

Effecten van afvalwaterlozingen afkomstig van open bodemenergiesystemen op de oppervlaktewaterkwaliteit in Amsterdam

Bachelorscriptie van Kevin Wijtenburg



Milieukunde
dual
Hogeschool
Utrecht



Verantwoording

Titel: Effecten van afvalwaterlozingen afkomstig van open bodemenergiesystemen op de waterkwaliteit in Amsterdam

Bachelorscriptie Hbo-Milieukunde Duaal, vak Afstuderen TMIL-L14AFO-15

Student

Kevin Wijtenburg
Woestdijnstraat 35
1335 TR Almere
Studentnummer: 1664336
Studiejaar: 2017-2018

Hogeschool Utrecht

Padualaan 99, 3584 CH Utrecht
Faculteit Natuur & Techniek
Instituut voor Gebouwde Omgeving

Begeleiding Hogeschool Utrecht

Roger Klaver
Rien van Stigt

Begeleiding Waternet

Stefan Mol (Adviseur)



Voorwoord

Tijdens het doorlopen van de opleiding Hbo-Milieukunde ben ik onder andere in aanraking gekomen met de vakken energie, duurzaamheid, beleid, hydrologie en waterkwaliteit. In mijn functie als Vergunningverlener binnen Waternet heb ik al sinds 2007 te maken met bodemenergiesystemen. Ik beoordeel regelmatig de afvalwaterlozingen vanuit die bodemenergiesystemen. Door het lozen van afvalwater, dat ontstaat tijdens ontwikkelen en onderhouden van open bodemenergiesystemen, vindt afwenteling plaats op een ander milieucompartiment. In dit geval het oppervlaktewater. Er is weinig onderzoek gedaan naar de mate waarin deze afvalwaterlozingen bijdragen aan een verslechtering van de waterkwaliteit. Wat de cumulatieve gevolgen zijn van al deze afvalwaterlozingen, specifiek voor de waterkwaliteit in Amsterdam, is nog niet eerder onderzocht. Vanuit mijn persoonlijke interesse en vanuit diverse afdelingen van Waternet is er behoefte aan meer informatie omtrent dit onderwerp. Vandaar dat ik dit onderwerp heb gekozen voor mijn afstudeerscriptie. De vakken van de opleiding Milieukunde en mijn werkzaamheden bij Waternet komen bij dit onderwerp dus samen.

Mijn voorwoord sluit ik af met een dankwoord. Het volgen van deze Hbo-opleiding was onmogelijk zonder de hulp van mijn vriendin Bianca Vermeulen. Mijn klasgenoten van deze opleiding, in het bijzonder Kirsten Telgenkamp, ben ik enorm dankbaar voor de hulp en samenwerking. Ik dank vooral mijn collega Jan Willem Voort voor de vele uren die hij heeft besteed aan het modelleren. Als laatst bedankt ik mijn begeleider binnen Waternet, de heer Stefan Mol en mij begeleiders op de Hogeschool Utrecht, de heer Roger Klaver en Rien van Stigt.

Kevin Wijtenburg
Januari 2018

Samenvatting

Door de energietransitie zal het gebruik en de aanleg van bodemenergiesystemen in Amsterdam de komende jaren blijven toenemen. Omdat tijdens de aanleg en onderhoud van open bodem-energiesystemen afvalwater vrijkomt, is het mogelijk dat dit in de toekomst ook toeneemt. Dit afvalwater bevat veel zout, metalen en nutriënten zoals stikstof- en fosforverbindingen. De lozing hiervan op het oppervlaktewater kan negatieve gevolgen hebben voor de waterkwaliteit en het halen van de waterkwaliteitsdoelen van de Kaderrichtlijn Water (KRW) in het jaar 2027. In dit onderzoek is getracht antwoord te krijgen op wat de effecten zijn van de afvalwaterlozingen vanuit open bodemenergiesystemen op de oppervlaktewaterkwaliteit van Amsterdam. Hierbij is specifiek gekeken naar de parameters chloride, totaal-stikstof en totaal-fosfor en het waterlichaam Vaarten Amsterdam. Dit waterlichaam ligt grofweg binnen de ringweg van Amsterdam. Om antwoord te geven op de onderzoeksvraag was het nodig om te bepalen hoeveel bodemenergiesystemen lozen op het oppervlaktewater, wat de concentraties zijn van de parameters in het afvalwater, wat de huidige waterkwaliteit is en welke waterkwaliteitsdoelen er gelden. Hier is antwoord op verkregen door het uitvoeren van bron- en literatuuronderzoek, het houden van interviews en het modelleren van afvalwaterlozingen in SOBEK.

Uit het onderzoek bleek dat de waterkwaliteit van Vaarten Amsterdam in het toetsjaar 2015 niet voldeed aan de KRW-doelen. Momenteel (waterkwaliteit 2014 t/m 2016) is er voor totaal-fosfor een overschrijding van het KRW-doel, maar voldoen chloride en totaal-stikstof wel aan de gestelde doelen. Een vereiste voor een goede ecologische toestand van oppervlaktewateren zijn waterplanten. In de grachten van Amsterdam zijn momenteel nauwelijks waterplanten aanwezig.

Ook bleek dat maar twaalf van de 130 bodemenergiesystemen, die aanwezig zijn binnen de ringweg van Amsterdam, lozen op het waterlichaam Vaarten Amsterdam. In SOBEK zijn deze huidige twaalf systemen gemodelleerd waarbij gebruik is gemaakt van het boezemmodel van Waternet. Daarnaast is in SOBEK één bodemenergiesysteem gemodelleerd op een smalle gracht en is ook een verdubbeling en een verviervoudiging van het huidige aantal lozingen gemodelleerd. Daarbij is telkens worst-case gerekend, dus met hoge concentraties, alle onderhoudslozingen op dezelfde dag en een lange lozingsduur. Uit de modellering kan worden geconcludeerd dat de onderhoudslozingen van de huidige bodemenergiesystemen geen blijvend negatief effect hebben op de huidige waterkwaliteit van het waterlichaam. De lozingen voor het ontwikkelen van bodemenergiesystemen geven ook geen aanleiding tot waterkwaliteitsproblemen. Indien het aantal lozingen en de concentratie in het oppervlaktewater gelijk blijft zal in 2027 theoretisch het KRW-doel voor chloride worden overschreden. Dit wordt veroorzaakt door de huidige hoge chlorideconcentratie van het waterlichaam. Deze is momenteel bijna gelijk aan het KRW-doel. Ter hoogte van de doodlopende grachten treedt in elk scenario, behalve het scenario met één bodemenergiesysteem, hoge concentraties op. Dit is funest voor de ecologie en moet worden voorkomen. Een verdubbeling geeft op meer plekken dan in de huidige situatie knelpunten in het grachtenstelsel aan. In het scenario waarbij er viermaal zoveel lozingen op het oppervlaktewater uitkomen zijn over het gehele waterlichaam hoge toenames in de chlorideconcentratie berekend. Ook dit is funest voor de ecologie. Volgens de KRW mag een waterlichaam niet in toestand achteruitgaan. Bij een verviervoudiging van het aantal lozingen is dit zeker het geval.

Als bodemenergiesystemen blijven toenemen, moeten de lozingen op het oppervlaktewater zoveel mogelijk worden voorkomen. Indien er geen andere lozingsroute dan het oppervlaktewater voorhanden is, moet men per geval bekijken wat de meest geschikte locatie en lozingsperiode is. Hierdoor blijft het mogelijk de duurzame ontwikkelingen op het gebied van bodemenergie door te zetten en wordt schade aan de aquatische ecologie zoveel mogelijk voorkomen. De energiedoelen van de gemeente Amsterdam en de doelen van de KRW kunnen op die manier beide worden gehaald.

Abstract

Due to the energy transition, the use and the construction of Aquifer Thermal Energy Storage (ATES) in Amsterdam will continue to increase in the coming years. During the construction and maintenance of ATES wastewater needs to be discharged. It can therefore be expected that this will increase in the future. This wastewater contains a lot of salt, metals and nutrients such as nitrogen and phosphorus compounds. The discharge of wastewater can have a negative impact on the surface water quality and the achievement of the water quality objectives of the European Water Framework Directive (WFD). In this study, an attempt was made to find out what the effects are of the wastewater discharges from ATES on the water quality of Amsterdam. In this research, the main focus is on the parameters chloride, total-nitrogen and total-phosphorus and the body of surface water Vaarten Amsterdam. This waterbody lies roughly within the ring road of Amsterdam. In order to answer the research question, it was necessary to determine how much ATES currently discharge into the surface water. It was also necessary to determine the concentrations of the parameters in the wastewater, the current water quality and the WFD water quality objectives. These answers have been obtained via literature research, conducting interviews and modeling wastewater discharges in SOBEK.

