's in juli 2021.

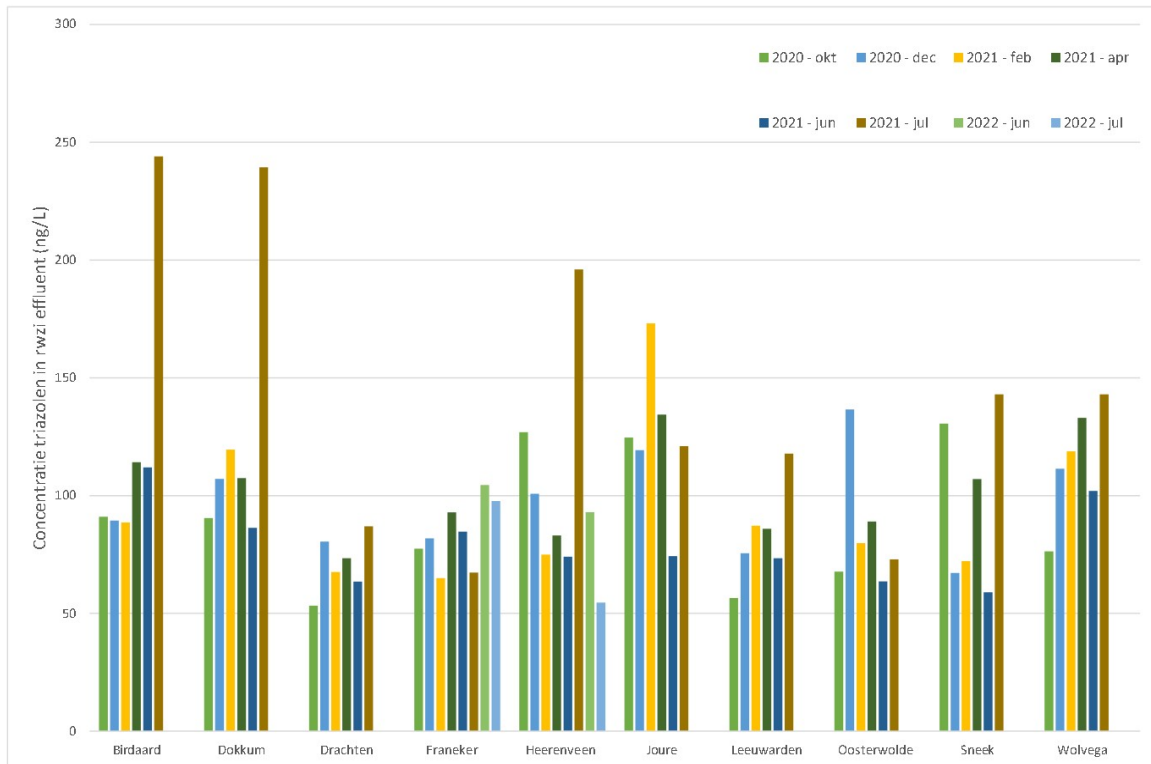


Figuur 25 Concentratie ($\mu\text{g/L}$) van fungiciden in rwzi-effluent in de periode 2020-2022.

Azolen

Binnen de groep van fungiciden spelen de triazolen een dubbelrol. Naast de toelating als bestrijdingsmiddel worden ze ook vaak gebruikt als biocide (bijv. houtverduurzamingsmiddel) of geneesmiddel (bijv. thiabendazool). Het aandeel van de triazolen in de totale fungicide concentratie is met gemiddeld 55% fors en wordt grotendeels veroorzaakt door de continue aanwezigheid van tebucona-, thiabenda- en propiconazool (Figuur 26). Geen van deze azolen is normoverschrijdend aangetoond in de effluënten.

De azolen staan volop in de belangstelling omdat het gebruik van deze middelen kan leiden tot resistente vormen van de schimmel *Aspergillus fumigatus*. Deze veel voorkomende schimmel wordt ook aangetroffen bij patiënten met longinfecties. De resistente schimmels kunnen dan ook resistent zijn tegen humane geneesmiddelen op basis van azolen waardoor infecties moeilijk zijn te behandelen.

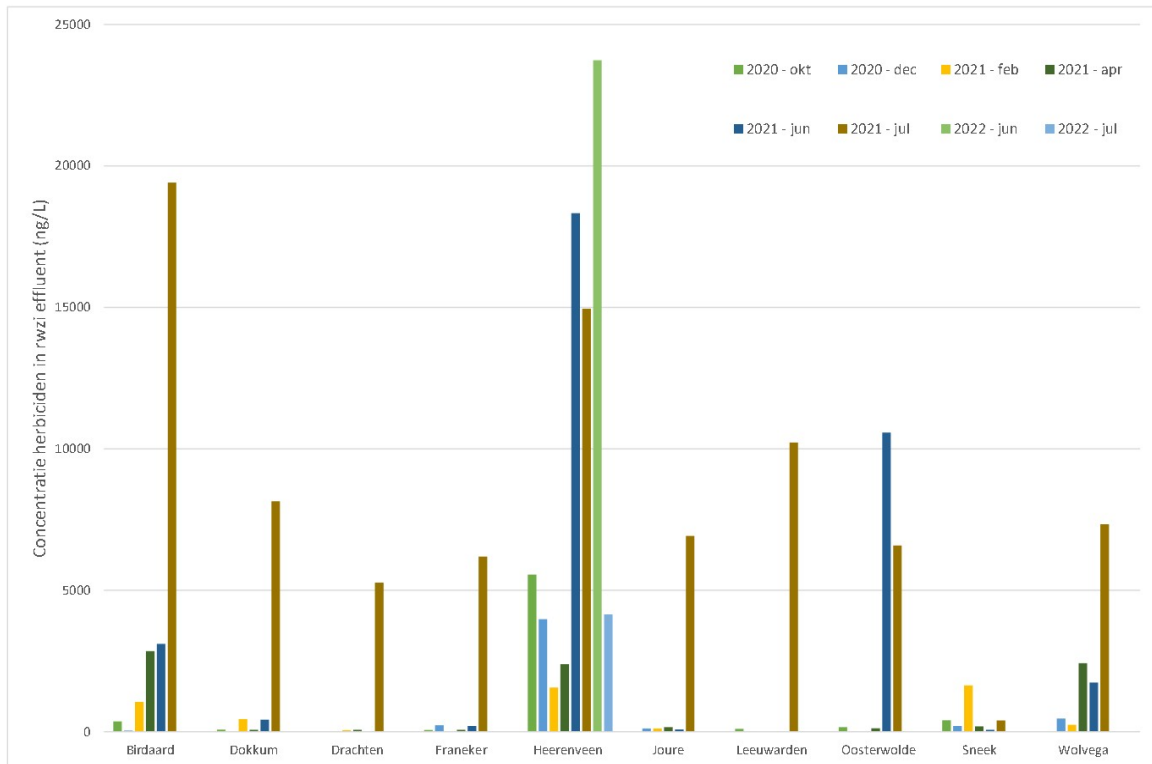


Figuur 26 Concentratie (ng/L) van triazolen in rwzi-effluent in de periode 2020-2022.

