

Opkomende Stoffen in de Waddenzee

Veldonderzoek naar 29 medicijnresten in een Fries oppervlakte water
Modelstudie naar verspreiding en verdunning van 2 stoffen Mogelijke effecten op
het Waddenzee ecosysteem



**van hall
larenstein**
university of applied sciences

PROGRAMMA **NAAR EEN
RIJKE WADDENZEE**

Opkomende Stoffen in de Waddenzee

Veldonderzoek naar 29 medicijnresten in een Fries oppervlakte water Modelstudie naar verspreiding en verdunning van 2 stoffen Mogelijke effecten op het Waddenzee ecosysteem.

Datum

24-05-2020

Auteur:

Yannick Kalteren

Voorwoord

Het onderzoek “Opkomende stoffen in de Waddenzee” is uitgevoerd voor Programma naar een Rijke Waddenzee. Dit rapport is geschreven in het kader van mijn projectstage voor mijn opleiding Kust en Zeemanagement aan de Van Hall Larenstein, University of Applied Sciences. Vanaf begin september 2019 tot en met eind januari 2020 ben ik bezig geweest met het onderzoeken en het schrijven van dit rapport.

Het project kwam tot stand door een al bestaande vraag over opkomende stoffen in de Waddenzee te onderzoeken. Hierna heb ik samen met mijn stagebegeleider Ingrid van Beek, van Programma naar een Rijke Waddenzee, dit uitgewerkt tot een volwaardig onderzoek. Zij heeft mij verder ook de rest van het onderzoek begeleidt en als ik met een vraag zat, kon ik daar altijd met Ingrid over praten.

Dan wil ik graag van de gelegenheid gebruik maken en het Wetterskip bedanken voor hun bijdrage aan de case study, waarvoor zij mij hebben voorzien van de benodigde data, maar ook voor het meten van de monsters die verzameld zijn met het veldonderzoek. Ook wil ik graag Jouke Leentjes, een student uit het tweede jaar van Kust en Zeemanagement, bedanken die mij de eerste 10 weken van het onderzoek heeft bijgestaan, en heeft geholpen met het schrijven van de case study.

Yannick Kalteren

Leeuwarden, 21-02-2020

Samenvatting

Er is geen duidelijk beeld over de verspreiding, concentraties, en de mogelijke effecten van opkomende stoffen, dat zijn nieuw aangetroffen verontreinigingen waar nog geen wettelijke norm voor bestaat, in de Waddenzee. Wel is bekend dat opkomende stoffen voorkomen in het zoete oppervlaktewater en dat deze stoffen een effect kunnen hebben op de gezondheid. Een duidelijk beeld hierover is belangrijk voor het maken van effectief beheer beleid, en daarom is het doel van dit onderzoek het inventariseren van de omvang van het probleem, de actoren en de laatste stand van zaken met betrekking tot opkomende stoffen. Om dit te bereiken wordt er gewerkt met 4 onderzoeksvragen die gaan over de inventarisatie van het probleem in de Waddenzee. Welke actoren hierbij betrokken zijn en de laatste inzichten met betrekking tot deze actoren. En hoe en wat voor communicatie er nodig is voor een onderwerp als dit. Omdat opkomende stoffen een groot begrip is, is er in dit onderzoek alleen gekeken naar de categorie medicijnstoffen.

De methodologie is onder te verdelen in 3 delen, de inventarisatie, literatuurstudie, en case study, in dit onderzoek. Voor de Inventarisatie is gebruik gemaakt van verschillende middelen zoals de Watson database, een rijks database voor chemische stoffen, en andere overheidsbronnen. Het gebruikte model in dit onderzoek is het Driver-Pressure-State-Impact-Responses-model om zo de interactie aan te geven tussen mens en natuur. Bij de literatuurstudie over de dosis-effectrelatie van Carbamazepine en Diclofenac op de mossel is gebruik gemaakt van kwalitatieve data. Voor de case study is gebruik gemaakt van kwantitatief onderzoek en een veldstudie, en zijn de concentraties van de 29 uitgekozen stoffen in het Van Harinxmakanaal gemeten. Vervolgens is deze data vergeleken met eerdere metingen door Wetterskip Fryslân.

De inventarisatie resulteerde in 41 stoffen die uit de Watson database komen, 5 daarvan zitten boven de Predicted No Effect Concentration waarden (PNEC). Uit het literatuuronderzoek is gebleken dat er weinig tot geen kwantitatieve data bekend is over sterftcijfers per hoeveelheid van Carbamazepine en Diclofenac op mosselen. Deze waarden waarmee dosis-effect experimenten worden gedaan zijn hoog om te onderzoeken of er een effect is van deze stof op de mossel, maar deze waarden zijn zo extreem hoog dat ze zelden zo in de natuur voorkomen. De case study laat zien dat de concentraties van medicijnstoffen hoger liggen in influent en effluent water, maar zodra het vergeleken wordt met oppervlaktewater, bleken de meeste medicijnstoffen zodanig verdund te zijn dat zij onder de PNEC waarde zitten.

Dit betekent dat op dit moment er geen aanleiding lijkt te zijn die een negatief effect vaststelt van medicijnresten op het ecosysteem in de Waddenzee. Wel wordt geadviseerd op het bijhouden en updaten van de Watson database. Ook is het van belang dat er nieuw dosis-effectrelatie onderzoek komt naar de effecten van opkomende stoffen op organismen, dit kan leiden tot nieuwe inzichten en het beter begrijpen van wat deze stoffen, en wat er gebeurt als ze in aanraking komen met organismen die niet de doelgroep zijn.

Inhoudsopgave

1	Afkortingen en begrippen	5
1.1	Lijst met afkortingen:.....	5
1.2	Begrippenlijst:	5
2	Inleiding	6
2.1	Probleemstelling	6
2.2	Onderzoeksdoel.....	7
2.3	Hoofdvraag	7
2.4	Deelvragen.....	7
3	Methodologie	8
3.1	Inventarisatie.....	8
3.2	Literatuurstudie	8
3.3	Case study (veldwerk onderzoek).....	9
4	Theoretisch kader.....	10
4.1	Theorieën.....	10
4.2	Deelvraag 1: Hoe groot is het probleem in de Waddenzee?	11
4.3	Deelvraag 2: Welke actoren zijn bij opkomende stoffen betrokken?	14
4.4	Deelvraag 3: Wat zijn de laatste inzichten m.b.t. opkomende stoffen?	16
4.5	Deelvraag 4: Hoe en wat moet hierover gecommuniceerd worden?.....	17
5	Onderzoeksresultaten	19
5.1	Watson database	19
5.2	Dosis-effectrelatie onderzoek (stromingsmodel)	19
5.3	Case study.....	21
6	Conclusie.....	22
7	Discussie	23
7.1	Inventarisatie.....	23
7.2	Dosis-effectrelatie onderzoek.....	23
7.3	Case study.....	23
7.4	Aanbevelingen vervolgonderzoek	24
8	Literatuurlijst	25
9	Bijlagen.....	27
9.1	Bijlage 1 Medicijnresten Watson database	27
9.2	Bijlage 2 RWZI's Watson database.....	29
9.3	Bijlage 3 Uitkomsten veldwerk & influent en effluent data Wetterskip Fryslân	30
9.4	Bijlage 4 Onderzoek Wetterskip Fryslân	30

1 Afkortingen en begrippen

1.1 Lijst met afkortingen:

PPCP	Pharmaceuticals & Personal Care Products
PNEC	Predicted No-Effect Concentration
RWZI	Rioolwaterzuiveringsinstallatie
DPSIR	Drivers, Pressures, State, Impact en Response model
NGO	Non-Governmental Organization

1.2 Begrippenlijst:

Opkomende stoffen	Nieuw aangetroffen verontreinigingen, waar nog geen wettelijke norm voor bestaat.
Acute blootstelling	Een kort contact met een chemische stof.
Chronische blootstelling	Een continu of herhaald contact met een giftige stof gedurende een lange periode.
Antropogeen	Iets dat door mensen teweeggebracht is.
Verdunning	Het verlagen van de concentratie van een oplossing door toevoeging van meer oplosmiddel.
Modelstudie	Een model toegepast om de verspreiding van stoffen in de Waddenzee te berekenen en visueel weer te geven. Het model berekent hoe de vrachten zoet water met concentraties stoffen zich verspreiden en hoeveel de stoffen verdund worden.

2 Inleiding

Opkomende stoffen zijn steeds vaker in het nieuws, en meestal hoor je alleen wat over opkomende stoffen als er een probleem is. Zo kan bijvoorbeeld blootstelling aan een chemische stof gevaarlijk zijn, de lengte van blootstelling is hierin belangrijk. Acute blootstelling is een kort contact met een chemische stof en chronische blootstelling is continu of herhaald contact met een giftige stof gedurende een lange periode (CEH, 2019).

Het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (2018), definieert opkomende stoffen als “nieuw aangetroffen verontreinigingen, waar nog geen wettelijke norm voor bestaat”. Wel wordt er in deze gevallen gekeken of de concentratie van de opkomende stoffen niet boven de signaleringswaarde, een waarde waarbij alarm wordt geslagen als een stof hierboven komt, van 0,1 microgram per liter uitkomt, deze signaleringswaarde geldt voor alle opkomende stoffen mits een PNEC-waarde is vastgesteld. Onder opkomende stoffen vallen pesticiden, industriële stoffen, zoetstoffen en PPCP. Dat staat voor ‘pharmaceuticals en personal care products’ (Dey *et al.* 2019), medicijnresten vallen onder deze categorie. Vaak hebben genormeerde stoffen een PNEC-waarde, dit is de concentratie van een chemische stof die de grens aangeeft, waaronder geen nadelige effecten aan een ecosysteem worden gemeten (Greenfacts, 2019). Er is gekozen om de scope van dit onderzoek op medicijnresten te leggen omdat hier in samenwerking met het Wetterskip ook op getest kon worden, maar ook omdat dit een steeds veranderlijke groep is.

Medicijnresten zijn interessant om te onderzoeken omdat er bij deze groep met regelmaat nieuwe stoffen bijkomen, dit is het geval omdat de ontwikkeling van nieuwe medicijnen nooit stopt. Ook de vergrijzing van de bevolking kan een effect hebben op het medicijn gebruik en daarmee ook de hoeveelheden medicijnresten in het afvalwater (Ministerie IenW, 2018).

Naar schatting wordt er per jaar 140 ton medicijnresten geloosd in het oppervlaktewater. 95% daarvan komt in het rioolwater terecht via het menselijk lichaam omdat deze niet alle werkzame stof opneemt. De overige 5% is afval dat wordt weggedaan door mensen of artsen. Ziekenhuizen en verzorgingstehuizen zijn voor maximaal 10% van de 95% geloosde medicijnresten verantwoordelijk. Medicijnresten kunnen een negatief effect hebben op organismen in het oppervlaktewater en op de bereiding van drinkwater. Zo kunnen pijnstillers bijvoorbeeld weefselschade bij vissen veroorzaken, anticonceptiemiddelen kunnen voor geslachtsverandering bij vissen zorgen en antidepressiva kan het gedrag van kleine waterkreeftjes en vissen veranderen. Voor de bereiding van drinkwater van water dat medicijnstoffen bevat, zijn extra filtratie stappen nodig wat extra tijd en geld kost. Een andere stof die zich in het oppervlaktewater bevindt is antibiotica. Hierdoor kunnen onze oppervlaktewateren als een reservoir dienen voor (antibiotica)resistentiegenen. (Ministerie IenW, 2018) (RIVM, 2016)

De Waddenzee een belangrijk beschermgebied van de natura 2000, en is het dus van belang om mogelijke nadelige gevolgen van bijvoorbeeld medicijnresten op het ecosysteem te voorkomen. De locatie voor dit onderzoek is daarom ook de Waddenzee, een reden hiervoor is dat weinig tot geen kennis is van wat er gebeurd als de medicijnresten een open systeem bereiken zoals een zee of in dit geval de Waddenzee.