The study showed that the water quality of Vaarten Amsterdam in the review year of 2015 did not meet the WFD objectives. The present water quality (2014 to 2016) gives an overrun of the WFD target for total-phosphorus, but chloride and total-nitrogen meet the objectives. A requirement for a good ecological status of surface waters is aquatic plants. Currently in the canals of Amsterdam there are hardly any aquatic plants.

It also turned out that only twelve of the 130 ATES, which are present within the ring road of Amsterdam, discharge into the waterbody of Vaarten Amsterdam. In SOBEK, the current twelve systems have been modeled using the Waternet boezemmodel. In addition, one ATES was modeled on a narrow canal, and also a doubling and quadrupling of the current number of discharges has been modeled. Worse-case scenario was always assumed, so with all maintenance discharges on the same day with high concentrations over a long discharge period. From the modeling, it can be concluded that the maintenance discharges of the current ATES have no remaining negative effect on the water quality for the waterbody. The discharges during the development of ATES also do not give rise to water quality problems. If the number of discharges and the concentration in the surface water remain the same, in 2027 the WFD objective for chloride will theoretically be exceeded. This is caused by the currently high chloride concentration of the waterbody that is almost equal to the WFD objective. In each scenario, except the scenario with only one ATES, SOBEK calculates high concentrations in the dead-end canals. This is fatal for the ecology and must be prevented. A doubling of the discharges indicates bottlenecks at more places in the canal system. In the scenario in which there are four times as much discharges on the surface water, high increases in the chloride concentration have been calculated over the entire waterbody. These high concentrations are harmful to the aquatic ecology. According to the WFD, a waterbody may not decline in condition. This is certainly the case with a quadrupling of the number of discharges.

If the number of ATES continue to increase, the discharge on surface water must be prevented as much as possible. If no other discharge route than surface water is available, one has to look at the most suitable location and discharge period on a case-by-case basis. This makes it possible to continue the sustainable developments in the field of thermal energy and to prevent damage to aquatic ecology as much as possible. The goals from the energy agreement and the goals of the WFD can both be achieved in this way.

Inhoudsopgave

VOORWOORD	3
SAMENVATTING.....	4
ABSTRACT	5
1. INLEIDING	9
INTRODUCTIE.....	9
DOEL	9
PROBLEEMSTELLING.....	10
AFBAKENING	11
1.1.1 Onderzoeksgebied	11
1.1.2 Typen afvalwaterlozingen.....	12
1.1.3 Parameters en bemonsteringen	12
HOOFDVRAAG	12
DEELVRAGEN.....	13
LEESWIJZER	13
2. INFORMATIEF KADER.....	15
BODEMENERGIE.....	15
2.1.1 Algemeen.....	15
2.1.2 Ondiepe bodemenergiesystemen.....	16
2.1.3 Werking gesloten bodemenergiesysteem	16
2.1.4 Werking open bodemenergiesysteem.....	17
2.1.5 Uitvoeringsvormen open bodemenergiesysteem.....	18
2.1.6 Aanbrengen van een open bodemenergiesysteem	18
2.1.7 Ontstaan van afvalwater	19
2.1.8 Wetgeving en bevoegd gezag.....	20
OPPERVLAKTEWATERKWALITEIT	21
2.1.9 Europese Kaderrichtlijn Water	21
2.1.10 Waterbeheerplan AGV.....	22
2.1.11 KRW-factsheets.....	22
2.1.12 Chemische en ecologische waterkwaliteit	22
2.1.13 Milieukwaliteitsnormen	23
3. ONDERZOEKSMETHODEN.....	25
BRON- EN LITERATUURONDERZOEK	25
3.1.1 Literatuuronderzoek algemeen	25
3.1.2 Waterkwaliteitsdoelen waterlichaam Vaarten Amsterdam	25
3.1.3 Huidige waterkwaliteit	25
3.1.4 Effecten chloride, totaal-stikstof en totaal-fosfor.....	26
INTERVIEWS	26
MODELLERING.....	26
3.1.5 SOBEK en het boezemmodel	26
3.1.6 Benodigde gegevens.....	27
3.1.7 Scenario's.....	28
4. DE RESULTATEN.....	32
BRON- EN LITERATUURONDERZOEK	32
4.1.1 Waterkwaliteitsdoelen waterlichaam Vaarten Amsterdam	32
4.1.2 Huidige waterkwaliteit	33
4.1.3 Effecten chloride, totaal-stikstof en totaal-fosfor.....	35
INTERVIEWS	37
MODELBEREKENING.....	39
4.1.4 De gegevens.....	39
4.1.5 Opbouw scenario's	42
4.1.6 Resultaten SOBEK	42
4.1.7 Dichtheidsverschillen	49

5. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	51
CONCLUSIES	51
EINDCONCLUSIE	53
AANBEVELINGEN	54
LITERATUURLIJST	55
BIJLAGEN	57
BIJLAGE 1: ANALYSERESULTATEN VAN BEMONSTERING OPEN BODEMENERGIESYSTEMEN	58
BIJLAGE 2: TE LOZEN HOEVEELHEDEN TIJDENS HET ONTWIKKELEN VAN OPEN BODEMENERGIESYSTEMEN	59
BIJLAGE 3: INTERVIEW IF TECHNOLOGY	60
BIJLAGE 4: INTERVIEW BURO BRON	65
BIJLAGE 5: KRW-FACTSHEET WATERLICHAAM "VAARTEN AMSTERDAM"	69
BIJLAGE 6: CONCENTRATIES CHLORIDE, TOTAAL-STIKSTOF EN TOTAAL-FOSFOR 2014 T/M 2017	78
BIJLAGE 7: CONCENTRATIES CHLORIDE, AMMONIUM EN TOTAAL-FOSFOR T.O.V. DIEPTE ONDERKANT FILTER (TNO)	79
BIJLAGE 8: RESULTATEN BEMONSTERINGEN HANDHAVING IN RELATIE MET DE FILTERDIEPTE	80
BIJLAGE 9: FIGUUR KWANTITATIEVE BIJDRAGE SCENARIO 1	81
BIJLAGE 10: FIGUUR KWANTITATIEVE BIJDRAGE SCENARIO 2	82
BIJLAGE 11: FIGUUR KWANTITATIEVE BIJDRAGE SCENARIO 3	83
BIJLAGE 12: FIGUUR KWANTITATIEVE BIJDRAGE SCENARIO 4	84
BIJLAGE 13: GRAFIEKEN GEMIDDELTE KWALITATIEVE BIJDRAGE SCENARIO 1	85
BIJLAGE 14: GRAFIEKEN GEMIDDELTE KWALITATIEVE BIJDRAGE SCENARIO 2	86
BIJLAGE 15: GRAFIEKEN GEMIDDELTE KWALITATIEVE BIJDRAGE SCENARIO 3	87
BIJLAGE 16: GRAFIEKEN GEMIDDELTE KWALITATIEVE BIJDRAGE SCENARIO 4	88
BIJLAGE 17: FIGUUR MAXIMALE CONCENTRATIE PER LOCATIE SCENARIO 1	89
BIJLAGE 18: FIGUUR MAXIMALE CONCENTRATIE PER LOCATIE SCENARIO 2	90
BIJLAGE 19: FIGUUR MAXIMALE CONCENTRATIE PER LOCATIE SCENARIO 3	91
BIJLAGE 20: FIGUUR MAXIMALE CONCENTRATIE PER LOCATIE SCENARIO 4	92
BIJLAGE 21: GRAFIEKEN MAXIMALE CONCENTRATIETOENAME PER DAG SCENARIO 1	93
BIJLAGE 22: GRAFIEKEN MAXIMALE CONCENTRATIETOENAME PER DAG SCENARIO 3	94
BIJLAGE 23: GRAFIEKEN MAXIMALE CONCENTRATIETOENAME PER DAG SCENARIO 4	95