Herbiciden (onkruidmiddelen)

De lijst met aangetroffen herbiciden is lang met 49 aangetroffen werkzame stoffen. Een twaalfstal stoffen wordt minimaal één keer boven een waterkwaliteitsnorm aangetroffen in het effluent. Simazine (verboden sinds 2000; tot 2007 nog wel toegestaan in de aardbeienteelt), MCPA en Terbutylazine worden van de normoverschrijdende middelen het vaakst aangetroffen. Deze stoffen worden ook veelvuldig aangetroffen in effluenten van 52 rwzi's verspreid over Europa (Finckh et al. 2022).

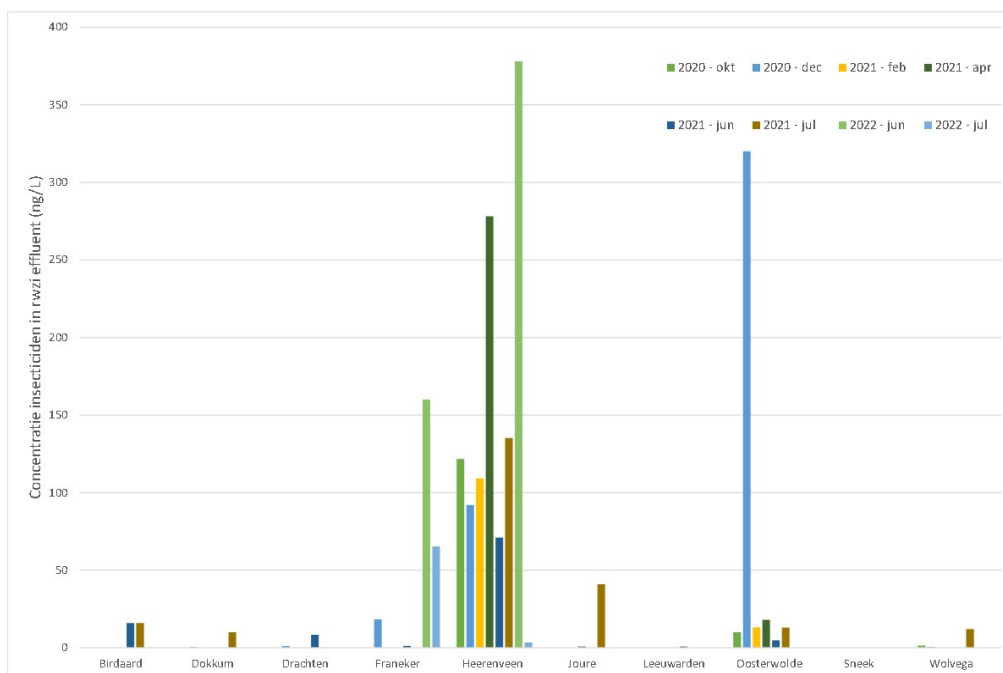
Acht herbiciden zijn al tenminste sinds 2018 verboden (het gros al sinds 2000) om te gebruiken. Alle deze herbiciden worden in het effluent van rwzi Heerenveen aangetoond en maar sporadisch in de effluenten van andere rwzi's. Kijkend naar de herbiciden als totale groep valt op dat het effluent van Heerenveen verhoogde concentraties bevat. Daarnaast is er een duidelijke piek in juli 2021 qua aangetroffen herbicide concentraties op het grootste deel van de onderzochte rwzi's (Figuur 27), wat overeenkomt met het gebruik van deze middelen. De effluenten van Birdaard, Wolvega en Oosterwolde zijn naast Heerenveen verhoogd ten opzichte van de overige rwzi's.



Figuur 27 Concentratie (ng/L) van herbiciden in rwzi-effluent in de periode 2020-2022.

Insecticiden (insect dodende middelen)

De insecticiden zijn continu en in verhoogde concentratie aanwezig in het effluent van Heerenveen en Oosterwolde (Figuur 28). De bemonsteringen in 2022 laten ook voor Franeker een verhoging zien. In totaal zijn 12 insecticiden waargenomen tijdens de bemonsteringen op de tien rwzi's. Van de (normoverschrijdende) insecticiden worden pirimicarb, een middel tegen bladluizen in een groot aantal teelten, en het reeds sinds 2019 verboden middel thiamethoxam (neonicotinoïde) het vaakst aangetroffen in de effluenten (Tabel 1 en Figuur 29). Naast thiamethoxam is ook het verboden middel propoxur (nb. nog wel toegelaten voor consumentengebruik tegen bladluizen, mieren, kakkerlakken en wespen, maar ook als huisdiergeneesmiddel tegen vlooiën) tweemaal aangetroffen (beide keren normoverschrijdend; Tabel 1).



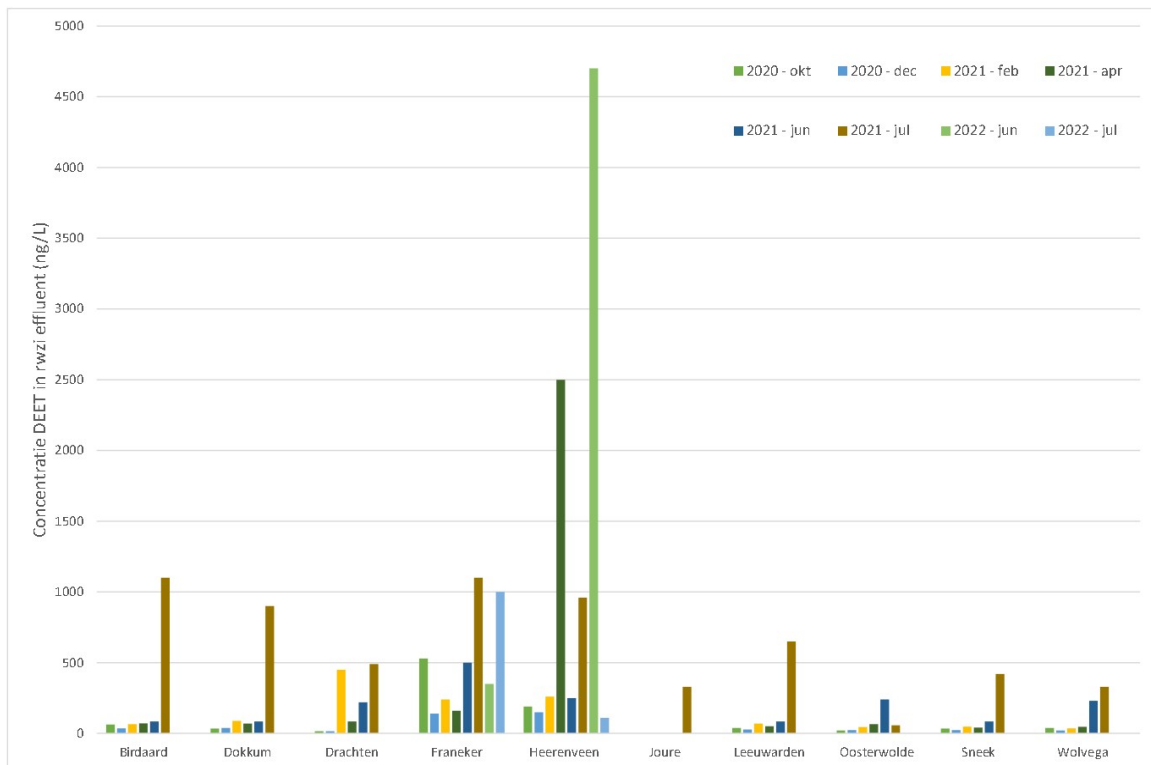
Figuur 28 Concentratie (ng/L) van insecticiden in rwzi-effluent in de periode 2020-2022. In deze figuur zijn drie belangrijke huisdiergeneesmiddelen (zie Figuur 31) buiten beschouwing gelaten.