Belangrijke bronnen binnen dit onderzoek zijn die van het RIVM (2016), een centraal document met algemene informatie over medicijnresten en waterkwaliteit. Een andere bron is die van het Ministerie IenW (2018), hierin staat de ketenaanpak van medicijnresten centraal met de vraag van hoe dit aangepakt kan worden. Dan is er ook nog de bron van Ericson *et al.* (2010), die de effecten van diclofenac laat zien op het groeipercentage van de mossel. Wat belangrijk is om dit toe te passen in de Waddenzee.

Het onderzoek is opgedeeld in 3 delen, deze 3 delen bestaan uit een inventarisatie over wat is er bekend, wie zijn de stakeholders, en wat er gemeten is. Een literatuuronderzoek naar dosis-effectrelatie, en een case study. Elk hoofdstuk is zo ingedeeld dat deze 3 verschillende delen terug te vinden zijn in de bovengenoemde volgorde.

2.1 Probleemstelling

Er is geen duidelijk beeld van de huidige stand van zaken en de effecten van opkomende stoffen in de Waddenzee. Ook is er geen overzicht van de metingen die de verschillende beheerders hebben uitgevoerd.

2.2 Onderzoeksdoel

Het doel van dit onderzoek is het inventariseren van de omvang van het probleem, de actoren en de laatste stand van zaken met betrekking tot opkomende stoffen.

2.3 Hoofdvraag

Wat is de huidige situatie (stand van zaken) met betrekking tot opkomende stoffen in de Waddenzee?

2.4 Deelvragen

1. Hoe groot is het probleem in de Waddenzee?
2. Welke actoren zijn bij opkomende stoffen betrokken?
3. Wat zijn de laatste inzichten m.b.t. opkomende stoffen?
4. Hoe en wat moet hierover gecommuniceerd worden?

3 Methodologie

De methodologie in dit onderzoek is te verdelen in 3 delen, omdat er in essentie 3 verschillende onderzoeken plaats hebben gevonden. Het hoofd onderzoek is de inventarisatie. Het gaat daarbij om het inventariseren van de omvang van het probleem, de actoren en de laatste stand van zaken met betrekking tot opkomende stoffen.

Het 2^e deel is de literatuurstudie over dosis-effectrelatie, die gaat over de effecten van Carbamazepine en Diclofenac op mosselen. Deze literatuurstudie wordt gedaan voor een stromingsmodel met als doel het voorspellen van bepaalde scenario's met betrekking tot onder andere opkomende stoffen. De case study is het laatste deel onderzoek dat gedaan is. Hierin is door middel van veldwerk en eerdere meetgegevens van Wetterskip Fryslân, een vervolg gemaakt op eerdere meetgegevens in het Van Harinxmakanaal.

3.1 Inventarisatie

Voor de Inventarisatie is gebruik gemaakt van een kwalitatief onderzoek om de vraag "Wat is de huidige situatie (stand van zaken) met betrekking tot opkomende stoffen in de Waddenzee?" te kunnen beantwoorden. Er is hiervoor gebruik gemaakt van vele verschillende middelen, waaronder een literatuurstudie.

Belangrijke bronnen in het onderzoek zijn de Watson database, dit is een database van Rijkswaterstaat de beheerder van de rijkswateren in Nederland, die gaat over influent en effluent RWZI-water.

Andere belangrijk bronnen zijn het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat en het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM). Maar ook de Rijksoverheid is een belangrijke bron als het gaat om het communiceren van iets waar weinig van bekend is.

Voor het onderzoek is gebruik gemaakt van het DPSIR-model om zo de interactie aan te geven tussen mens en natuur. Om een goede validiteit te waarborgen is er gekozen voor bronnen van overheidsinstanties en wetenschappelijke artikelen, die te vinden zijn op Google Scholar. De data van de meerdere bronnen is zorgvuldig geanalyseerd en vergeleken met vergelijkbare bronnen.

3.2 Literatuurstudie

Bij de literatuurstudie is gebruik gemaakt van kwantitatieve data, het ging hierbij om de effecten van Carbamazepine en Diclofenac op de mossel. Er werd voornamelijk gezocht naar kwantitatieve data over groei en sterftecijfers, omdat dit van belang was voor het stromingsmodel.

De literatuurstudie is ingericht met het bepalen van de zoektermen, daarnaast is gebruik gemaakt van de EPA Ecotox database en Google Scholar. Er is een beperkte set zoektermen gebruikt. Omdat het hier gaat om een dosis-effectrelatie onderzoek was een belangrijke zoekterm het woord "effect". Daarnaast is gezocht op de namen van medicijnstoffen Diclofenac en Carbamazepine, en op de soortnamen van mosselen, *Mytilus edulis*, *Mytilus galloprovincialis*, en *Mytilus* spp. (alle mosselsoorten).

Een belangrijke bron voor het literatuuronderzoek over de effecten van Carbamazepine en Diclofenac op de mossel is Ericson, *et al.* (2010). Dit was de enige bron die aan alle eisen voldeed, omdat het iets zei over de groeisnelheid van de mossel.

Er is uitgebreid gezocht naar zoveel mogelijk data hiervoor, want dat zou het stromingsmodel ten goede komen. Echter de hoeveelheid bruikbare resultaten waren 10 publicaties, 7 voor effecten van Diclofenac op mosselen en 3 voor effecten van Carbamazepine op mosselen. Voor het zoeken is gebruik gemaakt van meerdere databases, maar de gebruikte publicaties zijn allemaal te vinden in Google Scholar.

3.3 Case study (veldwerk onderzoek)

Voor de case study is gebruik gemaakt van kwantitatief onderzoek, om een antwoord te krijgen op de vraag wat de concentraties van de 29 uitgekozen stoffen in het Van Harinxmakanaal zijn. Om deze data vervolgens te vergelijken met eerdere metingen door Wetterskip Fryslân.

Voor het veldonderzoek is gebruik gemaakt van een belangrijke bron van Wetterskip Fryslân, (2017). In dit document staan eerdere meetgegevens en ook de plekken waar de monsters zijn genomen. Op basis van dit onderzoek zijn ook voor de case study de monsterpunten vastgesteld, om het onderzoek zoveel mogelijk overeen te laten komen met dat van het Wetterskip.

Om iets te kunnen zeggen over de concentraties was het van belang dat er zo veel mogelijk variabelen hetzelfde waren. In de case study is daarom ook gebruik gemaakt van het personeel en de meet faciliteiten van het Wetterskip. Ook is de bemonstering volgens het, voor zover, openbare protocol van het Wetterskip gebeurd en zijn de monsterflessen ook geleverd door het Wetterskip.

Het onderzoek verliep volgens plan. De monsters zijn per locatie steeds uit een groter monster genomen, om er voor te zorgen dat er precies hetzelfde zat in alle 3 de monsterflessen. Er is echter wel een fout gemaakt met de labelling van 2 van de monsters en daarom moest er op basis van de meetresultaten een aanname gedaan worden over welk monster bij welke locatie vandaan kwam. De analyse van de data is gedaan in een Excel-tabel, waar de verkregen data makkelijk te vergelijken was met de data van Wetterskip Fryslân, (2017) (zie tabel 3).

Er is volgens het protocol van het Wetterskip gewerkt met steriele flessen en die zijn vervolgens gekoeld bewaard. Daarna zijn de monsters overhandigd aan het Wetterskip zelf, zodat zij de metingen konden doen. Al deze maatregelen zijn genomen ten behoeve van de validiteit.

4 Theoretisch kader

In het theoretisch kader is de data geanalyseerd voor de deelvragen per onderzoeksdeel (inventarisatie, dosis-effect literatuuronderzoek, en case study) eveneens als de theorieën en gebruikte modellen beschreven.

4.1 Theorieën

Er wordt verwacht dat de impact van medicijnresten in het water op termijn toe zal nemen. Door de vergrijzing van de bevolking in Nederland zal het medicijngebruik de komende decennia toenemen, er wordt geschat dat in 2035 het medicijngebruik met 37% zal toenemen. Door deze toename zal dit ook effect hebben op de hoeveelheid medicijnresten in het oppervlaktewater. Daarin worden nu al medicijnresten aangetroffen, weliswaar in lage concentraties maar dat kan in de toekomst toenemen. (Ministerie IenW, 2018)

Een aanname is dat medicijnresten geen effect hebben op de flora en fauna in de Waddenzee, omdat door verdunning de concentraties in de Waddenzee sterk afnemen. Verdunning is één van de belangrijkste processen om de concentratie van stoffen vanaf het lozingspunt te verminderen. Verdunning is belangrijk voor het verminderen van de concentratie van stoffen die geen of geen snelle afbraak ondergaan (UK Marine Sac's, 2019).

Vergeleken met de rivieren en kanalen die uitmonden in de Waddenzee is het watervolume in de Waddenzee ook veel groter. Het getij heeft ook nog invloed op de verdunning in de Waddenzee. Zo spoelt bijvoorbeeld met laagtij een groot gedeelte van het water uit de Waddenzee weg. En met hoogtij komt de getijdeweg aan in Vlissingen, waarna hij zich verder naar het noorden verplaatst. Om vervolgens de Waddenzee weer met water te vullen vanuit de Atlantische Oceaan (Waddenvereniging, 2019).

Een andere aanname is dat de verontreiniging van chemische stoffen (en dus ook medicijnresten) wel degelijk een langdurig effect zou kunnen hebben op mariene organismen. In het onderzoek van Richmond *et al.* (2018) staat dat de medicijnresten zich weldegelijk ophopen in het weefsel van mariene organismen. Van de onderzochten mariene organismen in dat onderzoek was er bij alle organismen tenminste 1 soort geneesmiddel in het weefsel aanwezig. Ook is in dit onderzoek aangetoond dat op die bepaalde plek de chemische stoffen in hogere concentratie terug te vinden waren in het voedselweb, dan in andere biota. (Richmond, *et al.* 2018)

4.1.1 DPSIR

DPSIR (drivers, pressures, state, impact en response model of intervention) is een kader voor het beschrijven van de interacties tussen de samenleving en het milieu: De menselijke impact op het milieu en omgekeerd vanwege de onderlinge afhankelijkheid van de onderdelen. Dit model is ook relevant voor het onderzoek over de effecten van de medicijnresten op mariene organismen.

Driving force

De 'driving force' ofwel de drijvende kracht, is een behoefte. Primaire drijvende krachten zijn die van voedsel en water, secundaire drijvende krachten zijn bijvoorbeeld entertainment en cultuur. Voor het onderzoek over de effecten van medicijnresten op mariene organismen is de drijvende kracht de behoefte hebben aan medicijnen. Medicijngebruik is een vast onderdeel geworden van het dagelijks leven en de meeste ziektes en aandoeningen kunnen opgelost of leefbaar gemaakt worden door medicijngebruik. Het is daarom ook niet onlogisch dat er 140 ton medicijnresten per jaar geloosd worden in het oppervlaktewater (Ministerie IenW, 2018).

Pressures

Drijvende krachten leiden tot menselijke activiteiten zoals medicijngebruik. Deze menselijke activiteiten oefenen op hun beurt weer 'pressure' oftewel druk uit op het milieu. Dit is het gevolg van productie- en consumptieprocessen. Deze processen kunnen worden onderverdeeld in 3 typen: overmatig gebruik van natuurlijke hulpbronnen, veranderingen in landgebruik en emissies naar lucht, water en bodem. In het geval van

de effecten van medicijnresten op mariene organismen is vooral het laatste punt belangrijk. De emissie van medicijnresten via rioolwaterzuiveringsinstallaties (RWZI's) naar het oppervlaktewater is de bron van deze druk.