1

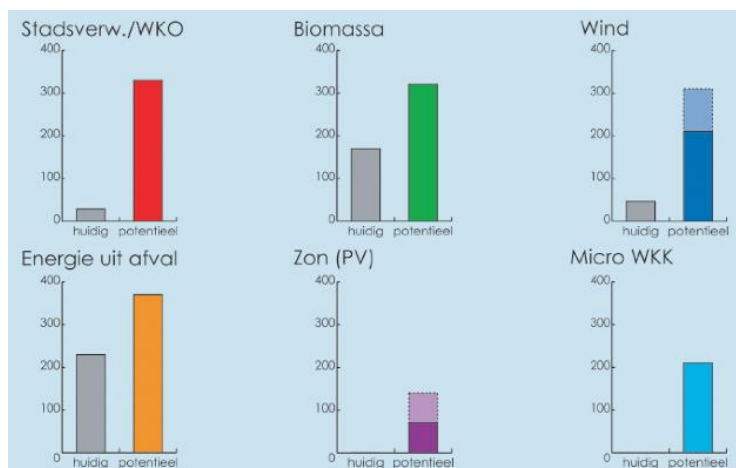
Inleiding

1. Inleiding

Introductie

Door de groei van de wereldeconomie, een toename van de wereldbevolking en een steeds hogere levensstandaard stijgt de vraag naar energie. Deze energie wordt grotendeels geproduceerd uit fossiele brandstoffen. Hierdoor stijgt elke jaar de concentratie van broeikasgassen in de atmosfeer en verandert het klimaat. Klimaatverandering leidt wereldwijd tot droogte, overstromingen en extreme weersomstandigheden. Langzaam dringt het besef door dat er snelheid gemaakt moet worden met de energietransitie zodat we minder afhankelijk worden van fossiele brandstoffen. In Nederland sloten de overheid, werkgevers, natuur- en milieuorganisaties en financiële instellingen in 2013 een energieakkoord af. Hierin staat duurzame groei voorop, waarbij iedereen zijn verantwoordelijkheid neemt voor het terugdringen van de CO₂-uitstoot. Dit geldt ook voor de gemeente Amsterdam.

De gemeente Amsterdam heeft als doel in 2025 40% minder CO₂ uit te stoten dan in 1990. In 2040 moet dit met 75% zijn verminderd. Om dit doel te bereiken richt de gemeente zich op verschillende mogelijkheden zoals energiebesparing in de huidige woningvoorraad en utiliteitsbouw, het opwekken van duurzame energie, het gebruik van duurzame warmte en koude en het doorvoeren van schoner vervoer. De grootste reductie is te behalen in de utiliteitsbouw en schoner vervoer. De gemeente Amsterdam gebruikt hiervoor diverse instrumenten zoals subsidies, vergunningverlening en communicatie en bewustwording (Gemeente Amsterdam, 2014). Een belangrijk onderdeel in het behalen van de doelstellingen is het gebruik van warmte- koudeopslag (WKO). In figuur 1 is het potentieel van WKO's, hierna bodemenergiesystemen genoemd, in Amsterdam weergegeven. Dit potentieel is hoog en dit komt vooral door de geologische opbouw onder Amsterdam. Deze bodem is namelijk uitstekend geschikt voor open bodemenergiesystemen. Bij nieuwe ontwikkelingen in Amsterdam kiest men daarom vaak voor open bodemenergiesystemen. Echter, tijdens de aanleg en onderhoud van bodemenergiesystemen komt afvalwater vrij dat mogelijk negatieve gevolgen heeft voor het oppervlaktewater en het halen van de waterkwaliteitsdoelen van de Kaderrichtlijn Water (KRW).



Figuur 1: huidig gebruik duurzame energie versus potentieel in 2025, vermeden kiloton CO₂ (Olsthoorn, 2010)

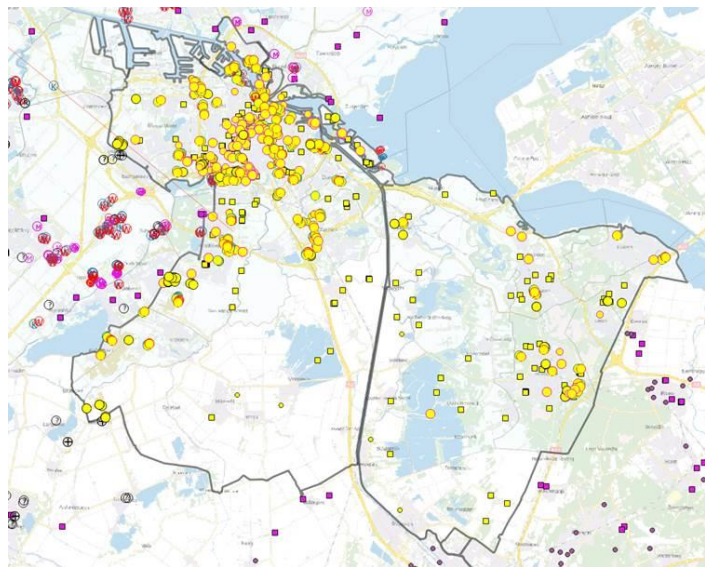
Doel

Doel van dit afstudeeronderzoek is het bepalen van effecten op de waterkwaliteit in Amsterdam als gevolg van de afvalwaterlozingen vanuit open bodemenergiesystemen. Het beoogde resultaat zal bestaan uit informatie over het aantal (open) bodemenergiesystemen, het ontstaan en de kwaliteit van het afvalwater, de verschillende lozingsroutes en de huidige oppervlaktewaterkwaliteit binnen het onderzoeksgebied. Na het gebruik van een rekenmodel (SOBEK) moeten fracties en concentraties, van de te onderzoeken stoffen, ten opzichte van het ontvangende oppervlaktewater bekend zijn. Zodoende kan worden bepaald wat de schadelijkheid is van de huidige afvalwaterlozingen en of de huidige waterkwaliteit hierdoor wordt beïnvloed. Ook moet uit de berekeningen blijken of deze en toekomstige lozingen de waterkwaliteitsdoelen in gevaar brengt.

Probleemstelling

Bodemenergiesystemen zijn in twee hoofdtypen te verdelen; het open en het gesloten bodemenergiesysteem. Gesloten bodemenergiesystemen verpompen geen grondwater, de open systemen doen dit wel. De bodem onder Amsterdam waar de open bodemenergiesystemen staan afgesteld bevat brak water. Het lozen van brak water op een zoet oppervlaktewater kan grote ecologische gevolgen hebben. Geen enkel bodemenergiesysteem kan worden aangelegd zonder dat er afvalwater vrijkomt. Naast het werkwater voor het boren van de bronnen ontstaat er ook afvalwater tijdens het ontwikkelen en onderhoud van de bronnen. Onderhoudslozingen moeten plaats blijven vinden zo lang de bron in gebruik is. Vaak wordt dit afvalwater niet teruggebracht in de bodem. Hierdoor vindt er afwenteling plaats op een ander milieucompartiment. In verband met de geringe capaciteit en schade aan het riool en de gemalen is lozen op het riool vaak ook geen optie. Afvoeren per as brengt extra vervoersbewegingen en uitstoot van CO₂ met zich mee. Hierdoor gaat een grote duurzaamheidswinst verloren. Het lozen op het oppervlaktewater is vaak nog de enige optie.

Waterschap Amstel, Gooi en Vecht (AGV), met Stichting Waternet als uitvoerende organisatie, is verantwoordelijk voor de waterkwaliteit in zijn beheergebied. Hier valt Amsterdam ook onder. In figuur 2 is het beheergebied van AGV zien. In dit figuur staan ook de aanwezige open bodemenergiesystemen weergegeven. Hieruit is op te maken dat de meeste bodemenergiesystemen in en rondom Amsterdam aanwezig zijn.



te

Figuur 2: open bodemenergiesystemen in beheergebied van AGV (Provincie Noord-Holland, 2017)

Voor afvalwaterlozingen vanuit bodemenergiesystemen is er binnen het waterschap AGV geen gebiedspecifiek beleid aanwezig. Momenteel worden alleen de landelijke beleidskaders aangehouden. Om gebiedspecifiek beleid op te stellen is in 2016, door enkele trainees van Waternet (Tibben e. a., 2016), een onderzoek uitgevoerd naar de lozingen vanuit bodemenergiesystemen. De titel van dit onderzoek is “Lozingen van warmte-koude opslagsystemen vergunnen”. Doel van dat onderzoek was het formuleren van eenduidig en stimulerend beleid ten aanzien van lozingsvergunningen voor open bodemenergiesystemen. Dit relatief kortdurende onderzoek is gebaseerd op vele aannames en ging niet specifiek in op de effecten van de lozingen op het oppervlaktewater. Het onderzoek richtte zich voornamelijk op de toepasbaarheid, haalbaarheid, draagvlak, mogelijkheid van realisatie, milieubewustheid en maatregelen bij de bron voor de verschillende lozingsvarianten. In het onderzoek van Waternet wordt aanbevolen verder onderzoek te verrichten naar de effecten van de lozingen afkomstig van de open bodemenergiesystemen.