Figuur 29 Concentratie (ng/L) van thiamethoxam in rwzi-effluent in de periode 2020-2022.

DEET

Het insect afwerende middel DEET wordt bijna op alle meetmomenten waargenomen in de effluënten van de rwzi's (Tabel 1 en Figuur 30). Het gebruik van DEET in de zomermaanden is duidelijk waarneembaar door de concentratiepiek in juli 2021 voor acht van de tien onderzochte rwzi's. In bijna 40% van de gevallen wordt DEET normoverschrijdend aangetroffen in de effluënten en in Franeker en Heerenveen continu.



Figuur 30 Concentratie (ng/L) van DEET in rwzi-effluent in de periode 2020-2022.

Huisdiergeneesmiddelen

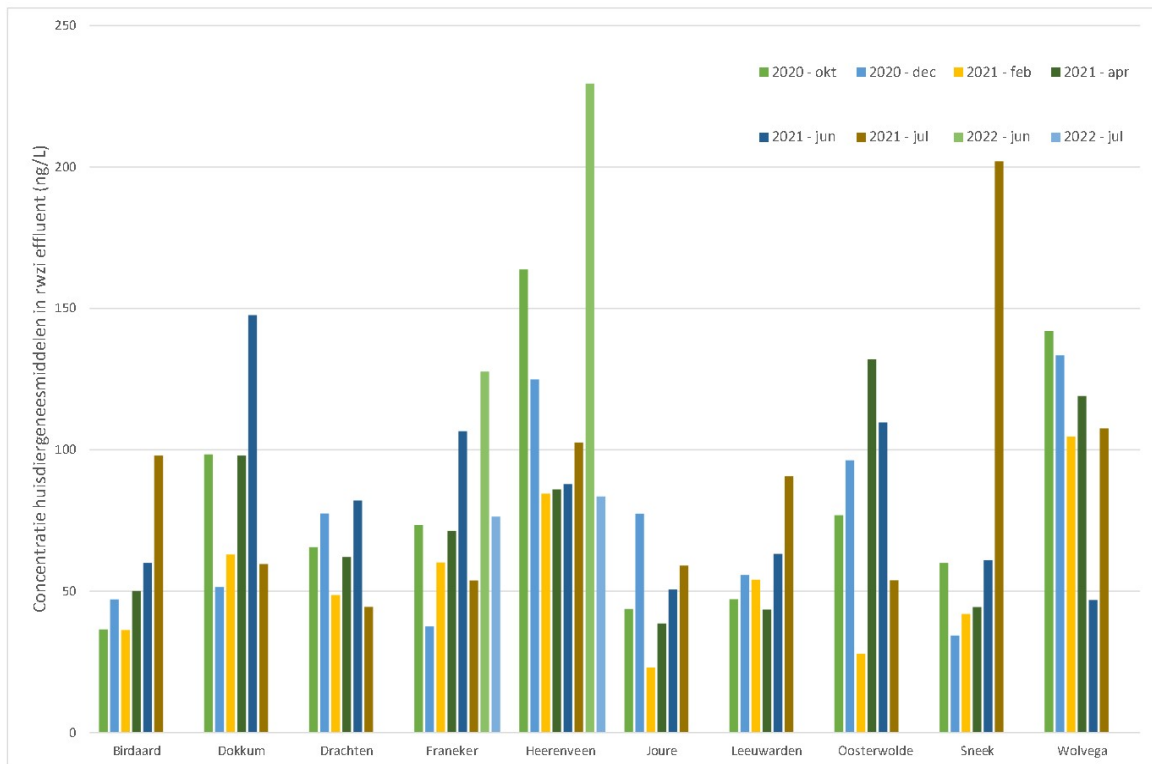
De continu aanwezige stoffen imidacloprid, diazinon en fipronil zijn reeds verboden in het professioneel agrarisch gebruik, maar zijn nog wel toegelaten als huisdiergeneesmiddel (bijv. vlooienband of -druppels) of in huishoudelijk gebruik (bijv. mierenlokdoos). Naast de continue aanwezigheid van deze stoffen, zijn ook de aangetroffen concentraties reden voor zorg (Figuur 31). De problematiek van deze huisdiergeneesmiddelen was in januari 2023 volop in het nieuws op basis van het recent gepubliceerde artikel van Diepens et al. (2022). Het Europese medicijnen genootschap (EMA) is momenteel bezig met een reflectie artikel over de risico's van huisdiergeneesmiddelen richting het milieu (EMA 2022), waarop tot 1 april 2023 commentaar geleverd kan worden.

De laagste gemiddelde concentratie van de tien bemonsterde rwzi's voor fipronil (bekend van de fipronil-affaire in de kippenhouderij) is nog altijd 120 keer hoger dan de MTR (maximaal toelaatbaar risiconiveau; 0,07 ng/L) waarde voor oppervlaktewater. De concentraties die we vinden in de effluenten van Friese rwzi's (7 – 25 ng/L; gemiddeld 14 ng/L) zijn redelijk vergelijkbaar met concentraties in het effluent van twee rwzi's in het beheergebied van waterschap Hunze en Aa's (10 – 50 ng/L). Ook in het effluent van rwzi Gieten en Assen werd fipronil bijna continu, op 88% van de in totaal 32 meetmomenten, aangetroffen (Valkering, 2018; 2020). In effluenten van 52 rwzi's verspreid over Europa wordt fipronil bijna continu gevonden (96%) en is de mediane waarde 9,2 ng/L (Finckh et al. 2022).