State

Als gevolg van deze druk wordt de 'state' ofwel de toestand van het milieu beïnvloed. Dit wil zeggen dat de kwaliteit van bijvoorbeeld lucht, water en de bodem minder is geworden in relatie tot de status van deze compartimenten voorheen. In dit geval gaat het over de waterkwaliteit. Het begint hier met de waterkwaliteit van de rivieren en meren in noord Nederland, omdat hierin geloosd wordt. Het eindigt daar echter niet mee, want deze zoete wateren monden op hun beurt weer uit in de Waddenzee. En de geloosde stoffen komen dus ook uiteindelijk in de Waddenzee terecht.

Impact

De veranderingen in de fysische, chemische of biologische toestand van het milieu bepalen de kwaliteit van ecosystemen en het welzijn van de mens. In andere woorden, de veranderingen in de toestand kunnen ecologische of economische 'impact' of effecten hebben op het functioneren van ecosystemen. Dit kan veranderingen in de levens ondersteunende vermogens, en uiteindelijk op de menselijke gezondheid, en op de economische en sociale prestaties van de samenleving veroorzaken.

Response

Een 'response' ofwel een reactie door de samenleving of de beleidsmakers is het resultaat van een ongewenste impact. Een reactie kan namelijk elk deel van de keten tussen drijvende krachten en impact beïnvloeden.

4.1.2 Gebruik van DPSIR bij opkomende stoffen

Het eerste punt van het DPSIR-model, drivers, is onder te verdelen in natuurlijke en antropogene drivers. Dit maakt het DPSIR-model complexer, omdat er een verschil is tussen natuurlijke drijvende krachten en menselijke drijvende krachten. De splitsing van natuurlijke en antropogene drivers heeft ook weer invloed op drukfactoren en de toestand van het milieu. Dit is het geval omdat menselijke drukfactoren beïnvloed kunnen worden door middel van management en regelgeving.

Voor de natuurlijke drukfactoren geldt over het algemeen dat het niet beïnvloed kan worden. De drijvende kracht met betrekking tot het onderwerp opkomende stoffen, is de behoefte hebben aan goede gezondheid en medicijnen. Dit is een antropogene drijvende kracht en dat betekent dat deze kracht te beïnvloeden is. Met deze informatie is het mogelijk om door middel van beter regelgeving, met betrekking tot het filteren van deze stoffen in RWZI's, het probleem deels of helemaal te verhelpen. (Oosterwind, *et al.* 2016)

Het DPSIR-model laat zien dat de drijvende kracht achter de verspreiding van medicijnresten antropogeen is, en omdat het antropogeen is kunnen door middel van veranderingen in beleid en in filtratietechnieken de concentraties in het oppervlaktewater positief beïnvloed worden. Dit is van belang om te weten omdat met deze kennis nieuwere regelgeving betreffende dit onderwerp nauwkeuriger gemaakt kan worden.

4.2 Deelvraag 1: Hoe groot is het probleem in de Waddenzee?

Voor er vanuit kan worden gegaan dat er een probleem is, moet eerst onderzocht worden of dit daadwerkelijk het geval is. In dit segment wordt gekeken naar de huidige situatie en de uitgevoerde metingen.

Een van de bronnen die wordt gebruikt is de Watson database voor emissieregistratie. Dit is een database van Rijkswaterstaat voor microverontreinigingen in influent en effluent van rioolwaterzuiveringsinstallaties in Nederland. In deze database staan meetgegevens vanaf 1990. Er kan in deze database gezocht worden op specifieke stoffen en specifieke RWZI's.

In opdracht van PRW wordt een Waddenzee model toegepast om de verspreiding van stoffen in de Waddenzee te berekenen. In dit model kan middels kaarten visueel worden weergegeven, hoe en van waar de afwateringen

in de Waddenzee plaatsvinden. Het model berekent vervolgens hoe de vrachten zoet water met concentraties opkomende stoffen zich verspreiden en hoeveel stoffen verdund worden.

4.2.1 Watson database

De werkwijze voor het gebruiken van de Watson database is als volgt. Voor de rapportage is gekozen voor de meetresultaten per stof, type afvalwater is effluent omdat dit de concentraties zijn die in het oppervlaktewater komen na de filtraties van de RWZI, en op de stoffenlijst zijn alleen medicijnresten aangevinkt. Er wordt verder niet gefilterd op bepaalde stoffen, dus alle stoffen worden meegenomen. In het geval van RWZI's wordt echter wel een selectie gemaakt om onderscheid te maken de locaties die direct of indirect afwateren op de Waddenzee.

Voor de medicijnresten komt dit uit op 115 verschillende stoffen, die in deze database zitten (zie bijlage 1). Voor de RWZI's die direct of indirect uitwateren op de Waddenzee is besloten om de 33 RWZI's te gebruiken die in bijlage 2 vermeld staan. Deze zijn gekozen, omdat zij zeer waarschijnlijk van invloed zijn op de concentratie van medicijnresten in de Waddenzee. De gegevens van de Watson-database zijn ontleend van de database op 31/10/2019. (Rijksoverheid, 2019)

Analyse van de data

Van de 33 RWZI's heeft Stadskanaal de meeste data per stof voor bijna alle stoffen. Op een aantal andere stoffen hebben de RWZI's in Leeuwarden, Franeker en Grou ook data. Dan is er nog voor een paar stoffen ook data bij de RWZI's van Haulerwijk, Sint Annaparochie, Kootsterstille, Ameland, Damwâld, Terschelling, Dokkum, Birdaard, Harlingen, Vlieland, Schiermonnikoog, evenals bij de 4 eerder genoemde RWZI's.

Van de 115 verschillende medicijnstoffen in de Watson database is er voor 41 van die stoffen data bekend. Waarvan de meeste data dus komt van het RWZI bij Stadskanaal. Voor de meeste stoffen in deze database geldt dat ze boven de signaleringswaarde van 0,1 microgram per liter uitkomen voor onbekende stoffen. Dit hoeft echter geen probleem te zijn, want de meeste van deze stoffen hebben al voorspelde geen effect waardes (PNEC) waartegen ze gemeten kunnen worden, die mogelijk veel hoger dan 0,1 microgram per liter liggen.

4.2.2 Stromingsmodel

Een stromingsmodel is een wiskundig model met als doel het voorspellen van bepaalde scenario's. Dit is belangrijk voor beheer, onderhoud en bescherming van de natuur. Het stromingsmodel is geen onderdeel van dit onderzoek, maar is wel een middel dat gebruikt kan worden om meer inzicht te krijgen. Om een idee te krijgen van de concentraties van medicijnresten in de Waddenzee kan de data van de Watson database en andere metingen ingevuld worden in het stromingsmodel en zo kan de verdunning van de stoffen berekend worden.

Werkwijze literatuurreview naar dosis-effectrelatie

Het literatuuronderzoek is ingericht met het bepalen van de zoektermen. Daarnaast wordt gezocht in verschillende databases, de EPA Ecotox database en in Google Scholar. Voor het zoeken is een beperkte set zoektermen gebruikt. Omdat het hier gaat om een dosis-effectrelatie onderzoek was de term "effect" daar een van. Verder is er gekeken naar de 2 medicijnstoffen Diclofenac en Carbamazepine. Een van deze stoffen is steeds gebruikt bij in de zoekterm. Dan is er nog gekeken naar 3 verschillende zoektermen wat betreft het organisme. Voor alle organismen is de Latijnse naam gebruikt en er is derhalve gezocht op de namen *Mytilus edulis*, *Mytilus* spp. (alle mosselsoorten) en *Mytilus galloprovincialis*.

Voor de volledige zoekterm voor Google Scholar is gebruik gemaakt van een van de 3 Latijnse namen, een van de 2 medicijnstoffen en het woord "effect". Een voorbeeld van een zoekopdracht is "Mytilus edulis carbamazepine effects". Voor de EPA Ecotox database is gebruik gemaakt van dezelfde

werkwijze, met het enige verschil dat de onderdelen aangevinkt moesten worden in plaats van ze simpelweg op te zoeken.

4.2.3 Case study

Een ander onderdeel van het onderzoek is ook het uitvoeren van een case study. In de case study zijn door middel van veldwerk op een aantal punten in het Van Harinxmakanaal monsters genomen. Deze monsters zijn door Wetterskip Fryslân geanalyseerd op een groep van 29 verschillende soorten medicijnresten. Dit werd gedaan om een beeld te krijgen van de concentraties van die 29 verschillende medicijnresten in het Van Harinxmakanaal. Om zo de cijfers van het eigen onderzoek te kunnen vergelijken met die van het Wetterskip en iets te kunnen zeggen over eventuele veranderingen van de concentraties in het Van Harinxmakanaal (Wetterskip Fryslân, 2017).

Doelstelling

Het doel van de case study is het onderzoeken van de concentraties van de 29 stoffen in het Van Harinxmakanaal. Deze data kan vervolgens vergeleken worden met de data van eerdere metingen door Wetterskip Fryslân, om te kunnen zien hoe de situatie nu is.

Veldwerk

Voor de case study wordt op 5 punten gemeten in het Van Harinxmakanaal. Deze punten zijn gekozen aan de hand van eerdere monitoringspunten van Wetterskip Fryslân en komen op één na allemaal overeen. De punten zijn ook gekozen, omdat ze een lijn volgen van een stad (Leeuwarden), langs tenminste één rioolwaterzuiveringsinstallatie, tot aan de Waddenzee.

In dit geval kunnen met de gekozen meetpunten de invloeden van 2 RWZI's gemeten worden. Dit zijn de RWZI's in Leeuwarden en die in Franeker. Deze worden gemeten voor en na het lozingspunt. Dit onderzoek wordt gedaan om zo een beeld te krijgen van de hoeveelheid stoffen die op dat punt de Waddenzee binnen zouden kunnen komen.

Werkwijze

De monsters zijn verzameld volgens de richtlijnen, die openbaar zijn, van Wetterskip Fryslân. Dit houdt onder andere in dat de monsters zijn bewaard in bekertjes van donkerglas met een PTFE-dop, dat deze koel bewaard werden (rond de 6°C) en dat de analyse binnen 5 dagen moet worden uitgevoerd.

Voor de metingen van temperatuur, zuurgraad en elektrisch geleidend vermogen is een 'multi-meter' gebruikt en voor de saliniteit een refractometer. Het bemonsteren en de metingen is 30cm onder water gedaan, op plekken met een diepte van ongeveer 1 meter. Er is net zover van de kant gemeten, totdat de 1 meter diepte bereikt is, zodat de diepte leidend is. Elke plek is één keer bemonsterd, dus in totaal komen er 5 monsters en 5 verschillende metingen.

Omdat er per punt op medicijnresten én zwevende deeltjes getest werd zijn de monsters genomen met een emmer, om vervolgens met dat monster de donkerglas en de 1 liter flessen te vullen. Per punt zijn twee 1 liter flessen bemonsterd en één donkerglas fles. Er is dus eerst water verzameld met een emmer om er zo voor te zorgen, dat in alle 3 de flessen hetzelfde monster zit. Bij elke watermonster zijn ook de algemene eigenschappen zoals temperatuur, zuurgraad en elektrisch geleidend vermogen gemeten.