Tijdens het behandelen van vergunningaanvragen door Waternet, voor het lozen van afvalwater afkomstig van open bodemenergiesystemen, gebruikt men de Emissie-immissietoets. Deze Emissie-immissietoets is onderdeel van het landelijke beleid ten aanzien van afvalwaterlozingen. Met behulp van de immissietoets wordt beoordeeld of in de nabijheid van de lozing (op de grens van de mengzone) wordt voldaan aan de geldende waterkwaliteitsdoelstellingen. Aanvullend wordt beoordeeld of de lozing voldoet aan geldende doelen voor benedenstrooms gelegen beschermde gebieden (Rijkswaterstaat, 2016). Uit deze toetsing blijkt bijna altijd dat te lozen concentraties vele malen hoger zijn de concentraties van het ontvangende oppervlaktewater. Omdat het meestal om een kortdurende verhoging van de achtergrondwaarde gaat en er volgens de toets geen achteruitgang in de toestandsklasse op waterlichaamniveau plaatsvindt, verleent Waternet toch vaak de watervergunning.

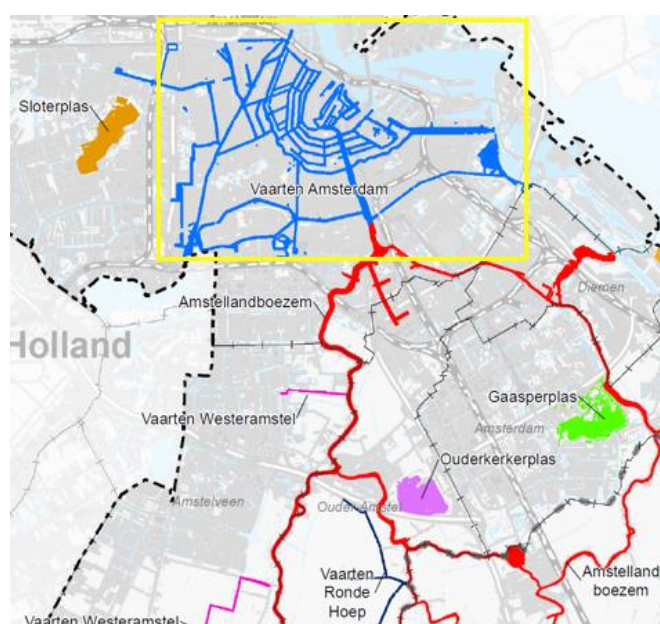
De handhavingdienst van Waternet onderzoekt momenteel wat de kwaliteit is van het afvalwater van de open bodemenergiesystemen in het gehele beheergebied van AGV. Dit is onderdeel van het project Bodemenergiesystemen van het team Water en Omgeving van Waternet. Dit betreft zowel het afvalwater dat tijdens de aanleg als tijdens onderhoudswerkzaamheden vrijkomt. Enerzijds gebeurt dit om de huidige watervergunningen te controleren, anderzijds om een beter beeld te krijgen van het aantal bodemenergiesystemen en de manier waarop de lozing plaatsvindt. De analyseresultaten van deze bemonsteringen laten verhoogde waarden van diverse stoffen zien als deze worden vergeleken met de huidige waterkwaliteitseisen. Dit geldt dan voornamelijk voor de bodemenergiesystemen in de lage gedeeltes van het AGV-gebied, waaronder Amsterdam. Een aantal van deze stoffen zijn in de KRW-factsheets aangemerkt als fysisch-chemische waterkwaliteitselementen en bepalend voor een goede ecologische toestand van het water. Volgens de KRW moeten alle wateren in 2027 voldoen aan een goede ecologische en chemische kwaliteit. De verwachting van Waternet is dat het behalen van de waterkwaliteitsdoelen voor het oppervlaktewater in en rondom Amsterdam hierdoor in gevaar komt. De cumulatieve gevolgen van de afvalwaterlozingen vanuit de open bodemenergiesystemen op het oppervlaktewater zijn niet bekend. Binnen het gebied van AGV is hier nog nooit onderzoek naar gedaan. Daarentegen is het aantal kubieke meters te lozen afvalwater relatief klein gelet op de grootte van het ontvangende oppervlaktewater. Vanuit verschillende afdelingen van Waternet is er daarom behoefte aan een reëel beeld van de omvang en de effecten van de lozingen vanuit open bodemenergiesystemen op het oppervlaktewater in Amsterdam.

Afbakening

1.1.1 Onderzoeksgebied

Dit onderzoek richt zich op de open ondiepe bodemenergiesystemen en niet op de gesloten en diepe bodemenergiesystemen. Diepe bodemenergiesystemen zoals geothermie en hoge temperatuuropslag zijn, voor zover bekend, niet in het gebied van AGV aanwezig. De gesloten bodemenergiesystemen vallen ook af omdat er geen grote aanleg- en onderhoudslozingen voortkomen die de waterkwaliteit in gevaar kunnen brengen. In figuur 2 op de vorige bladzijde is het beheergebied van het waterschap AGV en de actuele open bodemenergiesystemen te zien. Hieruit blijkt dat de grootste aantallen zich bevinden in de grote steden. Voor dit onderzoek vallen de bodemenergiesystemen in regio het Gooi af, omdat de bodem daar bestaat uit één groot watervoerend pakket. Dit pakket staat onder invloed van de Utrechtse Heuvelrug, waarbij het grondwater wordt gevoed door geïnfiltreerd hemelwater. Dit grondwater is voornamelijk zoet. Gelet op het aantal systemen en de verwachting dat het grondwater veel minder van kwaliteit verschilt met het daar aanwezige oppervlaktewater wordt dit deel van het beheergebied niet meegenomen.

De meerderheid van de bodemenergiesystemen bevindt zich binnen de ringweg van Amsterdam. Het aantal afvalwaterlozingen in relatie tot de hoeveelheid oppervlaktewater is hier het grootst van het gehele AGV-gebied. In en rondom Amsterdam bevinden zich meerdere aangewezen KRW-waterlichamen. In figuur 3 is te zien dat waterlichaam 'Vaarten Amsterdam' overeenkomt met de locatie waar veel open bodemenergiesystemen aanwezig zijn. Daarom is in dit gebied het onderzoek uitgevoerd.



Figuur 3: waterlichamen in en rondom Amsterdam inclusief onderzoeksgebied (geel) (AGV, 2016).

1.1.2 Typen afvalwaterlozingen

Tijdens de aanleg van een open bodemenergiesysteem ontstaan er twee typen afvalwater; afvalwater dat vrijkomt bij het boren van de gaten in de bodem en afvalwater dat vrijkomt bij het ontwikkelen en het onderhoud van open bodemenergiesystemen. Omdat het afvalwater dat vrijkomt tijdens het boren van de bronnen hoofdzakelijk in het vuilwaterriool terecht komt vallen deze lozingen buiten dit onderzoek. Ook de lozingen in de bodem (retourbron of retourfilter) vallen hierbuiten. Dit onderzoek richt zich op het afvalwater dat vrijkomt bij het ontwikkelen en het onderhoud van open bodemenergiesystemen en vervolgens in het oppervlaktewater terecht komt.

Een aantal van de open bodemenergiesystemen loost ook op het hemelwaterriool. In het onderzoeksgebied bestaat het merendeel van het riool uit een gemengd stelsel. Dit type stelsel vangt zowel hemelwater als vuilwater in een verzamelleiding op, waarna het zijn weg vindt naar de rioolwaterzuiveringsinrichting (RWZI). Een lozing op het hemelwaterriool dat deel uit maakt van een gescheiden stelsel komt uiteindelijk wel uit in het oppervlaktewater. Omdat niet met zekerheid is te zeggen waar men op het hemelwaterriool loost, en of dit op een gemengd of gescheiden stelsel plaatsvindt, kunnen de effecten hiervan niet worden uitgesloten. Daarom zijn alle lozingen op het hemelwaterriool binnen het onderzoeksgebied ook meegenomen in dit onderzoek.