Voor imidacloprid (bekend van het negatieve effect op bijen; verboden sinds 2013 voor buitengebruik op bloeiende planten en sinds april 2018 in totaliteit verboden voor buitengebruik, maar wordt nog wel gebruikt als huisdiergeneesmiddel en tegen mieren/luizen) is de laagste gemiddelde concentratie van de tien bemonsterde rwzi's vier keer hoger dan de jaargemiddelde KRW-norm (8,3 ng/L). De concentraties die we vinden in de effluenten van Friese rwzi's (18 – 220 ng/L; gemiddeld 62 ng/L) zijn redelijk vergelijkbaar met concentraties in het effluent van twee rwzi's

in het beheergebied van waterschap Hunze en Aa's (80 – 190 ng/L). Ook in het effluent van rwzi Gieten en Assen werd imidacloprid veelvuldig, op bijna 60% van de in totaal 32 meetmomenten, aangetroffen (Valkering, 2018; 2020). In effluenten van 52 rwzi's verspreid over Europa wordt imidacloprid bijna continu gevonden (96%) en is de mediane waarde 49,8 ng/L (Finckh et al. 2022).

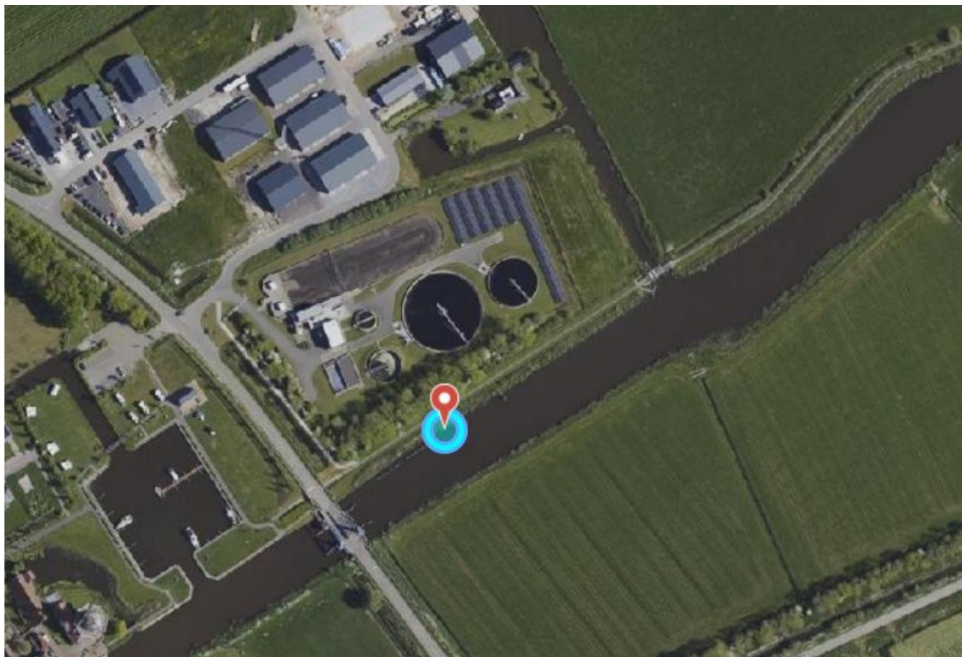
Diazinon (huisdiergeneesmiddel) geeft ondanks de continue aanwezigheid een iets gunstiger beeld, maar wordt in vier rwzi's ook boven de jaargemiddelde KRW-norm aangetroffen. De concentraties die we vinden in de effluenten van Friese rwzi's (0,78 – 140 ng/L; gemiddeld 9 ng/L) zijn afwijkend ten opzichte van concentraties in het effluent van twee rwzi's in het beheergebied van waterschap Hunze en Aa's. In het effluent van rwzi Gieten en Assen werd diazinon nooit boven de rapportagegrens (10 – 30 ng/L) aangetoond (Valkering, 2018; 2020). In effluenten van 52 rwzi's verspreid over Europa wordt diazinon vaak aangetoond (59%) en is de mediane waarde 1,6 ng/L (Finckh et al. 2022). Diazinon werd in 2018 onverwachts aangetroffen in het Koningsdiep, maar met de kennis dat dit middel zeer frequent wordt gebruikt als anti-vlooiemiddel bij huisdieren en continu aanwezig is in rwzi-effluenten is de aanwezigheid veel beter te verklaren. De aanwezigheid van deltamethrin en cypermethrin in natuurgebied de Deelen in 2018 kan zeer waarschijnlijk op dezelfde manier verklaard worden. Beide stoffen worden of werden gebruikt in anti-vlooiemiddelen voor honden en katten.



Figuur 31 Concentratie (ng/L) van huisdiergeneesmiddelen (imidacloprid, diazinon en fipronil) in rwzi-effluent in de periode 2020-2022.