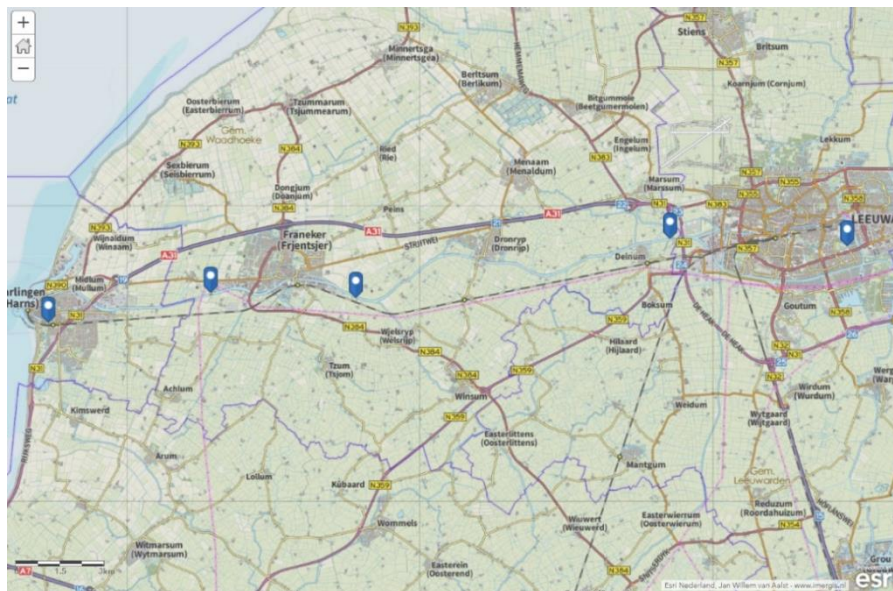
Locaties

De monsters zijn genomen in het waterlichaam van Leeuwarden naar Harlingen, het Van Harinxmakanaal. Op deze meetlocaties zijn al eerder monsters genomen door het Wetterskip Fryslân, alleen het meetpunt bij het uitstromende water van Leeuwarden is toegevoegd. Bij dit meetpunt komt het water van het 'Ferbiningkanaal' samen met die van het 'Van Harinxmakanaal'.

De coördinaten van de meetpunten zijn hieronder in tabel 1 geplaatst, en visueel weergegeven een afbeelding 1.

Meetpunt	Rijksdriehoek (X)	Rijksdriehoek (Y)	GMS (N)	GMS (E)
Voor RWZI Leeuwarden	184595	578623	N 53°11'36.4	E 5°49'48.1
Uitstromende water Leeuwarden	178548	578869	N 53°11'45.4	E 5°44'22.4
Voor RWZI Franeker	167826	576859	N 53°10'41.8	E 5°34'44.6
Na RWZI Franeker	162881	577038	N 53°10'47.9	E 5°30'18.3
Voor sluis Harlingen	157350	576022	N 53°10'15.2	E 5°25'20.5

(Tabel 1, Overzicht meetpunten)



(Afb. 1, Overzicht meetlocaties)

4.3 Deelvraag 2: Welke actoren zijn bij opkomende stoffen betrokken?

Voor de Waddenzee kunnen vele stakeholders genoemd worden. Voor dit onderzoek wordt alleen gekeken naar de Nederlandse stakeholders, die met het waddengebied te maken hebben. Het Waddengebied heeft een grote natuurwaarde en staat daarom op de UNESCO-Werelderfgoedlijst en is een Natura 2000 gebied. Dit houdt in dat de Waddenzee beschermt moet worden, omdat het erfgoed wordt beschouwd als onvervangbaar en uniek eigendom van de hele wereld en waarvan het van groot belang wordt geacht om te behouden. Hierdoor zijn er ook veel regelgevende instanties betrokken bij de Waddenzee. Het gemakkelijkst is om de stakeholders in

drie categorieën in te delen, overheidsinstanties, natuurorganisaties en overige stakeholders. Een overzicht van de stakeholders is gegeven in tabel 2 aan het einde van deze deelvraag.

Onder de overheidsinstanties vallen de ministeries van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit en die van Infrastructuur en Waterstaat. Maar ook Rijkswaterstaat, Staatsbosbeheer en Programma naar een Rijke Waddenzee. Dan zijn er ook nog de drie waddenprovincies die van Noord-Holland, Fryslân en Groningen. Deze stakeholders spelen een belangrijke rol in de regelgeving en het beheer van de Waddenzee en daaromheen.

Omdat de Waddenzee een belangrijk natuurgebied is, zijn er ook een aantal natuurorganisaties stakeholder. Dit zijn de Waddenvereniging, natuurmonumenten en vogelbescherming Nederland. Maar dat geldt bijvoorbeeld ook voor landschapsorganisaties van de 3 waddenprovincies, zoals landschap Noord-Holland, It Fryske Gea en het Groninger landschap.

Dan is er ook nog een partij overige stakeholders. Onder deze stakeholders vallen bijvoorbeeld de visserijsector, NGO's (Non-Governmental Organisations), de rederijen, en de onderzoeksinstituten.

Overheidsinstanties	Natuurorganisaties	Externe Stakeholders
Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit	De Waddenvereniging	Visserijsector
Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat	Vogelbescherming Nederland	NGO's
Rijkswaterstaat	Natuurmonumenten	Rederijen
Staatsbosbeheer	Landschap Noord-Holland	Onderzoeksinstituten
Provincie Noord-Holland, Fryslân, en Groningen.	It Fryske Gea	
De Waterschappen HHNK, Wetterskip, Noorderzijlvest, en Hunze en Aa's.	Het Groninger Landschap	
Programma naar een Rijke Waddenzee	Stichting Wad	

(Tabel 2, Overzicht stakeholders)

4.4 Deelvraag 3: Wat zijn de laatste inzichten m.b.t. opkomende stoffen?

4.4.1 Rijkswaterstaat

De Watson-database

De Watson-database is een initiatief van de Rijksoverheid en wordt uitgevoerd in opdracht van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (IenW). De regie en aansturing van de emissieregistratie is ondergebracht bij het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM).

Verder zijn zij ook verantwoordelijk voor het verzamelen, bewerken, beheren, registreren en rapporteren van de emissiedata, zodat de betrokken ministeries aan de nationale en internationale verplichtingen op het gebied van emissierapportages kunnen voldoen (Rijksoverheid, 2019).

4.4.2 Waterschappen

De waterschappen zijn verantwoordelijk voor de waterkwaliteit in hun beheergebied, belangrijk met betrekking tot de Waddenzee zijn dan het Waterschap Hoogheemraadschap Hollands-Noorderkwartier, Wetterskip Fryslân, Waterschap Noorderzijlvest en Waterschap Hunze en Aa's. Omdat de binnenwateren van deze beheerders effect hebben op het uitmondende water, dat in de Waddenzee terecht kan komen.

Het Kader Richtlijn Water (KRW) is een richtlijn waarop op Europees niveau is besloten dat de kwaliteit van het grondwater en het water van sloten, plassen en vaarten aan bepaalde normen moet voldoen. De normen zijn vastgesteld voor de chemische en ecologische toestand voor deze wateren. Hoewel het oppervlaktewater in de afgelopen decennia behoorlijk schoner is geworden, is het nog steeds een flinke opgave voor het verder verbeteren van de waterkwaliteit.

Waterschap Hoogheemraadschap Hollands-Noorderkwartier

Het Waterschap Hoogheemraadschap Hollands-Noorderkwartier, is ten tijde van het schrijven van dit rapport bezig met verschillende pilots bij verschillende RWZI's, voor het verbeteren van de kwaliteit van het afvalwater. Zij zijn zich ervan bewust dat medicijnresten in het oppervlaktewater een effect kunnen hebben op waterorganismen en daarom niet gewenst zijn in het afvalwater (HHNK, 2019).

Wetterskip Fryslân

Wetterskip Fryslân heeft al sinds 2012 een aantal geneesmiddelen toegevoegd aan de zogenaamde watchlist. Op deze lijst staan potentiële probleemstoffen waarvan EU-lidstaten de aanwezigheid in het oppervlaktewater in kaart moeten brengen. Het is van belang om ook te onderzoeken in hoeverre deze stoffen in Nederland een probleem vormen. Daarom worden deze stoffen in landelijk verband gemonitord. Naast deze inzet op monitoring, participeert Wetterskip Fryslân ook in de demosite van het Antonius Ziekenhuis in Sneek. Hier worden technieken ontwikkeld, waarmee medicijnresten en antibioticaresistente ziekteverwekkers uit het afvalwater kunnen worden verwijderd (Wetterskip Fryslân, 2016).

Waterschap Noorderzijlvest

Het Waterschap Noorderzijlvest controleert regelmatig het water op 100 plekken in het beheergebied van het waterschap. Zij nemen monsters van het water en onderzoeken het daarna verder in een laboratorium. Dingen die het waterschap doet zijn onder andere het testen van de microverontreinigingen die in het water zitten. Voorbeelden hiervan zijn opgeloste medicijnen en medicijnresten. Daarnaast worden de kleinere watergangen elke drie jaar gecontroleerd door het waterschap (Waterschap Noorderzijlvest, Z.D.).

Het Waterschap Hunze en Aa's doet mee aan de landelijke onderzoeken naar medicijnresten. Ook levert het een bijdrage door metingen te doen bij ziekenhuizen en andere zorginstellingen. Uit eigen onderzoek van het waterschap bleek ook dat 20-50% van de medicijnresten afkomstig waren van ziekenhuizen. Het waterschap zet zich daarom in voor het verbeteren van de methodes om de medicijnresten, voordat ze bij de RWZI aankomen al te filteren. Dit zou dan in de praktijk voornamelijk gebeuren bij de zorginstellingen (Waterschap Hunze en Aa's, 2011).

4.5 Deelvraag 4: Hoe en wat moet hierover gecommuniceerd worden?

Als je weinig kennis hebt van iets, dan is het vaak moeilijk om daarover te communiceren. In het geval van de effecten van medicijnresten is dit ook een belangrijk punt. Er is wel degelijk informatie over sommige medicijnresten en de effecten van deze op niet doelgroepen, maar lang niet altijd genoeg.

Als er nog veel onbekend is, dan is het voor de overheid en overheidsinstanties wel van belang dat ze duidelijk maken dat ze nog niet weten welke risico's er zijn en hoe ernstig deze zijn. Dit is een lastige zaak, want het kanodeloos onrust veroorzaken maar het verzwijgen van dit soort informatie is ook niet altijd gewenst. Soms is het juist wel van belang om te communiceren, omdat er bijvoorbeeld meer onderzoek nodig is, maar ook omdat het in sommige gevallen transparantie wettelijk verplicht is. (Rijksoverheid, 2017)

4.5.1 Informeren

Het informeren van de samenleving is belangrijk, zelfs zo belangrijk dat er een verdrag (Verdrag van Aarhus) en een Europese wetgeving (risicomelding) is, die stelt dat de samenleving het recht heeft om goed geïnformeerd te worden. Informeren is ook van belang richting Tweede Kamer, omdat vanwege het democratisch proces het Parlement volledig geïnformeerd dient te zijn.

Voor de samenleving geldt dat de mensen in staat moeten kunnen zijn om bewust en met voorzorg met eventuele risico's om te kunnen gaan. Dit kan door een eigen, nuchtere afweging te maken en desgewenst blootstelling te vermijden. Een open informatievoorziening is van belang, ook over wat nog niet bekend is over nieuwe risico's. Informeren over dit soort onderwerpen maakt het juist voor iedereen duidelijk dat onderzoek nodig is en waar die nodig is (Rijksoverheid, 2017).

4.5.2 Communiceren

De samenleving heeft belang bij het ontvangen van informatie van de overheid, maar de overheid heeft ook belang bij het communiceren. Het gaat dus niet alleen om het zenden van informatie, maar ook om de uitwisseling daarvan met de maatschappij. Dit uitwisselen kan zijn met bijvoorbeeld de samenleving, de wetenschap en het bedrijfsleven. Zij kunnen informatie, kennis en de ervaringen (beleving) die aanwezig zijn delen met de overheid (Rijksoverheid, 2017).

4.5.3 Betrokken en verantwoordelijke partijen

Bij het onderwerp opkomende stoffen en medicijnresten hebben verschillende partijen een rol en een verantwoordelijkheid. Ook beschikken ze veelal over belangrijke kennis en informatie. Communicatie met en tussen deze partijen is hierdoor van groot belang. Het is dus van belang dat de uitwisseling van kennis en informatie plaatsvindt.