1.1.3 Parameters en bemonsteringen

Op basis van de analyseresultaten die zijn verkregen in het project Bodemenergiesystemen is bepaald welke parameters (stoffen) verhoogd zijn aangetroffen. Hierbij zijn de waarden vergeleken met milieukwaliteitsnormen die vermeld staan in diverse wetten en regels, zoals het Besluit kwaliteitseisen en monitoring water (Bkmw) en het Activiteitenbesluit. De resultaten van de analyses en de verhoogde waarden zijn in bijlage 1 toegevoegd (Moes, 2017). Een aantal parameters met verhoogde concentraties worden niet meegenomen in dit onderzoek. Voor die parameters is het tijdens de lozing mogelijk goede zuiveringstechnische voorzieningen te plaatsen. Een ander deel zit niet standaard als parameter in het gebruikte rekenprogramma (SOBEK).

Chloride, stikstof- en fosfor-verbindingen zijn van nature in zowel grondwater als oppervlaktewater aanwezig en niet eenvoudig uit het afvalwater te verwijderen. Deze parameters zijn ook verhoogd aangetroffen in de bemonsterde afvalwaterlozingen vanuit de bodemenergiesystemen. Te veel chloride leidt tot verzilting en schade aan de aquatische ecologie. Stikstof en fosfor kunnen het oppervlaktewater eutrofiëren (vermesten) en in onbalans brengen. In de KRW-factsheets staan deze ook vermeld in de fysisch chemische parameters voor de ecologische waterkwaliteit. Daarom richt dit onderzoek zich op die drie parameters.

Binnen het project Bodemenergiesystemen is Kjeldahl-stikstof geanalyseerd in plaats van totaal-stikstof. Kjeldahl-stikstof is de volgens de Kjeldahl-methode gemeten som van organisch stikstof, ammoniak en ammonium. De parameter totaal-stikstof bevat naast het stikstof dat in Kjeldahl-stikstof aanwezig is ook nitriet en nitraat. De verwachting is dat het percentage nitriet en nitraat in de bodem op de diepte van de bronnen van de systemen gering is. In de resultaten komt, indien totaal-stikstof niet bekend is, de parameter Kjeldahl-stikstof naar voren.

Hoofdvraag

Om te bepalen wat de gevolgen voor het oppervlaktewater en de waterkwaliteitsdoelen zijn, om nieuw beleid te ondersteunen en om toekomstige vergunningaanvragen in beter perspectief te plaatsen is het nodig om de volgende hoofdvraag te beantwoorden.

"Wat is het effect van de lozing van chloride, totaal-stikstof en totaal-fosfor, afkomstig van de open bodemenergiesystemen, op de oppervlaktewaterkwaliteit in Amsterdam?"

Deelvragen

De volgende deelvragen geven invulling aan de hoofdvraag:

- Hoe en wanneer ontstaat er afvalwater van bodemenergiesystemen?
- Hoeveel open bodemenergiesystemen bevinden zich in het onderzoeksgebied?
- Wat is de lozingsroute van die bodemenergiesystemen?
- Welke stoffen in het grondwater in Amsterdam geven mogelijk problemen indien deze worden geloosd op het oppervlaktewater?
- Wat zijn de kenmerken (type, filterafstelling, periode, lozingshoeveelheid, lozingsduur) van de open bodemenergiesystemen met een lozing op het oppervlaktewater?
- Wat is de concentratierange van de stoffen chloride, totaal-stikstof en totaal-fosfor op filterdiepte van de bodemenergiesystemen?
- Wat is de huidige waterkwaliteit van het oppervlaktewater in Amsterdam?
- Wat zijn de waterkwaliteitsdoelen voor het oppervlaktewater in Amsterdam?
- Wat voor gevolgen hebben de stoffen chloride, totaal-stikstof en totaal-fosfor in het algemeen indien deze in het oppervlaktewater terechtkomen?
- Hoeveel open bodemenergiesystemen en op welke locatie komen er naar verwachting in de toekomst bij en welke gevolgen kan dit veroorzaken?
- Wat is de bijdrage van de lozingen vanuit de open bodemenergiesystemen op het oppervlaktewater in en rond Amsterdam?
- Welke gevolgen hebben de lozingen voor het oppervlaktewater in Amsterdam?
- Wat is het effect hiervan op behalen van de waterkwaliteitsdoelen?

Leeswijzer

Deze scriptie bestaat uit vijf hoofdstukken, waarbij hoofdstuk 1 de inleiding betreft. In het volgende hoofdstuk is het informatief kader beschreven. Er wordt uitgelegd wat een bodemenergiesysteem is, hoe deze wordt aangebracht, welke soorten systemen er zijn en welke wetgeving van toepassing is. Ook wordt ingegaan op de afvalwaterlozingen die ontstaan tijdens het ontwikkelen en onderhoud van de open bodemenergiesystemen. Het derde hoofdstuk beschrijft de onderzoeksmethode waarbij de interviews, de gebruikte informatie en de modelering in SOBEK een belangrijk aandeel hebben. De resultaten staan in hoofdstuk 4 en deze scriptie sluit af met conclusies en aanbevelingen. Naast deze hoofdstukken zijn de literatuurlijst en de bijlagen onderdeel van deze scriptie.

2

Informatief kader

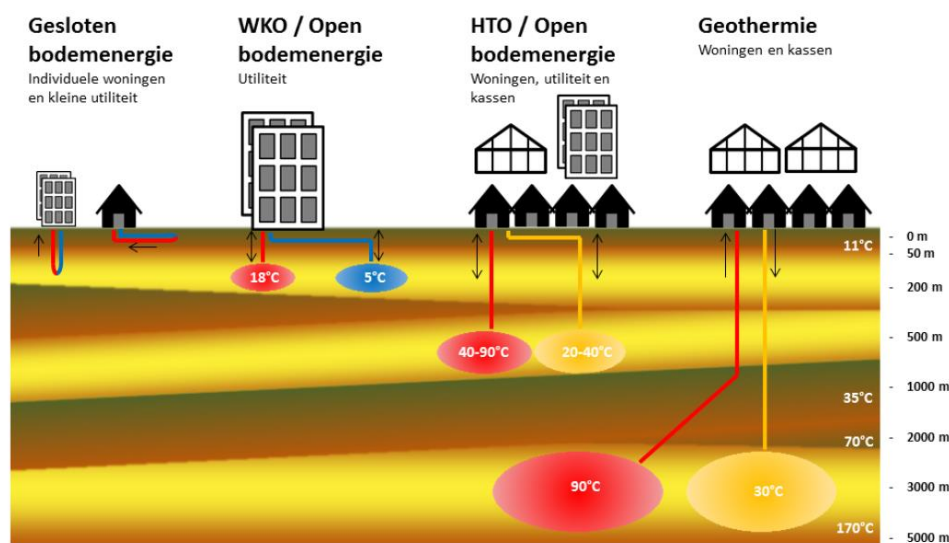
2. Informatief kader

Bodemenergie

2.1.1 Algemeen

In de zomer is het warm en is er vaak veel warmte over, maar tegelijkertijd is er behoefte aan koeling. In de winter is dit juist andersom. Het overschot aan warmte in de zomer en koude in de winter kan alleen worden gebruikt als dit wordt opgeslagen. Door de energie op te slaan in de bodem en deze later weer terug te winnen kan deze als een accu dienen. In de zomer koelt men dan minder met airconditioning en in de winter is er minder verwarming met Cv-ketels nodig. Hierdoor nemen zowel de energiekosten als de uitstoot van broeikasgassen af. In de praktijk kan dit een besparing van 95% op koeling en 40-50% op verwarming opleveren (DMBO, 2017). Warmte én koude opslaan kan overigens alleen als er zowel perioden zijn met overschotten als perioden met tekorten. In een gematigd klimaat zoals in Nederland is dat het geval. Ook is de bodem in Nederland over het algemeen makkelijk te doorboren en bevat het grote watervoerende pakketten. Door deze omstandigheden is het toepassen van bodemenergiesystemen goed mogelijk (SKB, 2013).