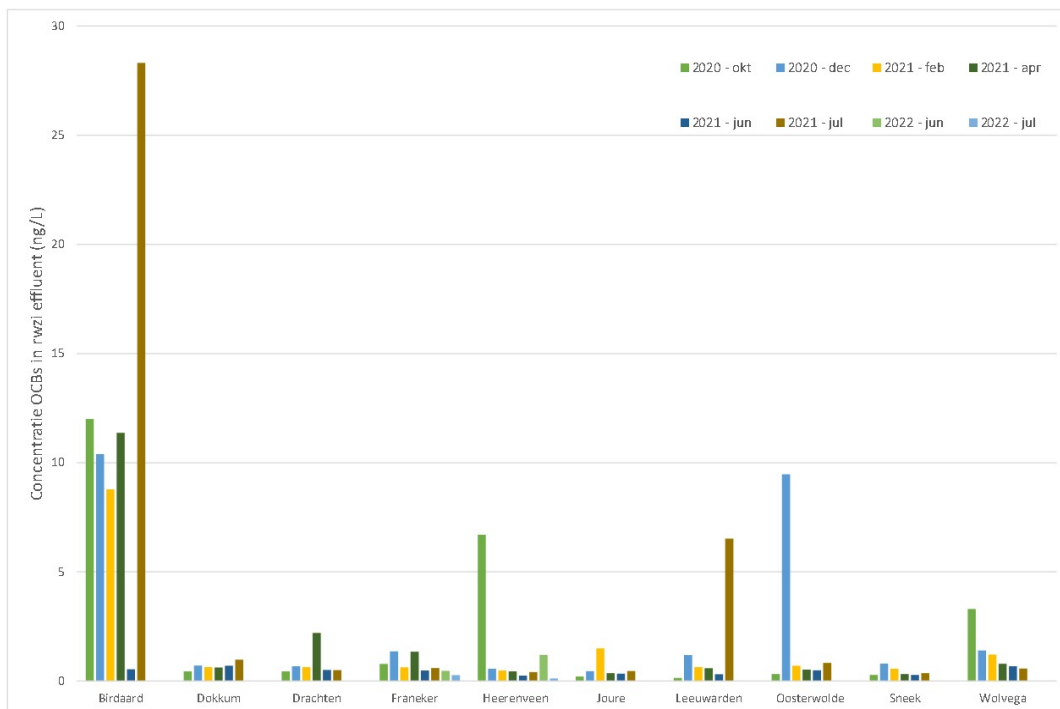
OCBs

Naast de reeds eerder geconstateerde verhoogde waarden van o,p-DDD (metaboliet van DDT) in het zuiveringsslib op rwzi Birdaard zijn ook duidelijk en continu aanwezige verhoogde waarden van deze stof in het effluent aangetroffen (factor 3 hoger dan de MTR voor oppervlaktewater). De waterbodem van het ontvangende water (KRW) in de nabijheid van het effluentlozingspunt is tevens verontreinigd met deze stof (Figuur 32), waarbij de MTR norm voor waterbodems met ruim een factor 4 wordt overschreden. o,p-DDD wordt aanvullend continu op rwzi Dokkum en Leeuwarden in het afvalwater aangetroffen, maar wel altijd in lage concentraties.



Figuur 32 Locatie waterbodembemonstering nabij rwzi Birdaard.

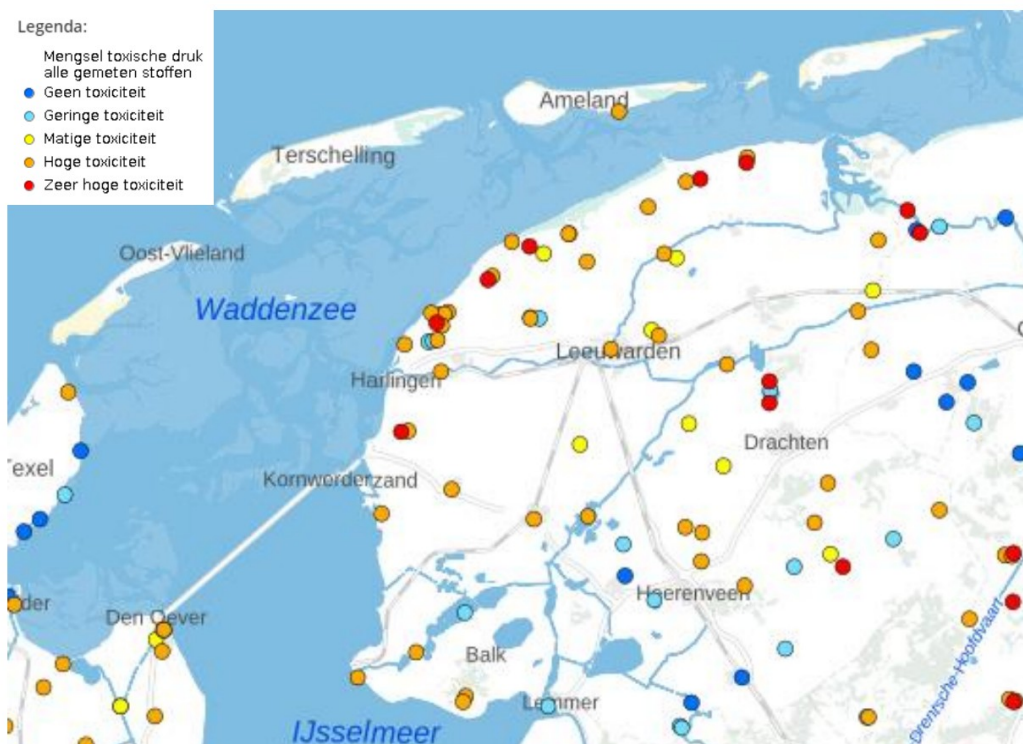
Het OCB lindaan of gamma-hexachloorcyclohexaan wordt continu aangetroffen in de effluenten van de rwzi's (gemiddelde concentratie: 0,9 ng/L; MAC; 40 ng/L). De stof is al sinds 1999 verboden als bestrijdingsmiddel, maar is nog wel in gebruik als middel tegen huidziekten (o.a. schurfft). Verschillende OCBs (beta-endosulfan, dieldrin, HCB, p,p-DDE) worden vooral in het rwzi effluent van Franeker aangetroffen. OCBs worden nog steeds continu aangetroffen op alle rwzi's, maar gelukkig is de concentratie over het algemeen laag (Figuur 33). De verhoging in het effluent van rwzi Birdaard is hierboven al besproken, de pieken in Drachten, Heerenveen, Leeuwarden, Oosterwolde en Wolvega worden veroorzaakt door lindaan.



Figuur 33 Concentratie (ng/L) van OCBs in rwzi-effluent in de periode 2020-2022.

Toxische druk

Op basis van metingen in het oppervlaktewater is de toxische druk in de periode 2013-2018 duidelijk verhoogd qua bestrijdingsmiddelen op locaties in het noordelijk kleigebied, maar ook verspreid over het beheergebied is de toxische druk verhoogd (Figuur 34). Op basis van aantallen en somconcentraties bestrijdingsmiddelen, huisdiergeneesmiddelen, DEET en OCBs zien we dat deze overal en continu worden aangetroffen in effluenten. Voor situaties met een **5** hoge en hoge toxiciteit wordt respectievelijk 68% en 49% veroorzaakt door bestrijdingsmiddelen in de landelijke studie (Postma et al. 2021). De belangrijkste veroorzakende stoffen van deze toxische druk zijn esfenvaleraat en imidacloprid. Esfenvaleraat is nooit aangetroffen in de effluenten, maar imidacloprid is in alle gevallen aangetroffen in de effluenten (zie paragraaf 'Huisdiergeneesmiddelen').