Ook is het belangrijk om helder te hebben wie welke belangen, rollen en verantwoordelijkheden heeft en wie zorgt dat iedereen de eigen verantwoordelijkheid ook daadwerkelijk invult. De belangen van de partijen die bij nieuwe problemen aan de orde kunnen zijn, lopen vaak zeer uiteen (Rijksoverheid, 2017).

4.5.4 Handelingsperspectief

Een van de taken van de overheid is het beschikbaar stellen van informatie. Hiermee is de samenleving in staat een goede afweging te maken van de eventuele risico's en van een juiste manier om daar mee om te gaan. Met die informatie bereik je het meest als je ook aangeeft welke handelingsalternatieven mensen hebben om zo weinig mogelijk risico's te lopen.

Ook is het kiezen van wie wat communiceert van belang. Zo is er bijvoorbeeld de keuze van wie de beste afzender is voor een bepaalde risicocommunicatie, want dit kan van situatie tot situatie verschillen. Het publiek blijkt in het algemeen het meeste vertrouwen te hebben in de wetenschappelijke gemeenschap. Voor de communicatie over de effecten van medicijnresten kan het inzetten van de wetenschappelijke gemeenschap ook een valide manier zijn om dit meer onder de aandacht te kunnen brengen (Rijksoverheid, 2017).

4.5.5 Communiceren van wetenschappelijke kennis

Tegenwoordig is het niet meer zo, dat gezag niet vanzelfsprekend is, maar verdient moet worden. Voor de wetenschap is dit niet anders. De oorzaken hiervan zouden kunnen zijn dat het algemeen opleidingsniveau in Nederland is gestegen, waardoor meer mensen de wereld van de wetenschap beter kennen. Ook worden hierdoor wetenschappelijke beweringen kritischer bekeken en niet klakkeloos aangenomen.

Er zijn op internet vele bronnen te raadplegen. Dit kan aan de ene kant bijdragen aan meer betrouwbare wetenschappelijke bevindingen. Aan de andere kant kan dit de betrouwbaarheid van sommige bronnen juist beïnvloeden. Zo is het bijvoorbeeld bekend, dat sommige belanghebbende partijen doelgericht informatie van dubieuze kwaliteit verspreiden om de mening van mensen te sturen (Rijksoverheid, 2017).

5 Onderzoekresultaten

5.1 Watson database

De Watson database geeft info over een aantal RWZI's, die zich rondom de Waddenzee bevinden. De data is niet geheel volledig, maar er kan wel wat gezegd worden over de concentraties van stoffen waarvan wel bekend is wat ze zijn. Van de 41 zitten 5 stoffen boven de PNEC-waarden. Deze stoffen zijn: carbamazepine, claritromycine, diclofenac, ibuprofen, jopamidol. Bij al deze stoffen is de concentratie minstens dubbel zo hoog als de PNEC-waarde. Voor de stof naproxen en venlafaxine geldt dat deze dicht tegen de PNEC-norm aanzit.

Voor de meeste gemeten stoffen geldt dat ze tussen de 0 en 2 microgram per liter zitten. Het overgrote deel van deze stoffen zit onder de PNEC-waarde voor die stof. Er zijn echter een aantal stoffen, die dichtbij of zelfs over de PNEC-waarde heen gaan. De volgende stoffen hebben een lagere PNEC-waarde, carbamazepine (anti-epilepticum), claritromycine (antibioticum) en diclofenac (ontstekingsremmer) overschrijden deze waardes bijvoorbeeld. Maar deze overschrijdende stoffen blijven qua hoeveelheid wel tussen de 2 en 3 microgram per liter.

5.2 Dosis-effectrelatie onderzoek (stromingsmodel)

Uit het literatuuronderzoek is gebleken dat er weinig tot geen kwantitatieve data bekend is over sterftecijfers per hoeveelheid van een bepaald medicijnstof (zie tabel 3 en 4). In dit geval heeft de literatuurstudie over de effecten van Carbamazepine en Diclofenac op mosselen als uitkomst, dat deze stoffen wel degelijk een effect kunnen hebben op organismen. Maar bij bijna alle onderzochte bruikbare bronnen, waar qua effect iets op uitkwam, was de gebruikte hoeveelheid van de stof soms wel 100 keer boven de PNEC-waarde (Ericson, *et al.* 2010) (Schmidt, *et al.* 2013).

Deze waarden zijn hoog om te onderzoeken of er überhaupt een effect is en wat dit effect dan is op de mossel, maar deze extreem hoge waarden komen zelden voor in de natuur. Dit is het geval omdat de zee of in dit geval de Waddenzee open is met stroming en hierdoor verdunt de concentratie zodanig dat deze concentraties niet gehaald worden.

Bij al deze onderzoeken staat chronisch toxisch effect centraal. Dit is ook een belangrijk punt want dit kan ophoping in de organismen veroorzaken. Verder kan dit een effect hebben op andere organismen in de voedselketen door middel van bioaccumulatie. Zo kunnen lage concentraties van een chemische stof uiteindelijk toch een effect hebben op organismen hoger in de voedselketen.

Het onderzoek van Ericson, *et al.* (2010) is de enige die het effect op groei enigszins gekwantificeerd heeft. Dit is gedaan door middel van het bepalen van de "scope for growth". In deze studie is ook een verlaging te zien van de scope for growth bij de concentraties 100 en 10.000 µg l⁻¹.

Voor de studie van Schmidt, *et al.* (2013), geldt dat de Fulton condition factor (CF), die berekend wordt door het gewicht te delen door de lengte, niet significant is. Hier kan dus geen uitspraak over gedaan worden. De Fulton condition factor is echter niet consistent want in andere literatuur onderzoeken wordt die anders berekend (Schmidt, *et al.* 2013).

In de studie van Jaafar, *et al.* (2015) is te zien hoe in het experiment de effecten van deze stoffen op biomarkers getest, bijvoorbeeld biomarkers voor stress. Een voorbeeld van een biomarkers voor stress is GST (Glutathione S-transferases) (Jaafar, *et al.* 2015).

Wel laat het onderzoek van Balbi, *et al.* (2018) zien dat chronische blootstelling van bijvoorbeeld Diclofenac een effect heeft op bevruchte eieren van de mossels, met als gevolg een sterftecijfer van 30%. De hoeveelheden gebruikt in dit onderzoek zijn wel reëel en zouden in de natuur voor kunnen komen (Balbi, *et al.* 2018).

De onderzoeksresultaten zijn hieronder schematisch weergegeven:

	Gemeten veldwaarden	Dosis-effect concentraties in experimenten	Dosis-effect op <i>Mytilus galloprovincialis</i> in experimenten	Kwantitatief effect op groei	Kwantitatief effect op reproductie
Wetterskip Frylan data 2018	0.29 – 0.69 $\mu\text{g l}^{-1}$	-	-	-	-
Veldonderzoek studenten 2019	0.019 – 0.092 $\mu\text{g l}^{-1}$	-	-	-	-
Oliveira, et al. 2017. #2	-	0.3, 3.0, 6.0 en 9.0 $\mu\text{g l}^{-1}$	Chronische blootstelling heeft negatief effect op de conditie en geslachtsklieren van de mossel.	-	-

(Tabel 3, Waarden Wetterskip, Studentenonderzoek, en Carbamazepine Papers)

	Gemeten veldwaarden	Dosis-effect concentraties in experimenten	Dosis-effect op <i>Mytilus galloprovincialis</i> in experimenten	Kwantitatief effect op groei	Kwantitatief effect op reproductie
Wetterskip Frylan data 2018	0.24 – 0.47 $\mu\text{g l}^{-1}$	-	-	-	-
Veldonderzoek studenten 2019	0 – 0.20 $\mu\text{g l}^{-1}$	-	-	-	-
Jaafar et al. 2015. #4	-	200 en 1000 $\mu\text{g l}^{-1}$	Geen effect waargenomen op GST = GST activiteit is een biomarker voor stress.	-	-
Ericson et al. 2010. #5	-	100 en 10.000 $\mu\text{g l}^{-1}$	Hoge concentraties hebben een effect op SFG = scope for growth. En effect op de sterkte en overvloed aan byssusdraden.	De SFG van de controlgroep is 225, die van D-100 $\mu\text{g l}^{-1}$ is 50, en die van D-1000 $\mu\text{g l}^{-1}$ is 160.	-
Schmidt et al. 2013. #6	-	100 en 1000 $\mu\text{g l}^{-1}$	Klein effect op de Fulton condition factor (CF). En significantte afname GST activiteit.	Groep C en SC (control) zitten allebei rond de 31CF, voor de $\mu\text{g l}^{-1}$ zit de CF op 28, en voor 1000 $\mu\text{g l}^{-1}$ zit de CF op 29.	-
Balbi et al. 2018. #9	-	1 en 10 $\mu\text{g l}^{-1}$	Blootstelling aan bevruchte eieren heeft een significant effect.	-	Bij 1 en 10 $\mu\text{g l}^{-1}$ aan diclofenac bij 48 uur pf (Post fertilization), resulterend in 30% embryo-misvormingen

(Tabel 4, Waarden Wetterskip, Studentenonderzoek, en Diclofenac Papers)

5.3 Case study

De meetresultaten van de genomen monsters zijn terug te vinden in bijlage 3. Hierin staan ook de eerdere resultaten van het onderzoek, dat het Wetterskip in 2018 heeft uitgevoerd. Uit de resultaten is af te lezen dat de concentraties van geneesmiddelen gemeten in oktober 2019 lager zijn, dan die van het onderzoek van het Wetterskip in 2018. Er kan echter geen uitspraak gedaan worden over de volgende stoffen, omdat de resultaten in één van de metingen ontbreken. Dit heeft als oorzaak dat het niet gemeten kon worden met de beschikbare apparatuur, of dat de nieuwe apparatuur niet optimaal ingesteld is voor het testen op deze stoffen. Het gaat hier om de volgende stoffen:

- Ciprofloxacine
- Pipamperon
- Clozapine
- Oxazepam
- Naproxen

Het algemene beeld van beide onderzoeken laat zien, dat de waardes die in oktober 2019 gemeten zijn, lager zijn dan die in het eerdere onderzoek van het Wetterskip in 2018. Daar waar sulfamethoxazol in 2018 nog de PNEC-norm van 120 ug/l overschreed, ligt de concentratie van deze stof in 2019 onder de norm met een waarde van 68 ug/l (Wetterskip Fryslân, Z.D.). In het eerdere onderzoek van het Wetterskip zat de stof naproxen ook boven de PNEC-norm. Maar in de meetresultaten van oktober 2019 is hier echter geen data van bekend, hetzelfde geldt voor diclofenac. De rest van de gemeten stoffen van oktober 2019 zitten allemaal onder de PNEC-norm.

Met later verkregen data van het Wetterskip, die in bijlage 4 staan, kunnen betere vergelijkingen gemaakt worden over de medicijnresten concentraties in het oppervlaktewater op twee punten bepaald door het Wetterskip. Deze nieuwe concentraties kunnen beter vergeleken worden met die in ons studenten onderzoek, omdat deze concentraties gehaald zijn uit het oppervlaktewater en niet uit het influent of effluent water. De resultaten van dit onderzoek laat zien dat de concentraties op deze twee punten erg laag zijn en overeenkomen met het resultaat van de case study.

6 Conclusie

De focus van dit onderzoek ligt bij het inventariseren van de omvang van het probleem, de actoren en de laatste stand van zaken met betrekking tot opkomende stoffen. Om dit te kunnen onderzoeken is de volgende hoofdvraag opgesteld: "Wat is de huidige situatie (stand van zaken) met betrekking tot opkomende stoffen in de Waddenzee?".