In 2014 was het aandeel warmte uit de bodem 4% van het verbruik aan hernieuwbare energie. Het aandeel hernieuwbare energie in datzelfde jaar was maar 6% van het totale energieverbruik in Nederland. Het aandeel bodemenergie in het totale energieverbruik is dus laag (CBS, 2015). Door de goede toepassingsmogelijkheden en nieuwe energieprestatienormen zal dit aandeel de komende jaren echter flink toenemen. Naar verwachting wordt 50% van alle nieuwbouw op dit moment uitgerust met bodemenergie (SKB, 2013). Bodemenergie is op te delen in verschillende typen. In figuur 4 staan deze weergegeven.



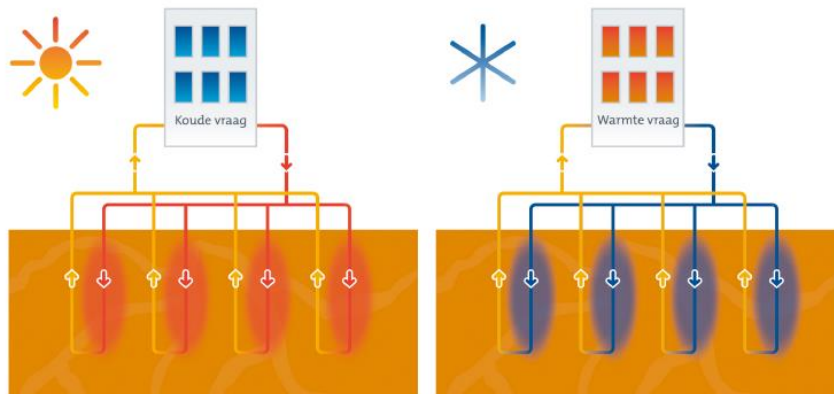
Figuur 4: schematisch overzicht verschillende typen bodemenergiesystemen (KNW, 2016).

De diepe bodemenergiesystemen bestaan uit geothermie (aardwarmte) en hoge temperatuuropslag. Geothermie is het onttrekken van water uit zeer diepe aardlagen op een diepte van 2 tot 5 kilometer. Doel is het winnen van warmte om gebouwen te verwarmen. Er zijn inmiddels 14 projecten in Nederland gerealiseerd waarvan de meeste in de glastuinbouw. Per jaar komen er 1 á 2 bij. De uitdaging in deze toepassing is dat de vraag naar warmte sterk fluctueert door het jaar heen. Het gevolg is dat de installatie soms minder energie kan leveren. Het terugdraaien van de productie tijdens warme periodes is inefficiënt en maakt de technologie minder rendabel. Om dit systeem toch rendabel te maken wordt het soms gebruikt om elektriciteit te produceren (If Technology, 2016).

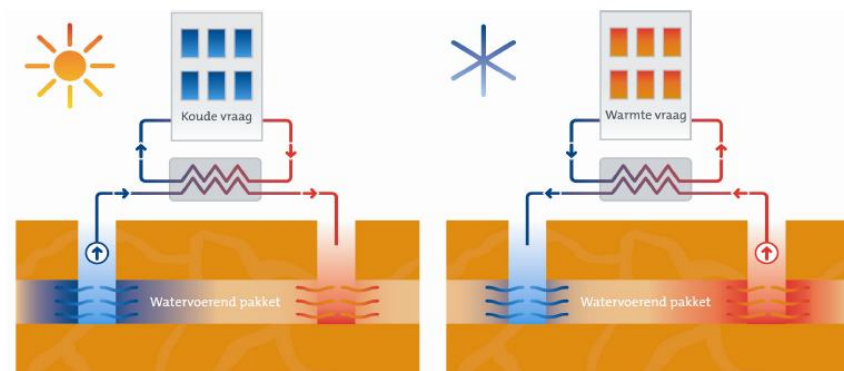
Bij hoge temperatuuropslag wordt restwarmte diep opgeslagen in de bodem om dit later weer te gebruiken. Door de restwarmte met een hoge temperatuur (30 - 90°C) op te slaan, is er geen warmtepomp nodig om het gewenste temperatuurniveau voor verwarming te bereiken. Dit is daardoor een zeer energie-efficiënt systeem. In Nederland vindt hoge temperatuuropslag alleen nog in proefopstellingen plaats. Voor zover bekend zijn er geen hoge temperatuuropslag- en geothermiesystemen in Amsterdam en het beheergebied van AGV aanwezig (SKB, 2013).

2.1.2 Ondiepe bodemenergiesystemen

In vergelijking met geothermie en hoge temperatuuropslag zijn er ook minder diepe bodemenergiesystemen. Dit zijn het open en het gesloten bodemenergiesysteem. In figuur 5 is het gesloten en in figuur 6 het open bodemenergiesysteem schematisch afgebeeld. In de volgende paragrafen worden deze verder toegelicht.



Figuur 5: schema gesloten bodemenergiesysteem (SIKB, 2012)



Figuur 6: schema open bodemenergiesysteem (SIKB, 2012)

2.1.3 Werking gesloten bodemenergiesysteem

Een gesloten bodemenergiesysteem is een installatie waarmee door gesloten leidingen vloeistof door de bodem wordt geleid. De circulatievloeistof die door de leidingen wordt gepompt, kan bestaan uit zuiver water of water met een antivriesmiddel. Het systeem bestaat uit U-vormige of concentrische lussen die horizontaal of verticaal in de bodem zijn geplaatst op een diepte van enkele meters tot meer dan honderd meter. De warmte of koude wordt uitgewisseld met de grondkorrels en het grondwater, waarna het door middel van een warmtewisselaar en een warmtepomp vervolgens gebruikt wordt voor de verwarming of koeling van ruimten. Het gesloten systeem verpompt geen grondwater en de vloeistof komt ook niet in contact met het grondwater (Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2017).

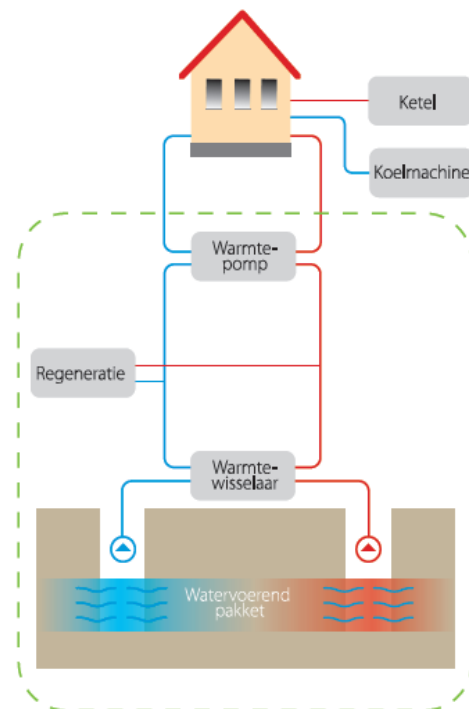
Gesloten bodemenergiesystemen plaatst men op locaties waar geen goede aquifer (watervoerend pakket) aanwezig is, op locaties waar verontreinigingen aanwezig zijn of wanneer er maar een beperkte capaciteit nodig is. Doordat er namelijk alleen warmte-uitwisseling direct om de boorputten heen plaatsvindt, heeft dit systeem ook meer putten nodig dan een open systeem. Gesloten systemen worden vaak toegepast in individuele huizen en kleinere bouwprojecten. Tijdens de realisatie van de boorgaten komt een kleine hoeveelheid afvalwater vrij. Dit bedraagt eenmalig tussen de 5 á 10 m³ per boorgat. Gedurende het verder ontwikkelen en onderhoud vindt er geen lozing plaats.

2.1.4 Werking open bodemenergiesysteem

In tegenstelling tot een gesloten systeem werkt een open systeem door het grondwater op te pompen en tegelijk te infiltreren. Hierbij wordt het grondwater gebruikt als transport en opslagmedium van warmte. De diepte van de bron kan tot maximaal 300 meter beneden het maaiveld (m-mv) reiken. De opslag van deze thermische energie gebeurt in de aquifers. De temperatuur van de bodem en het grondwater is constant, zo rond de 12 tot 15 °C. Het systeem gebruikt de relatieve warmte of koude van het grondwater voor verwarming of koeling van één gebouw (individueel systeem) of voor meerdere gebouwen (collectief systeem). De systemen gebruiken daarbij een warmtewisselaar en een warmtepomp.