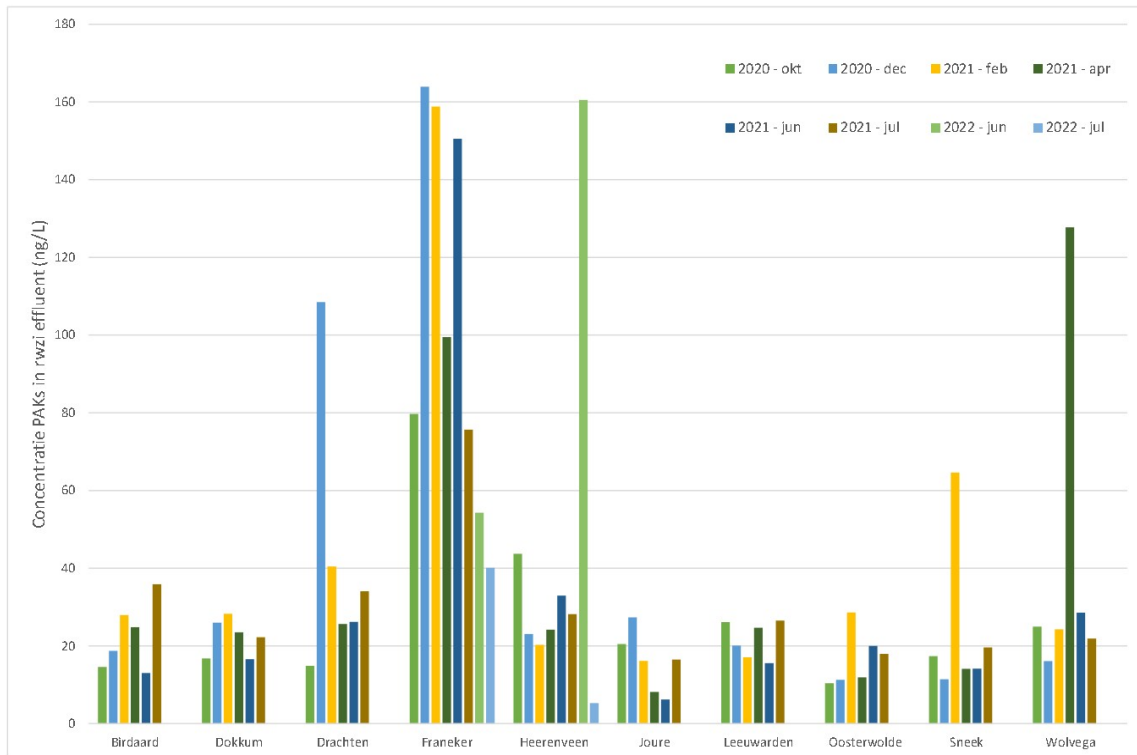


Figuur 34 Toxische druk vanuit de geanalyseerde bestrijdingsmiddelen in de periode 2013-2018, opgedeeld in vijf klassen (Postma et al. 2021).

PAKs

Het beeld dat PAKs structureel verhoogd zijn in het effluent van rwzi Franeker (Figuur 35) geldt ook voor alle individueel gemeten PAKs. Na Franeker worden in het effluent van Drachten, Heerenveen en Wolvega meer PAKs aangetroffen dan op de andere rwzi's.

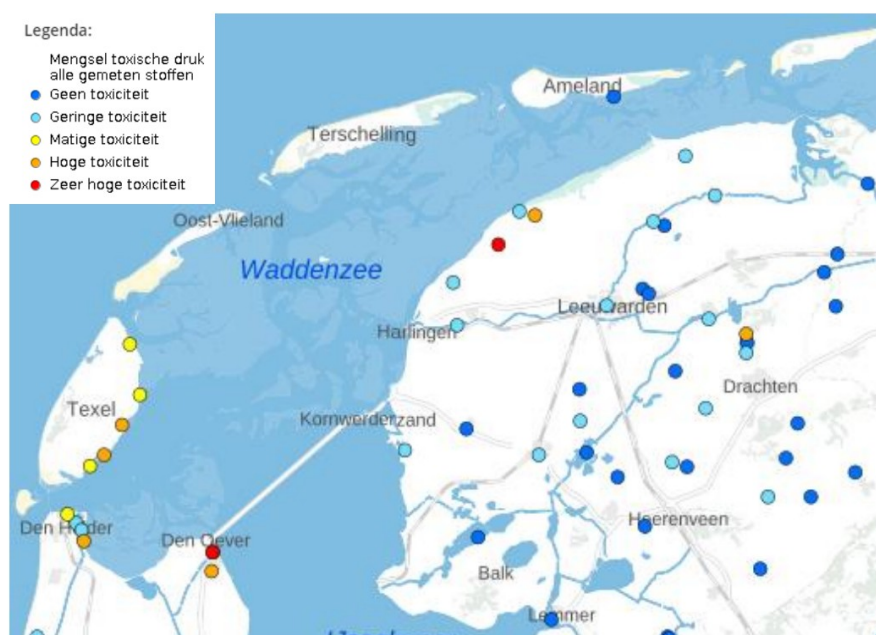
Zes PAKs zijn een keer normoverschrijdend aangetroffen en van drie continu aanwezige PAKs (fluorantheen, benzo(a)pyreen en benzo(a)anthraceen) is de gemiddelde concentratie die geloosd wordt zelfs hoger dan de JGM norm.



Figuur 35 Concentratie (ng/L) van PAKs in rwzi-effluent in de periode 2020-2022.

Toxische druk

Een toxische druk is op basis van oppervlaktewatermetingen in de periode 2013-2018 qua PAKs over het algemeen niet of in geringe mate aanwezig in het beheergebied van Wetterskip Fryslân (Figuur 36). Ondanks de structurele aanwezigheid van vele PAKs en een verhoogde somconcentratie in het effluent van Franeker is de toxiciteit in het Van Harinxmakanaal nabij Kiesterzijl gering. De continue en JGM normoverschrijdende aanwezigheid van drie PAKs in alle rwzi effluent lijken niet tot een verhoogde toxische druk te leiden. In heel Nederland zijn maar zeven locaties aanwezig waar PAKs tot een zeer hoge toxiciteit leiden, waarvan één in het beheergebied van Wetterskip Fryslân: de Holle Rij nabij Sint-Jacobiparochie.



Figuur 36 Toxische druk vanuit de geanalyseerde PAKs in de periode 2013-2018, opgedeeld in vijf klassen (Postma et al. 2021).

Conclusies

Hieronder volgt per onderwerp een puntsgewijze opsomming van de belangrijkste conclusies.

Totale beeld

- 53% van de onderzochte stoffen (328) is minimaal één keer aangetroffen (174 stoffen) tijdens de bemonsteringen in rwzi effluenten;
- 60 stoffen worden minimaal tijdens 50% van de bemonsteringen waargenomen;
- In de effluenten van rwzi Heerenveen, Franeker, Birdaard en Wolvega worden de meeste stoffen gevonden;
- Ten opzichte van eerder onderzoek in rwzi effluenten in 2012-2014 worden nu meer stoffen aangetoond, maar dit is sterk afhankelijk van het aantal geanalyseerde stoffen en de gebruikte rapportagegrenzen;
- Tabel 2 geeft een overzicht van de onderzochte stofgroepen in relatie tot (potentiële) risico's voor de oppervlaktewaterkwaliteit. In het effluent van Franeker en Heerenveen zijn veel stoffen binnen diverse stofgroepen aangetroffen.