Met de gevonden informatie kunnen de volgende uitspraken gedaan worden. Van de 115 verschillende medicijnstoffen in de Watson database is er voor 41 van die stoffen data bekend. Waarvan de meeste data dus komt van het RWZI bij Stadskanaal. Van de stoffen met een waarde in de Watson database kan gezegd worden dat 5 stoffen de PNEC-norm overschreden en 2 zitten er dicht tegen aan. De overige stoffen zitten ten tijde van dit onderzoek onder de PNEC-norm. Verder is er geen overzicht van de metingen die de verschillende beheerders hebben uitgevoerd, en niet bij alle RWZI's zijn er metingen gedaan en er is op de verschillende locaties niet even vaak gemeten. Het DPSIR-model laat zien dat de drijvende kracht achter de verspreiding van medicijnresten antropogeen is, en omdat het antropogeen is kunnen door middel van veranderingen in beleid en in filtratietechnieken de concentraties in het oppervlaktewater positief beïnvloed worden.

Over het onderzoek naar de effecten van carbamazepine en diclofenac op de mossel kan gezegd worden, dat er simpelweg te weinig informatie beschikbaar is. Wel laat dit onderzoek zien dat deze stoffen een effect kunnen hebben op de mossel in hoge concentraties, maar niet bij welke concentraties het sterfte en groeicijfer beïnvloed wordt.

De case study laat zien dat de concentraties van bijna alle stoffen omlaag is gegaan, in vergelijking met eerder onderzoek over influent en effluent water, van het Wetterskip. Dit komt echter omdat in het onderzoek van het Wetterskip de effluent gemeten is en in het veldonderzoek is het oppervlaktewater gemeten. Over de stoffen naproxen en diclofenac, die eerder wel de norm overschreden, kan niks gezegd worden omdat daar geen waarden voor zijn in de nieuwe metingen. De concentraties die gemeten zijn door het Wetterskip met betrekking tot het oppervlaktewater laat zien dat de concentraties laag zijn, en vergelijkbaar met die van de case study.

Voor de waterschappen en Rijkswaterstaat geldt dat zij verantwoordelijk zijn voor de waterkwaliteit in hun beheergebied. Voor beide geldt daarom ook dat er gemeten wordt en er nieuwe technieken ontwikkeld worden om het filteren beter en efficiënter te maken. De samenleving heeft het recht om goed geïnformeerd te worden, om zo zelf eigen afwegingen te kunnen maken van de eventuele risico's. Het is dus van belang dat er gecommuniceerd wordt.

7 Discussie

7.1 Inventarisatie

De data die verkregen is via de Watson database is bruikbaar, maar niet geheel compleet. Voor veel RWZI's geldt dat het er helemaal geen data beschikbaar is. Ook is het zo dat bij de RWZI's waar wat gemeten is, lang niet overal metingen werden verricht naar alle stoffen. Omdat dit het geval is voor deze database kan het dus soms een vertekend beeld geven. Het beeld dat de Watson database geeft ten tijde van dit onderzoek, kan hierdoor een andere weergave van de werkelijkheid weergeven. Omdat het zich vaak focust op maar een aantal punten.

7.2 Dosis-effectrelatie onderzoek

Het onderzoek van Ericson, *et al.* (2010) is het enige onderzoek dat kwantitatieve data heeft, in de zin van de "scope for growth". Met deze scope for growth valt iets te zeggen over het groeipercentage van de mosselen. Maar dit is echter verre van een ideale situatie, want er zijn op dit moment geen andere bronnen om deze bevindingen mee te vergelijken. Er kan hiermee dus niet worden vastgesteld hoe betrouwbaar deze resultaten zijn.

Het onderzoek van Schmidt, *et al.* (2013), had ook kwantitatieve data in de vorm van de Fulton condition factor (CF). De Fulton condition factor wordt berekend door het gewicht te delen door de lengte, maar deze was echter niet significant. Hier kan dus verder geen uitspraak over gedaan worden. Een ander probleem met de Fulton condition factor is dat deze niet consistent is, want in andere literatuur onderzoeken wordt die op een andere manier berekend (Nash, *et al.* 2006).

Dan is er nog het feit dat bijna alle gevonden studies een effect probeerde te vinden doormiddel van extreem hoge concentraties. Het is dan ook niet reëel dat deze concentraties in de natuur voorkomen in een open systeem. De studies hadden overigens ook een meer realistische concentratie, maar daar waren de effecten minder in vergelijking met de hogere concentraties (Ericson, *et al.* 2010) (Schmidt, *et al.* 2013).

7.3 Case study

Voor de case study geldt dat de bemonsteringen voor het onderzoek op één dag hebben plaatsgevonden. De resultaten zijn dus een momentopname en hierbij kunnen veel factoren invloed hebben gehad. Ook zijn er maar 5 monsters genomen. Daarnaast zijn de monsters niet op hetzelfde tijdstip genomen, waardoor het mogelijk is dat de concentraties door wisselende stromen hoger of lager uitvallen. Bij de monsterlocatie 2 waren werkzaamheden voor een nieuwe brug bezig. Het zou hierdoor mogelijk kunnen zijn, dat er door de bodembroerende activiteiten van deze werkzaamheden, extra slib van de bodem in de waterkolom terecht kwam en zo het monster beïnvloedde.

Wanneer de meetresultaten met die van het eerdere onderzoek van het Wetterskip worden vergeleken, moet er ook rekening mee worden gehouden, dat het onderzoek van het Wetterskip in het voorjaar (mei) plaatsvond en dit onderzoek in het najaar (oktober). Het onderzoek van het Wetterskip heeft ook plaatsgevonden voor de droge zomers van 2018 en 2019 dit zal ook invloed kunnen hebben gehad op de resultaten.

Het is wel interessant dat ondanks al deze variabelen, de concentraties een stuk lager zijn uitgevallen in vergelijking met het onderzoek van het Wetterskip. En dit was dan ook een van de belangrijke vragen bij de terugkoppeling met het Wetterskip. Het verschil in concentratie kan worden verklaard door een foute aanname, de data van het onderzoek van het Wetterskip (2018), is namelijk gemeten in influent en effluent water van de RWZI's. In het onderzoek van de case study is het oppervlaktewater gemeten, en dit is de reden dat het verschil zo groot is. Dit is echter wel meegenomen in het onderzoek, er is wel een extra tabel toegevoegd zodat de metingen van de case study toch vergeleken konden worden met oppervlakte data gemeten door het Wetterskip.

Over de missende data van het Wetterskip is na een terugkoppelingsgesprek met het Wetterskip duidelijk geworden dat er 3 redenen zijn waarom er missende concentraties zijn. Allereerst meet het Wetterskip de influent en effluent concentraties van een RWZI, in de veldstudie is daarentegen het oppervlakwater gemeten. Door nieuwe meetapparatuur van het Wetterskip is de data nauwkeuriger. En sommige stoffen konden niet gemeten worden omdat de apparatuur daar nog niet voor was ingesteld, maar deze stoffen kunnen uiteindelijk wel door diezelfde apparatuur gemeten worden.

Bij de bemonstering is een label fout gemaakt bij de monsters 4 (RWZI na Franeker) en 5 (sluizen Harlingen), beide waren gelabeld als monster 4 en hierdoor is niet duidelijk te zeggen welk monster bij welk punt hoort. Uit de meetresultaten van de monsters blijkt, dat bij monster 4-1 de stoffen allemaal onder die van 4-2 zitten. De aanname is hierom dan ook, dat monster 4-1 het laatste monsterpunt (sluizen Harlingen) betreft en monster 4-2 het voorlaatste monsterpunt (RWZI na Franeker) is. Dit is de aanname, omdat hetzelfde patroon te vinden is bij de eerdere meetpunten. Waar de concentraties hoger liggen net na de RWZI en uiteindelijk lager worden, omdat ze meer mengen met het water.

7.4 Aanbevelingen vervolgonderzoek

Een goed begin om meer informatie over dit onderwerp te kunnen krijgen is het verzamelen van meer data. Allereerst is het van belang dat de data in de Watson database geüpdatet en bijgehouden wordt. Zonder deze data is het moeilijk om beleid te maken of zelfs een uitspraak te doen over opkomende stoffen. Een lijst van belangrijke medicijnstoffen kan opgesteld worden, die stoffen bevat die een groot deel van de betrokken beheerders ook daadwerkelijk kunnen meten. Dit kan er voor zorgen dat de lijst bij de meeste RWZI's toegepast kan worden om zo een meer complete dataset voor de Watson database te krijgen. Want voor een onderwerp als deze geldt 'meten is weten'.

Dit zou gecombineerd kunnen worden met het veldwerk dat gedaan is voor de case study. Zo is de Watson database voorzien van data die toegankelijk is voor het publiek en de beheerders hebben dan ook data, waarmee gewerkt kan worden aan onderzoek en beleid met betrekking tot opkomende stoffen.

Ditzelfde geldt voor het dosis-effectrelatie onderzoek van opkomende stoffen op organismen. Of in dit geval het effect van carbamazepine en diclofenac op de mossel. Nieuw onderzoek zou kunnen leiden tot nieuwe inzichten en het beter begrijpen van wat deze stoffen doen als ze in aanraking komen met organismen die niet deel uitmaken van de doelgroep.

8 Literatuurlijst

- Astrazeneca. 2017. *Environmental Risk Assessment Data Quetiapine*. Predicted No Effect Concentration (PNEC).
- Balbi, T., Montagna, M., Fabbri, R., Carbone, C., Franzellitti, S., Fabbri, E., & Canesi, L. (2018). *Diclofenac affects early embryo development in the marine bivalve Mytilus galloprovincialis*. *Science of The Total Environment*. [Geraadpleegd op 28/11/19].
- Bouissou-Schurtza, C., Houetoa, P., Guerbetb, M., Bachelote, M., Casellasd, C., Mauclaira, A.C., Panetiere, P., Delvala, C., Masset, D. 2014. *Ecological risk assessment of the presence of pharmaceutical residues in French national water survey*. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*.
- CENTER FOR ENVIRONMENTAL HEALTH (CEH). (2019). *About Exposure*. [online] beschikbaar op: <https://www.health.ny.gov/environmental/about/exposure.htm>. New York State Department of Health. [Geraadpleegd op 17/10/19].
- Dey, S., Bano, F., & Malik, A. (2019). *Pharmaceuticals and personal care product (PPCP) contamination—a global discharge inventory*. *Pharmaceuticals and Personal Care Products: Waste Management and Treatment Technology*, 1–26. [Geraadpleegd op 17/10/19].
- Environment and Climate Change Canada Health Canada. 2019. *Draft Screening Assessment Resins and Rosins Group*. Retrieved from: <https://www.canada.ca/content/dam/eccc/documents/pdf/pded/resins-rosins/Draft-screening-assessment-resins-rosins-group.pdf>
- Ericson, H., Thorsén, G., & Kumblad, L. (2010). *Physiological effects of diclofenac, ibuprofen and propranolol on Baltic Sea blue mussels*. *Aquatic Toxicology*. [Geraadpleegd op 11/12/19].
- Greenfacts. (2019). *Predicted No Effect Concentration*. [online] beschikbaar op: <https://www.greenfacts.org/glossary/pqrs/PNEC-predicted-no-effect-concentration.htm>. [Geraadpleegd op 17/10/19].
- Hoogheemraadschap Hollands-Noorderkwartier (HHNK). (2019). *Wat doen wij?*. [online] beschikbaar op: https://www.hhnk.nl/schoon-water/wat-doen-wij_43703/item/wat-doen-wij_11335.html. [Geraadpleegd op 07/01/20].
- Jaafar, S. N. T., Coelho, A. V., & Sheehan, D. (2015). *Redox proteomic analysis of mytilus edulis gills: effects of the pharmaceutical diclofenac on a non-target organism*. *Drug Testing and Analysis*. [Geraadpleegd op 22/10/19].
- Minguez, L., Pedelucq, J., Farcy, E., Ballandonne, C., Budzinski, H., Halm-Lemeille, M.P. 2014. *Toxicities of 48 pharmaceuticals and their freshwater and marine environmental assessment in northwestern France*.
- Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (Ministerie IenW). (2018). *Ketenaanpak Medicijnresten uit Water*. [online] beschikbaar op: [NL+Uitvoeringsprogramma+ketenaanpak+medicijnresten.pdf](#). Werkgroep ketenaanpak medicijnen. [Geraadpleegd op 23/10/19].
- Nash, R.D. M., Valencia, A. H., Geffen, A. J. (2006). *The Origin of Fulton's Condition Factor— Setting the Record Straight*. *FISHERIES HISTORY*. [Geraadpleegd op 08/01/20].
- Oesterwind, D., Rau, A., & Zaiko, A. (2016). *Drivers and pressures – Untangling the terms commonly used in marine science and policy*. *Journal of Environmental Management*. [Geraadpleegd op 24/10/19].
- Programma naar een rijke Waddenzee (PRW). (2019). *Sjabloon Word Programma naar een rijke Waddenzee*. [online] beschikbaar op: <https://rijkewaddenzee.nl/>. [Geraadpleegd op 19/02/20].
- Richmond, E.K., Rosi, E.J., Walters, D.M. et al. (2018). *A diverse suite of pharmaceuticals contaminates stream and riparian food webs*. *Nat Commun* 9, 4491 Waddenvereniging. (2019). *Het ritme van de zee*. [online] beschikbaar op: <https://www.waddenvereniging.nl/meerweten/getij>. [Geraadpleegd op 20/11/19].

Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM). (2018). *Risicobeoordeling 42 opkomende stoffen in oppervlaktewaterbronnen voor drinkwaterbereiding*. [Geraadpleegd op 10/10/19].

Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM). (2016). *Geneesmiddelen en waterkwaliteit*. [Geraadpleegd op 23/10/19].

Rijksoverheid. (2019). *Emissieregistratie*. [online] beschikbaar op: <http://www.emissieregistratie.nl/erpubliek/erpub/wsn/default.aspx> . Watson Database. [Geraadpleegd op 31/10/19].

Rijksoverheid. (2017). *Communicatie over nieuwe risico's*. [online] beschikbaar op: <https://magazines.rijksoverheid.nl/ienw/veiligheid-en-risicos/2017/03/communicatie-over-nieuwe-risico%E2%80%99s> . [Geraadpleegd op 30/10/19].

Schmidt, W., Rainville, L.-C., McEneff, G., Sheehan, D., & Quinn, B. (2013). *A proteomic evaluation of the effects of the pharmaceuticals diclofenac and gemfibrozil on marine mussels (Mytilus spp.): evidence for chronic sublethal effects on stress-response proteins*. Drug Testing and Analysis. [Geraadpleegd op 12/12/19].

UK Marine Special Areas of Conservation (UK Marine Sac's). (2019). *Dilution*. [online] beschikbaar op: http://www.ukmarinesac.org.uk/activities/water-quality/wq5_1.htm . The UK Marine Protected Areas Centre. [Geraadpleegd op 20/11/19].

Waterschap Hunze en Aa's. (2011). *Notitie stedelijk waterbeheer*. [online] beschikbaar op: <https://www.hunzeenaas.nl/about/voldoendewater/Documents/Notitie%20stedelijk%20waterbeheer.pdf> . [Geraadpleegd op 07/01/20].

Waterschap Noorderzijlvest. (Z.D.). *Onderzoek waterkwaliteit*. [online] beschikbaar op: <https://www.noorderzijlvest.nl/ons-werk/beheer-onderhoud/onderzoek-kwaliteit/> . [Geraadpleegd op 07/01/20].

Wetterskip Fryslân. (2017). *Geneesmiddelen in het beheergebied van Wetterskip Fryslân*. Stand van zaken. [Geraadpleegd op 31/10/19].

Wetterskip Fryslân. (2016). *Waterbeheerplan 2016-2021. En wat doen we morgen met water?*. [online] beschikbaar op: https://www.hhnk.nl/schoon-water/wat-doen-wij_43703/item/wat-doen-wij_11335.html . [Geraadpleegd op 07/01/20].

9 Bijlagen

9.1 Bijlage 1 Medicijnresten Watson database

In de tabel staan de 115 stoffen vanuit de Watson database, de stoffen zijn in 4 kleur categorieën verdeeld en voor de stoffen waar data van was zijn de PNEC waardes of de signaleringswaarde bijgevoegd. Ook is in deze tabel te zien welke stoffen overeenkomen met de stoffen gebruikt in het veldonderzoek.

1. Zwart, hier is geen meetdata over bekend bij de geselecteerde RWZI's.
2. **Groen**, deze stoffen zitten onder de PNEC waarde.
3. **Geel**, hiervoor is de signaleringswaarde gebruikt
4. **Rood**, deze stoffen overschrijden de PNEC waarde.
5. De stoffen met een * zitten ook in het veldonderzoek.

115 Medicijnresten Watson database

	PNEC (µg/L)		PNEC (µg/L)		PNEC (µg/L)
5-beta-cholestan-3-one	0,1	fenofibraat		*oxazepam	215,3
aminofenazon		fenoprofen		oxytetracycline	
*amidotrizoïnezuur	130	fenoterol		paracetamol	
amoxicilline		*fenazon (antipyrene)		penicilline G	
anhydro-erythromycine	0,1	furazolidon		penicilline V	
atenolol	148	*gabapentine	5	pindolol	
azitromycine		gadolinium	0,2 ²	*pipamperon	9808 ⁵
betaxolol		gemfibrozil	1,5	*pentoxifylline	20
*bezafibraat	1000	*hydrochloorthiazide	6,4	primidon	
bisoprolol		ibuprofen	0,011	propyfenazon	
beta-sitosterol	2 ³	ifosfamide		*propranolol	
chloortetracycline		indometacine		quetiapine	100 ¹
chlooramfenicol		*irbesartan	704	ronidazol	
caffeine	40	jodipamide		roxitromycine	
*carbamazepine	0,5	johexol	0,1	salbutamol	
ceftriaxon		*jomeprol	1000	simvastatine	
cefaclor		jopromide		*sotalol	47,88
cefadroxil		*jopamidol	1,25 ⁵	spiramycine	
cefalexine		jopanoïnezuur		sulfachloorpyridazine	

cefuroxim		jotalaminezuur		sulfadiazine	
ceftiofur		joxaglinezuur	0,1	sulfadimidine	
cefixim		joxitalaminezuur	0,1	sulfadimethoxine	
*ciprofloxacin		*ketoprofen	0,5	sulfamerazin	
*claritromycine	0,04	levetiracetam	37,3	*sulfamethoxazol	0,118
clenbuterol		*lidocaïne	81,7	sulfaquinoxaline	
*clindamycine	4	lincomycine		tetracycline	
clofibraat		meclocycline		*trimethoprim	16
cloxacilline		mestranol		terbutaline	
*clozapine	3,13 ⁴	metformine	780	terpinehydraat	
*diclofenac	0,1	metronidazol		tiamuline	
dicloxacilline		*metoprolol	62	tolfenaminezuur	
*dipyridamol	2,4	monensin		tylosine	
daidzeine	0,1	nafcilline		*valsartan	560
dapson		*naproxen	0,64	valium	
doxycycline		norethisteron		venlafaxine	0,09
enrofloxacin		norfloxacin		vigabatrine	
enoxacin		oxacilline		virginiamycine	
etofibraat		ofloxacin			
fenofibrinezuur		oleandomycine			

Bronnen PNEC: (Wetterskip Fryslan, 2019)

Tenzij anders aangegeven:

¹ (Astrazeneca. 2017)

² (Bouissou-Schurtza et al. 2014)

³ (Environment and Climate Change Canada Health Canada, 2019.)

⁴ (Minguez et al. 2014)

⁵ (RIVM, 2016)

9.2 Bijlage 2 RWZI's Watson database

RWZI's Waddenzee	
AMELAND	LEEUWARDEN
ASSEN	OOSTEREND
BELLINGWOLDE	OUDESCHILD
BIRDAARD	SCHEEMDA
DAMWOUDE	SCHEVEKLAP
DE COCKSDORP	SCHIERMONNIKOOG
DEN HELDER	ST ANNAPAROCHIE
DOKKUM	STADSKANAAL
EVERSTEKOOG	TER APEL
FOXHOL	TERSCHELLING
FRANEKER	TWEEDE EXLOERMOND
GIETEN	VEENDAM
GROUW	VLIELAND
HARLINGEN	VRIESCHELOO
HAULERWIJK (A+B)	WIERINGEN
HOOGEZAND	WIERINGERMEER
KOOTSTERTILLE	

9.3 Bijlage 3 Uitkomsten veldwerk & influent en effluent data Wetterskip Fryslân

Wetterskip Fryslân				lopamido	amidotri	metoprol	sotalol	dimetrid	lidocain	sulfamet	trimetho	claritro	pentoxify	ciproflo	clindamy	carbamaz	gabapent	bezafibr	diclofen	irbesart	ketoprof	pipamper	clozapin	dipyrida	hydrochl	phenazon	valsarta	oxazepam	naproxen	propriol	lomeprol	aminghen		
Monster	Monsterpur	Omschrijving	Datum	Tijd	lopamidol (S)	Amidotrizol	Metoprolol	Sotalol (SP)	Dimetridaz	Lidocaine	Sulfametho	Trimethopri	Clarithromyc	Pentoxifyllin	Ciprofloxac	Clindamycor	Carbamazej	Gabapentini	Bezafibraest	Diclofenac	Irbesartan (S)	Ketoprofen	Pipamperor	Clozapine (S)	Dipyridamo	Hydrochlool	Phenazon (S)	Valsartan (S)	Oxazepam	Naproxen (S)	Propranolol	Lomeprol (S)	Acetaminop	
					ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l
'1805052	zz18-ina	RWZI Leeuwarden infli ad hoc	7-5-2018	13:52	< 3000	< 1000	1500	1100	< 300	< 50	530	190	140	< 100	nb	< 50	440	1400	180	400	1700	< 100	nb	nb	3900	< 4000	< 100	1200	700	> 25000	< 1000	> 20000	> 20000	
'1805053	zz18-efa	RWZI Leeuwarden effli ad hoc	7-5-2018	13:52	< 3000	< 1000	1000	710	< 300	< 50	180	110	< 100	< 100	nb	< 50	380	680	< 100	240	1100	< 100	nb	nb	410	< 4000	< 100	< 300	530	< 1000	< 1000	> 25000	< 1000	
'1805078	zz10-ina	RWZI Franeker influent ad hoc	9-5-2018	11:53	< 3000	< 1000	1800	1100	< 300	< 50	880	< 50	< 100	< 100	nb	< 50	650	1200	< 100	< 100	1800	< 100	nb	nb	5500	< 4000	< 100	730	600	> 20000	< 1000	> 20000	> 20000	
'1805079	zz10-efa	RWZI Franeker effluent ad hoc	9-5-2018	11:53	< 3000	< 1000	1300	1200	< 300	< 50	280	100	< 100	< 100	nb	< 50	690	1000	< 100	470	1600	< 100	nb	nb	1900	< 4000	< 100	760	710	17000	< 1000	> 20000	< 1000	
'1805080	zz13-ina	RWZI Harlingen influent ad hoc	9-5-2018	11:53	< 3000	< 1000	1800	1700	< 300	< 50	430	< 50	< 100	< 100	nb	< 50	340	2100	370	560	2300	< 100	nb	nb	4400	< 4000	< 100	1600	630	> 25000	< 1000	> 20000	> 20000	
'1805081	zz13-efa	RWZI Harlingen effluent ad hoc	9-5-2018	11:53	< 3000	< 1000	1100	1400	< 300	< 50	< 200	< 50	< 100	< 100	nb	< 50	290	910	< 100	< 100	1800	< 100	nb	nb	270	< 4000	< 100	< 300	470	< 1000	< 1000	6000	< 1000	
Studenten onderzoek																																		
Monster	Monsterpur	Omschrijving	Datum	Tijd																														
1	zz18	Voor RWZI Leeuwarden	8-10-2019	10:48	< 300	< 100	170	160	< 30	16	68	14	< 10	< 10	< 200	12	92	430	< 10	< 200	300	< 10	< 200	< 200	< 30	< 400	< 10	81	nb	nb	< 100	1900	< 100	
2	1	Uitstromende water Leeuwarden	8-10-2019	11:50	< 300	< 100	18	22	< 30	< 5	< 10	< 5	< 10	< 10	< 200	5,1	19	90	< 10	< 10	31	< 10	< 200	< 200	< 30	< 400	< 10	68	nb	nb	< 100	< 300	< 100	
3	zz10	Voor RWZI Franeker	8-10-2019	12:34	< 300	< 100	47	46	< 30	< 5	20	6,3	< 10	< 10	< 200	6,9	18	120	< 10	13	88	< 10	< 200	< 200	< 30	< 400	< 10	92	nb	nb	< 100	< 300	< 100	
4_2	4*	Na RWZI Franeker	8-10-2019	13:19	< 300	< 100	31	36	< 30	< 5	< 10	5,9	< 10	< 10	< 200	6,3	25	100	< 10	11	69	< 10	< 200	< 200	< 30	< 400	< 10	80	nb	nb	< 100	< 300	< 100	
4_1	5*	Voor sluis Harlingen	8-10-2019	14:29	< 300	< 100	13	25	< 30	6,7	< 10	< 5	< 10	< 10	< 200	6,1	22	93	< 10	< 10	44	< 10	< 200	< 200	< 30	< 400	< 10	70	nb	nb	< 100	< 300	< 100	
* punt op meetgegevens gebaseerd																																		