Figuur 7 laat de onderdelen van het open bodemenergiesysteem zien.

De warmtewisselaar is een tegenstroomapparaat. Het grondwater en het watercircuit van het gebouw stromen in tegengestelde richting van elkaar en wisselen daarbij de energie uit. Hierbij ontstaat er een energieverlies van grofweg 1 °C. Het zijn aparte leidingwerken waardoor er een hydraulische scheiding aanwezig is. De warmtepomp bevat een koelvloeistof. Deze verdampt door de ontvangen warmte. De compressor drukt de damp samen en de temperatuur stijgt. In de condensator draagt de damp warmte over aan het cv-circuit en de koelvloeistof condenseert. Bij het koelen verloopt het proces andersom. De warmtepomp gebruikt hierbij elektriciteit.



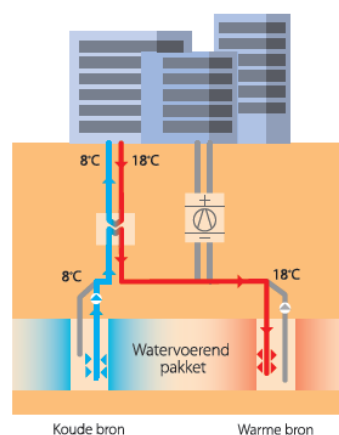
Figuur 7: schematische weergave van de onderdelen van een open bodemenergiesysteem (SKB, 2013)

In de wintermaanden produceert de warmtepomp van 15 °C bodemwarmte een temperatuur van ca. 40 °C. De geproduceerde warmte wordt in het gebouw afgegeven door middel van laagtemperatuur-afgiftesystemen. De afgegeven warmte zorgt voor koud water in de warmtepomp. Dit water is ongeveer 8 °C en wordt afgevoerd naar de andere bron. Zo ontstaat de koude bel. Bij het wisselen van de seizoenen (april en oktober) laten de pompen het grondwater andersom stromen. Hierdoor kan in de zomer de koude bron worden gebruikt en ontstaat er in de andere bron weer een warme bel. Dit proces herhaalt zich ieder jaar (SIKB, 2012). De temperatuur van de bronnen in de zomer- en wintersituatie is in de onderstaande figuren aangegeven. Deze figuren geven de temperatuur aan nadat de bronnen al zijn voorzien van warmte en koude.

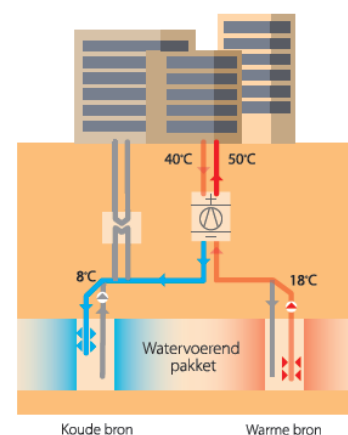
Een open

bodemenergiesysteem kan gedurende het gehele jaar niet volledig aan de warmte- en koudevraag voldoen. Tijdens flinke warme en koude perioden kan het zijn dat er conventioneel met gas moet worden bijgestookt of met airconditioning moet worden gekoeld (Meijer, 2017).

ZOMERSITUATIE



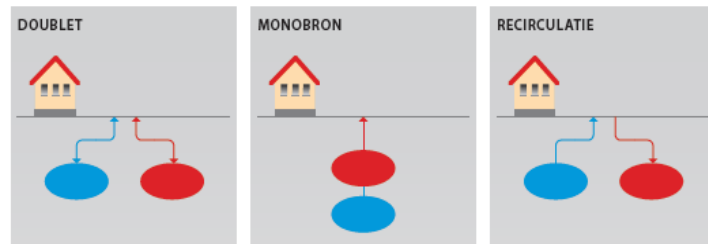
WINTERSITUATIE



Figuur 8: aantal graden van de warme en koude bel in de zomer- en wintersituatie (SIKB, 2012)

2.1.5 Uitvoeringsvormen open bodemenergiesysteem

De mogelijkheden voor het plaatsen van een open bodemenergiesysteem op een locatie hangen af van diverse factoren zoals de bodemopbouw, de grondwaterkwaliteit, de stromingssnelheid van het grondwater en het gebruik van het grondwater in de omgeving dat concurrerend kan zijn met het systeem. Daarnaast is de uitvoeringsvorm van het open bodemenergiesysteem afhankelijk van het doel en de energievraag. Al deze uitgangspunten maken samen een keuze in de uitvoeringsvorm. Er zijn drie vormen open bodemenergiesystemen in Nederland; doublet, monobron en recirculatie. De verschillen worden duidelijk gemaakt in figuur 9.



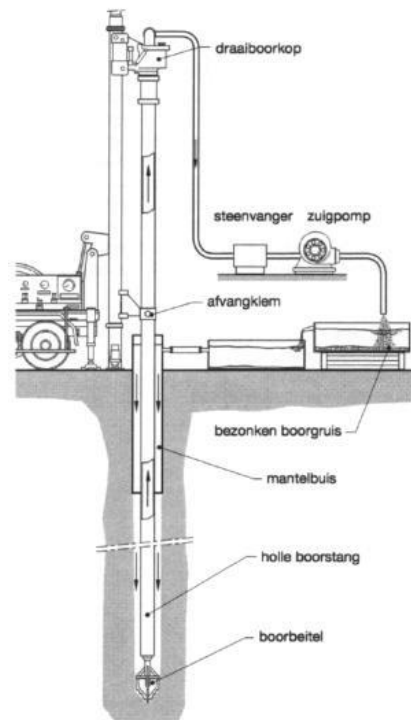
Figuur 9: uitvoeringsvormen open bodemenergiesystemen (SKB, 2013)

Een doublet heeft een warme en koude bron op enige afstand van elkaar. In het voor- en najaar wordt telkens de pomprichting omgedraaid. Dit systeem past men toe in grote gebouwen met een capaciteit tot ca. 250 m³/uur per bron. Een monobron heeft de koude en warme bron in een bronfilter boven elkaar. Tussen beide bronnen zit meestal enkele tientallen meters blinde buis. Dit systeem wordt gebruikt voor kleine kantoren, scholen en zorginstellingen en indien er geen ruimte is voor meerdere bronnen. Het maximale debiet van een monobron is ca. 50 m³/uur. Een recirculatiesysteem bestaat uit een vaste onttrekkingsbron en infiltratiebron. Het systeem pompt telkens dezelfde kant op. Vaak valt de keuze op dit systeem indien een continue behoefte aan koeling nodig is, zoals voor industriële toepassingen (SKB, 2013).

2.1.6 Aanbrengen van een open bodemenergiesysteem

Adviesbureaus ontwerpen open bodemenergiesystemen naar gelang de eisen van de opdrachtgever en de lokale situatie. Zij houden vooral rekening met de warmtepompcapaciteit in relatie met de bodemcapaciteit. Om de kwaliteit te waarborgen werkt men volgens diverse beoordelingsrichtlijnen (BRL's) van het SIKB (Stichting Infrastructuur Kwaliteitsborging Bodembeheer). Voor het ontwerp, realisatie, beheer en onderhoud van het ondergrondse deel is de BRL11000 van toepassing. Voor het ontwerpen, installeren en beheren van warmtepompsystemen (het bovengrondse deel), houdt men de BRL6000-21 aan. Het boorbedrijf werkt volgens de BRL 2100 die het mechanisch boren beschrijft (Meijer, 2017). Een zuigboring is de meest toegepaste boormethode voor open bodemenergiesystemen plaats. In figuur 10 is deze boring afgebeeld.

Tijdens het boren voegt men in het boorgat onder vrij verval water en lucht toe. Het water en losgekomen deeltjes zuigt men omhoog en op het maaiveld worden deze gescheiden in een cascadebak. Het water met niet bezonken fijne kleideeltjes, die afkomstig zijn van de kleilagen, valt na de cascade weer in de boorschacht. Deze zorgt voor een afdichting van het boorgat door een zogeheten filtercake achter te laten. Deze filtercake moet naderhand worden verwijderd. Hierbij komt afvalwater vrij. Van het boorgat worden monsters genomen om te bepalen op welke diepte watervoerende en waterremmende lagen aanwezig zijn. Bij het afwerken van het boorgat wordt hier respectievelijk grind/zand en bentoniet toegepast. Zodoende blijven de bodemlagen intact. In de boorschacht wordt een stijgbuis (blinde buis) aangebracht en een filterbuis (open). Deze filterbuis zit bij veel systemen tussen de 75 en 200 m-mv afgesteld. Hier bevindt zich dan ook de warme of koude bel. De pompkamer zit meestal op 20 tot 25 meter beneden het maaiveld. Vervolgens vindt er een aansluiting plaats op de in de bovengrond gelegen horizontale leidingen.