Tabel 2 Aangetroffen stofgroepen in de effluenten van de rwzi's in de periode 2020-2022. Rood: (potentiële) risico's voor oppervlaktewaterkwaliteit; Oranje: waarschijnlijk (potentiële) risico's voor oppervlaktewaterkwaliteit.


	Birdaard	Dokkum	Drachten	Franeker	Heerenveen	Joure	Leeuwarden	Oosterwolde	Sneek	Wolvega
Aangroeiwerend										
Antioxidanten										
DEET										
Fungiciden (triazolen)										
Geneesmiddelen										
Herbiciden										
Huisdiergeneesmiddelen										
Insecticiden										
Metalen										
OCBs										
PAKs										
PCBs										
Vluchtige stoffen										
Weekmakers										

KRW-stoffen en Zeer Zorgwekkende Stoffen

- Tijdens de bemonsteringen zijn 72 stoffen die op KRW-lijsten staan voor prioritaire stoffen (PS) of specifiek verontreinigende stoffen (SVS) waargenomen.
- In totaal zijn 46 zeer zorgwekkende stoffen (ZZS) aangetroffen tijdens de bemonsteringen in de rwzi effluenten.
- In Tabel 3 is aangegeven waar de meeste PS, SVS en ZZS stoffen worden aangetroffen in de rwzi effluenten. De rwzi's van Heerenveen en Franeker hebben de grootste emissie qua KRW-stoffen, de rwzi's van Franeker en Wolvega hebben de grootste emissie wat betreft de ZZS;

Tabel 3 Aangetroffen PS, SVS en ZZS in de effluenten van de rwzi's in de periode 2020-2022. Rood: meeste stoffen; Oranje: veel stoffen

	Birdaard	Dokkum	Drachten	Franeker	Heerenveen	Joure	Leeuwarden	Oosterwolde	Sneek	Wolvega
PS										
SVS										
ZZS										

- Voor de normoverschrijdende (o.b.v. KRW-toetsing 2022) metalen arseen, kobalt, seleen en zink en de PAK benzo(a)anthraceen zijn de onderzochte rwzi's een duidelijke aanwijsbare route. Voor de normoverschrijdende bestrijdingsmiddelen esfenvaleraat, methyl-pirimifos, pyradiben en het metaal zilver lijken op basis van het uitgevoerde onderzoek de rwzi's niet de route te zijn waardoor deze stoffen normoverschrijdend worden aangetroffen.
- De normoverschrijdingen van KRW-stoffen in 2018 zijn  waarschijnlijk voor een deel toe te schrijven aan het gebruik van anti-vlooiemiddelen voor huisdieren. Zo worden en

werden diazinon, deltamethrin en cypermethrin toegepast in anti-vlooienmiddelen.

Normoverschrijdende stoffen

- 56 stoffen, en dat is ruim 32% van de aangetoonde stoffen, zijn minimaal één keer normoverschrijdend aangetoond in de effluenten;
- 17 stoffen die minimaal op 50% van de meetmomenten zijn waargenomen, worden continu normoverschrijdend geloosd vanuit de onderzochte rwzi's richting het oppervlaktewater. Het betreft vooral (huisdier)geneesmiddelen, metalen en PAKs.

Geneesmiddelen

- Geneesmiddelen zijn continu en in veel gevallen normoverschrijdend aanwezig in het effluent van alle onderzochte rwzi's. De geneesmiddelen oxazepam, diclofenac, citalopram, sulfamethoxazool, propranolol, venlafaxin en azithromycine worden de gehele tijd boven de veilig geachte concentraties geloosd (o.b.v. gemiddelde concentraties) op het ontvangende watersysteem.

Metalen

- Metalen worden overal gevonden, maar in het effluent van rwzi Wolvega worden duidelijk meer metaalsoorten waargenomen. Somconcentraties van de metalen zijn het hoogst in het effluent van de rwzi's Joure, Franeker en Heerenveen;
- De metalen arseen, kobalt, zink en koper worden continu normoverschrijdend aangetroffen (o.b.v. gemiddelde concentraties) in de rwzi's;
 - Arseen wordt vooral in Birdaard, Dokkum en Franeker gevonden, maar de effluentwaarden van Leeuwarden en Sneek zijn ook verhoogd;
 - Kobalt wordt juist extra in Joure, Franeker en Heerenveen aangetroffen;
 - Zink is behalve in de effluenten van rwzi's gelegen in het noordelijk kleigebied een probleemstof;
 - Koper laat een zelfde beeld zien als zink. In het effluent van rwzi Sneek een enorme uitschieter en in de juni 2021 bemonstering structureel verhoogd op bijna alle rwzi's (vermoedelijk door gebruik als 'biologisch' bestrijdingsmiddel).
 - Cadmium is normoverschrijdend aanwezig in het effluent van Joure;
 - Kwik is normoverschrijdend aanwezig in het effluent van Franeker en Wolvega.

Bestrijdingsmiddelen

- In het effluent van rwzi Heerenveen worden acht herbiciden gevonden die (al lange tijd) verboden zijn. De somconcentratie van herbiciden is eveneens het hoogst in Heerenveen. In de effluenten van rwzi Birdaard, Oosterwolde en Wolvega zijn de concentraties herbiciden ook verhoogd. De herbicide die het vaakst wordt aangetroffen (simazine) in de effluenten is als sinds 2007 verboden voor alle teelten in Nederland;
- Triazolen (anti-schimmelmiddelen) zijn continu aanwezig in het effluent van alle onderzochte rwzi's. Dit is in relatie tot de rol die azolen kunnen hebben in de resistentievorming van de schimmel *Aspergillus fumigatus* en de problemen die hiermee gepaard zijn in ziekenhuizen zeer onwenselijk;
- Insecticiden worden vooral in het effluent van Heerenveen en Oosterwolde gemeten. De middelen pirimicarb en thiamethoxam (reeds verboden sinds 2019) worden het vaakst aangetroffen;
- Huisdiergeneesmiddelen zijn continu en in veel gevallen normoverschrijdend aanwezig in het effluent van alle onderzochte rwzi's. Fipronil en imidacloprid worden gemiddeld genomen via de effluenten de gehele tijd respectievelijk 120 en 4 keer boven de norm geloosd (o.b.v. gemiddelde concentraties) op het ontvangende watersysteem;
- Het bekende anti-muggenmiddel DEET wordt bijna continu aangetoond in de effluenten

van de rwzi's (in circa 40% van de gevallen boven de norm). In de effluenten van Franeker en Heerenveen is DEET continu boven de norm aanwezig;