9.4 Bijlage 4 Onderzoek Wetterskip Fryslân

				amdTzinzr	bezaftb	carbampne	cipfxone	clartmone	clindmone	Dclofnc	DmTdzl	Dpyrdml	fenzn	gabtpne	HCltazde	irbstan	jopmdl	ketpfn	lidcine	metpli	oxzpm	pipprn	poxfine	sotll	sulfmtoazl	Tmtpm	valstan	
				NVT	NVT	NVT	NVT	NVT	NVT	NVT	NVT	NVT	NVT	NVT	NVT	NVT	NVT	NVT	NVT	NVT	NVT	NVT	NVT	NVT	NVT	NVT	NVT	NVT
				ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	
				amidotrizoin	bezafibraat	carbamazep	ciprofloxacir	claritromycir	clindamycin	diclofenac	dimetridazol	dipyridamol	fenazon (ant	gabapentine	hydrochloor	irbesartan	jopamidol	ketoprofen	lidocaïne	metoprolol	oxazepam	pipamperon	pentoxifyllin	sotalol	sulfamethox	trimethoprin	valsartan	
VAN HARINXMAKANAAL, Kiesterzijl	162881	577038	10-4-2013	< 0.2	< 0.05	0.061	< 0.2	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.2	< 0.05	< 0.05	< 0.4	0.13	0.93	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	0.14	< 0.05	< 0.05	< 0.2
VAN HARINXMAKANAAL, Kiesterzijl	162881	577038	7-5-2013	< 0.2	< 0.05	0.068	NB	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.2	< 0.05	0.1	< 0.4	0.13	0.81	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	NB	< 0.05	0.091	< 0.05	< 0.05	< 0.2	
VAN HARINXMAKANAAL, Kiesterzijl	162881	577038	5-6-2013	< 0.2	< 0.05	0.057	NB	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.2	< 0.05	0.093	< 0.4	0.072	< 0.2	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	NB	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.2	
VAN HARINXMAKANAAL, Kiesterzijl	162881	577038	3-7-2013	< 0.2	< 0.05	0.057	NB	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.2	< 0.05	0.14	< 0.4	0.065	< 0.2	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	NB	< 0.05	0.052	< 0.05	< 0.05	< 0.2	
VAN HARINXMAKANAAL, Kiesterzijl	162881	577038	31-7-2013	< 0.2	< 0.05	0.064	NB	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.2	< 0.05	0.19	< 0.4	< 0.05	< 0.2	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	NB	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.2	
VAN HARINXMAKANAAL, Kiesterzijl	162881	577038	28-8-2013	< 0.2	< 0.05	0.059	NB	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.2	< 0.05	0.17	< 0.4	0.099	0.48	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	NB	< 0.05	0.066	< 0.05	< 0.05	< 0.2	
VAN HARINXMAKANAAL, Kiesterzijl	162881	577038	25-9-2013	< 0.2	< 0.05	0.053	NB	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.2	< 0.05	0.18	< 0.4	0.091	0.43	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	NB	< 0.05	0.07	< 0.05	< 0.05	< 0.2	
VAN HARINXMAKANAAL, Kiesterzijl	162881	577038	24-10-2013	< 0.2	< 0.05	0.084	NB	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.2	< 0.05	0.22	< 0.4	0.18	< 0.2	< 0.05	< 0.05	0.056	0.07	NB	< 0.05	0.13	< 0.05	< 0.05	< 0.2	
VAN HARINXMAKANAAL, Kiesterzijl	162881	577038	20-11-2013	< 0.2	< 0.05	< 0.05	NB	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.2	< 0.05	< 0.05	< 0.4	< 0.05	< 0.2	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	NB	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.2	
VAN HARINXMAKANAAL, Kiesterzijl	162881	577038	9-12-2013	< 0.2	< 0.05	< 0.05	NB	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.2	< 0.05	0.067	< 0.4	0.1	< 0.2	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	NB	< 0.05	0.08	< 0.05	< 0.05	< 0.2	
VAN HARINXMAKANAAL, Kiesterzijl	162881	577038	11-2-2014	< 0.1	< 0.01	0.02	NB	< 0.01	0.0052	0.012	< 0.03	< 0.03	< 0.01	0.084	< 0.4	0.09	< 0.3	< 0.01	0.0081	0.029	0.031	NB	< 0.01	0.088	< 0.02	< 0.005	< 0.03	
VAN HARINXMAKANAAL, Kiesterzijl	162881	577038	11-3-2014	< 0.1	< 0.01	0.028	NB	< 0.01	< 0.005	< 0.01	< 0.03	< 0.03	< 0.01	0.073	< 0.4	0.097	< 0.3	< 0.01	0.0069	0.03	0.037	NB	< 0.01	0.074	< 0.02	< 0.005	< 0.03	
VAN HARINXMAKANAAL, Kiesterzijl	162881	577038	7-4-2014	< 0.1	< 0.01	0.035	NB	< 0.01	0.0061	< 0.01	< 0.03	< 0.03	< 0.01	0.099	< 0.4	0.078	< 0.3	< 0.01	0.0055	0.027	0.041	NB	< 0.01	0.049	< 0.02	< 0.005	< 0.03	
VAN HARINXMAKANAAL, Kiesterzijl	162881	577038	6-5-2014	< 0.1	< 0.01	0.044	NB	< 0.01	< 0.005	< 0.01	< 0.03	< 0.03	< 0.01	0.14	< 0.4	0.22	< 0.3	< 0.01	0.0071	0.049	0.05	NB	< 0.01	0.089	0.026	< 0.005	< 0.03	
VAN HARINXMAKANAAL, Kiesterzijl	162881	577038	21-9-2015	< 0.1	< 0.01	0.031	nb	< 0.01	0.0059	0.023	< 0.03	< 0.03	< 0.01	0.14	< 0.4	0.17	< 0.3	< 0.01	0.008	0.088	0.036	nb	< 0.01	0.016	0.024	< 0.005	< 0.03	
VAN HARINXMAKANAAL, Kiesterzijl	162881	577038	20-10-2015	< 0.1	< 0.01	0.03	nb	< 0.01	< 0.005	< 0.01	< 0.03	< 0.03	< 0.01	0.095	< 0.4	0.22	< 0.3	< 0.01	0.013	0.12	0.046	nb	< 0.01	0.027	< 0.02	< 0.005	< 0.03	

				amdTzinzr	bezaftb	carbampne	cipfxone	clartmone	clindmone	Dclofnc	DmTdzl	Dpyrdml	fenzn	gabtpne	HCltazde	irbstan	jopmdl	ketpfn	lidcine	metpli	oxzpm	pipprn	poxfine	sotll	sulfmtoazl	Tmtpm	valstan	
				NVT	NVT	NVT	NVT	NVT	NVT	NVT	NVT	NVT	NVT	NVT	NVT	NVT	NVT	NVT	NVT	NVT	NVT	NVT	NVT	NVT	NVT	NVT	NVT	NVT
				ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	ug/l	
				amidotrizoin	bezafibraat	carbamazep	ciprofloxacir	claritromycir	clindamycin	diclofenac	dimetridazol	dipyridamol	fenazon (ant	gabapentine	hydrochloor	irbesartan	jopamidol	ketoprofen	lidocaïne	metoprolol	oxazepam	pipamperon	pentoxifyllin	sotalol	sulfamethox	trimethoprin	valsartan	
VAN HARINXMAKANAAL, Leeuwarden	182299	577491	23-4-2013	< 0.2	< 0.05	< 0.05	NB	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.2	< 0.05	0.058	< 0.4	0.051	< 0.2	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	NB	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.2	
VAN HARINXMAKANAAL, Leeuwarden	182299	577491	13-8-2013	< 0.2	< 0.05	< 0.05	NB	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.2	< 0.05	0.18	< 0.4	< 0.05	< 0.2	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	NB	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.2	
VAN HARINXMAKANAAL, Leeuwarden	182299	577491	5-11-2013	< 0.2	< 0.05	< 0.05	NB	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.2	< 0.05	0.14	< 0.4	0.053	< 0.2	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	NB	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.2	
VAN HARINXMAKANAAL, Leeuwarden	182299	577491	25-2-2014	< 0.1	< 0.01	0.013	NB	< 0.01	< 0.005	< 0.01	< 0.03	< 0.03	< 0.01	0.052	< 0.4	0.037	< 0.3	< 0.01	< 0.005	0.012	0.016	NB	< 0.01	0.03	< 0.02	< 0.005	< 0.03	
VAN HARINXMAKANAAL, Leeuwarden	182299	577491	20-5-2014	< 0.1	< 0.01	0.024	NB	< 0.01	< 0.005	< 0.01	< 0.03	< 0.03	< 0.01	0.081	< 0.4	0.066	< 0.3	< 0.01	< 0.005	0.027	0.02	NB	< 0.01	< 0.01	< 0.02	< 0.005	< 0.03	
VAN HARINXMAKANAAL, Leeuwarden	182299	577491	21-9-2015	< 0.1	< 0.01	0.016	nb	< 0.01	< 0.005	0.017	< 0.03	< 0.03	< 0.01	0.092	< 0.4	0.036	< 0.3	< 0.01	< 0.005	0.018	0.015	nb	< 0.01	< 0.01	< 0.02	< 0.005	< 0.03	
VAN HARINXMAKANAAL, Leeuwarden	182299	577491	27-9-2017	< 0.1	< 0.01	0.038	nb	< 0.01	0.0071	< 0.01	< 0.03	< 0.03	< 0.01	0.095	< 0.4	0.033	< 0.3	< 0.01	< 0.005	0.01	0.014	nb	< 0.01	0.013	< 0.02	< 0.005	< 0.03	