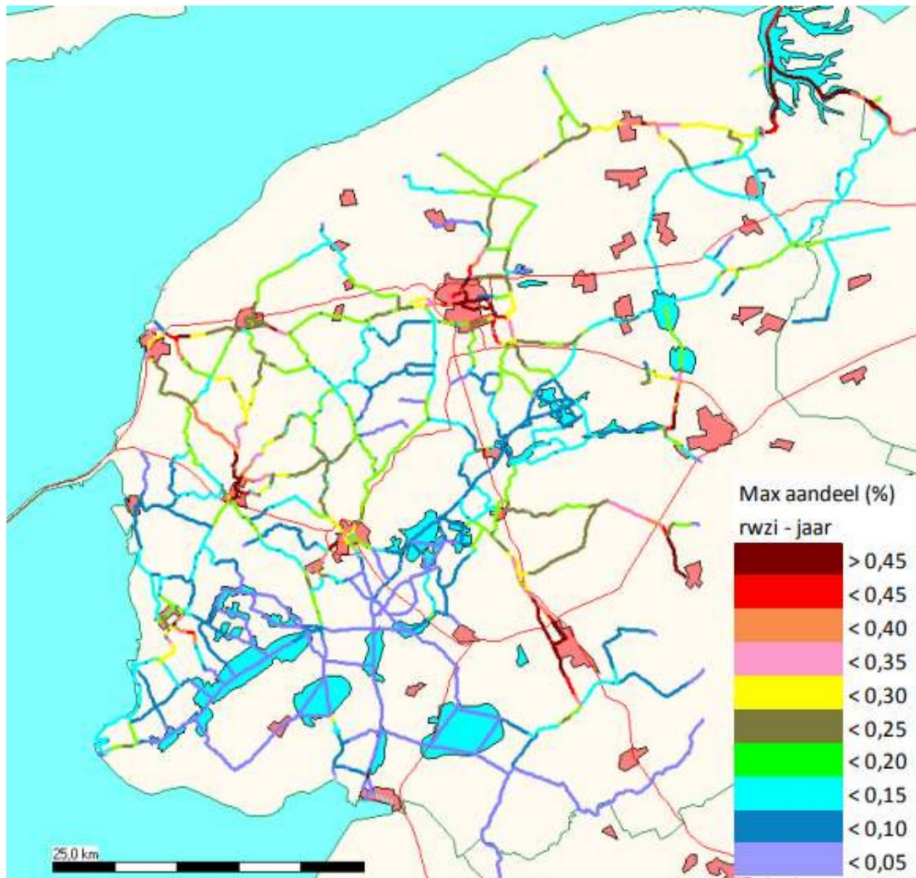
- Het oude organochloor bestrijdingsmiddel o,p-DDD is continu normoverschrijdend aanwezig in het effluent van rwzi Birdaard.

Overige stoffen

- PAKs, PCBs en weekmakers worden vooral in het effluent van Franeker waargenomen;
- Voor drie continu aanwezige PAKs (fluorantheen, benzo(a)pyreen en benzo(a)anthraceen) is de gemiddelde concentratie die geloosd wordt via de rwzi effluenten hoger dan de norm.

Toxische druk

- Het gezamenlijk effect dat alle aangetroffen stoffen (174) in interactie met elkaar hebben op het leven in en rond het water wordt de toxische druk genoemd. Op basis van het hoge percentage aangetroffen stoffen (53%), waarvan een groot deel continu wordt aangetroffen (34%), is het aannemelijk dat er een (chronische) toxische druk aanwezig is voor het ontvangende watersysteem van de onderzochte rwzi's;
- Uit de STOWA rapportage van de toxische druk in Nederlandse oppervlaktewateren blijkt dat op locaties in het noordelijk kleigebied een verhoogde toxiciteit aanwezig is voor metalen en bestrijdingsmiddelen. Voor bestrijdingsmiddelen is deze verhoogde toxische druk breder aanwezig in het beheergebied van WF en voor metalen is deze overige locaties vaak matig. De kans dat de continue aanwezigheid en de somconcentraties van zowel metalen als bestrijdingsmiddelen in de onderzochte effluenten een bijdrage leveren aan deze toxische druk is aannemelijk. Dit past goed bij het beeld dat grote delen van de boezem beïnvloedt worden door rwzi effluenten (Figuur 37);
- Op basis van dezelfde STOWA rapportage blijkt de toxische druk van PAKs afwezig of gering in grote lijnen. De continu normoverschrijdende aanwezige PAKs in de onderzochte effluenten lijken dus niet direct voor waterkwaliteitsproblemen te zorgen.



Figuur 37 Maximale fractie rwzi effluent in de Friese boezem in 2015 & 2017).

Aanbevelingen

Inmiddels vind al vervolgonderzoek plaats in Heerenveen qua bronopsporing. Op basis van de vele aangetroffen KRW-stoffen en ZZS zou naast Heerenveen ook in Dokkum, Franeker en Wolvega vervolgonderzoek moeten plaatsvinden.

In dit onderzoek zijn een tiental rwzi's jaarrond bemonsterd (tweemaandelijks). In het beheergebied van Wetterskip Fryslân zijn in totaal 27 rwzi's aanwezig. Het zou goed zijn om ook de effluentkwaliteit van de andere 17 rwzi's in beeld te brengen.

Aanvullend op de aangetroffen KRW-stoffen en ZZS worden specifieke stoffen (o.a. metalen, PAKs, bestrijdingsmiddelen, OCBs) aangetroffen in bepaalde rwzi effluenten. Het verdient aanbeveling om vervolgonderzoek uit te voeren per specifiek geval, zodat bronnen per stof opgespoord kunnen worden.

Zowel voor de continu aanwezige huisdiergeneesmiddelen en triazolen (anti-schimmelmiddelen) is bronaanpak lastig en zou een campagne ter bewustwording een eerste stap kunnen zijn via het provinciale initiatiefvoorstel: Naar een schone en gezonde leefomgeving, afbouw gebruik van pesticiden in Fryslân 2021-2030.

Het hoge aantal gevonden stoffen, waarvan een groot deel continu en ook nog eens normoverschrijdend t.o.v. oppervlaktewaterkwaliteitsnormen is aangetroffen kan leiden tot toxische druk. In de ontvangende wateren van de rwzi's Oosterwolde en Wolvega is in de zomer van 2021 ecotoxicologisch onderzoek uitgevoerd. De resultaten van dit onderzoek zijn uiterlijk eind 2023 beschikbaar. Met dit onderzoek kan worden aangetoond welke risico's er zijn voor de aquatische levensgemeenschap in beide vaarten.

Toelichting grondslagen

In dit document kunt u secties vinden die onleesbaar zijn gemaakt. Deze informatie is achterwege gelaten op basis van de Wet open overheid (Woo). De letter die hierbij is vermeld correspondeert met de bijbehorende grondslag in onderstaand overzicht.

J Art. 5.1 lid 2 sub e

Het belang van de openbaarmaking van deze informatie weegt niet op tegen het belang van de eerbiediging van de persoonlijke levenssfeer van betrokkenen