Figuur 10: opstelling van een zuigboring (Verhoeven-Drunen, 2017)

2.1.7 Ontstaan van afvalwater

Tijdens de aanleg van een bodemenergiesysteem ontstaan er twee typen afvalwater; afvalwater dat vrijkomt bij het boren van de gaten in de bodem (zowel open als gesloten systemen) en afvalwater dat vrijkomt bij het ontwikkelen en het onderhoud van open bodemenergiesystemen. Deze stromen hebben specifieke kenmerken en er geldt vanuit de wetgeving een voorkeursvolgorde voor de lozingsroute (tabel 1).

Tabel 1: typen afvalwater afkomstig van bodemenergiesystemen (Ministerie van I&M, 2013)

Type afvalwater	Kenmerken	Voorkeursvolgorde lozing
boorspoelwater ten gevolge van de aanleg van een bodemenergiesysteem	- water met bentoniet en polymeren - relatief kleine hoeveelheid - eenmalig	1. vuilwaterriool 2. op de bodem 3. overige routes
spoelwater ten gevolge van het ontwikkelen en onderhoud van een open bodemenergiesysteem	- grondwater, zoals lokaal aanwezig - grote hoeveelheden - herhaaldelijk in de gebruiksfase	1. in de bodem (retourfilter of retourbron) 2. oppervlaktewater 3. schoonwaterriool 4. vuilwaterriool 5. externe verwerker (per as)

Boorspoelwater tijdens aanleg

Het boorspoelwater bestaat uit drinkwater of oppervlaktewater waaraan boorspoeladditieven zijn toegevoegd om het dik te houden. Het betreft stoffen als bentoniet en polymeren. Bentoniet is een soort klei die bezinkt of zich hecht aan andere deeltjes in het riool. De polymeren zijn cellulosederivaten die biologisch goed afbreekbaar zijn. De keuze voor het vuilwaterriool met achterliggende RWZI als lozingsroute is hierdoor goed verklaarbaar. Het afvalwater van dit type is beperkt, ongeveer 5 tot 10 m³ per boorgat.

Spoelwater tijdens ontwikkelen

Nadat de bron is geboord en alle onderdelen zijn geïnstalleerd moet deze worden 'ontwikkeld'. Dit ontwikkelen is nodig om de boorwand te ontdoen van zand en slib. Afhankelijk van de grootte van het systeem kan het ontwikkelen een of meerdere weken in beslag nemen. Het ontwikkelen bestaat uit de volgende handelingen:

- Schoonpompen

In de bron wordt een tijdelijke pomp geplaatst. Dit is niet dezelfde pomp als degene die uiteindelijk de bron zal bedienen. Met een gering debiet, van ca. 25% van maximale debiet, wordt het water opgepompt totdat dit slib-, silt- en zandvrij is.

- Jutten:

Tijdens het jutten is de bron afgesloten en luchtdicht gemaakt. Door gas met een druk van 1,5 bar in de bron te spuiten vindt het water zijn weg naar het open gedeelte van het filter. Na een korte periode wordt de druk eraf gehaald. Deze stappen herhaalt men een aantal maal waarna het water wordt opgepompt op maximaal debiet. Ook dit herhaalt het boorbedrijf een aantal keer. Hierdoor komt de filtercake los van de boorwand.

- Sectiegewijs rondpompen:

Ter hoogte van waar de filterbuis in de bodem aanwezig is plaatst men een sectieapparaat dat bestaat uit rubberen flappen. Deze flappen sluiten een sectie van de bron af. In deze afgesloten sectie van ca. 1 meter pompt men het water rond, waarbij met tussenpozen het water wordt afgevoerd. Bij diepe bronnen is dit arbeidsintensief. Hierbij komt meestal afvalwater vrij op 25% van het maximale debiet. De nog niet verwijderde filtercake zal hierdoor loskomen.

- Intermitterend pompen/capaciteitsproef:

Nadat het sectieapparaat is verwijderd bevinden zich in de bron nog zanddeeltjes. Die fijne deeltjes moeten eruit. De definitieve pomp in de bron wordt bij het intermitterend pompen herhaaldelijk 10 minuten op volle capaciteit aangezet en 5 minuten uitgezet. Tijdens de capaciteitsproef wordt gedurende twee uur op maximaal debiet geloosd.

Spoelwater tijdens onderhoud

In de gebruiksfase vindt preventief onderhoud plaats om te voorkomen dat de bronnen in capaciteit afnemen. Dit gebeurt vaak op het moment dat de bronnen wisselen van seizoen (winter/zomer), in het voor- en najaar. Voordat de pomprichting definitief wisselt spuit men de bronnen met de hoeveelheid waarop deze is ontworpen. De duur hangt af van het type systeem en varieert tussen een en vijf uur per bron (Meijer, 2017).

Groot onderhoud (regenereren)

Incidenteel kunnen bronnen opnieuw worden ontwikkeld. Indien de capaciteit afneemt of indien de bronnen een tijd niet zijn gebruikt is dit een mogelijkheid. Het type en hoeveelheid afvalwater is dan meestal te vergelijken met het water dat ontstaat tijdens het ontwikkelen van de bronnen. In sommige gevallen is het nodig om chemicaliën in het boorgat te brengen om aangekoekte deeltjes los te krijgen. De periode van het opnieuw ontwikkelen of regenereren van de bronnen is afhankelijk van de kwaliteit van het boorgat en de werking en onderhoud van het systeem. Dit kan variëren van een paar jaar tot soms 10-15 jaar.

2.1.8 Wetgeving en bevoegd gezag

Bij de aanleg en het onderhoud van bodemenergiesystemen krijgt men te maken met verschillende bevoegde gezagen en wetten en regels. Voor de aanleg en in werking hebben van een bodemenergiesysteem is de provincie het bevoegd gezag en moet een watervergunning op grond van de Waterwet worden aangevraagd. Het bevoegd gezag voor de lozing is afhankelijk van de gekozen lozingsroute. Voor het lozen van afvalwater op het oppervlaktewater zijn geen algemene regels opgesteld. Hierdoor is er, naast de watervergunning van de provincie ook een watervergunning van het rijk of het waterschap nodig. Is de gemeente bevoegd gezag voor een lozing dan kan dit vaak met een melding worden afgehandeld. In kritische gevallen kan de gemeente maatwerkvoorschriften opstellen om specifieke voorschriften op te nemen. In tabel 2 staat een overzicht van het bevoegd gezag en de regelgeving die geldt bij de verschillende lozingsroutes.

Tabel 2: bevoegd gezag en regelgeving per lozingsroute lozingsroutes (Rijksoverheid, 2017)

		Bevoegd gezag	Regelgeving	
Bodemenergiesysteem plaatsen en in werking hebben:		Provincie	Waterwet, art. 6.4	
Lozen van boorspoelwater tijdens aanleg	in HWA/DWA en op de bodem	Gemeente	Inrichting volgens de Wet Milieubeheer; Activiteitenbesluit art. 2.2b (maatwerkvoorschrift indien in HWA/DWA)	Niet-inrichting; Besluit lozen buiten inrichtingen, art. 3a.2 lid1 (maatwerkvoorschrift indien in HWA/DWA)
Lozen van spoelwater tijdens ontwikkelen en onderhoud	In de bodem (op brondiepte)	Provincie	Waterwet, art. 6.4	
	Oppervlaktewater	Waterschap, Rijk (indien rijkswater)	Waterwet, art. 6.2	
	HWA*	Gemeente	Inrichting volgens de Wet Milieubeheer; Activiteitenbesluit art. 2.2b	Niet-inrichting; Besluit lozen buiten inrichtingen, art. 3a lid 2.
	DWA**	Gemeente	Inrichting volgens de Wet Milieubeheer; Activiteitenbesluit art. 2.2b	Niet-inrichting; Besluit lozen buiten inrichtingen, art. 3a lid 3.
	Afvoer per as	Ontvangende instantie		

*HWA: hemelwaterafvoer/hemelwaterriool

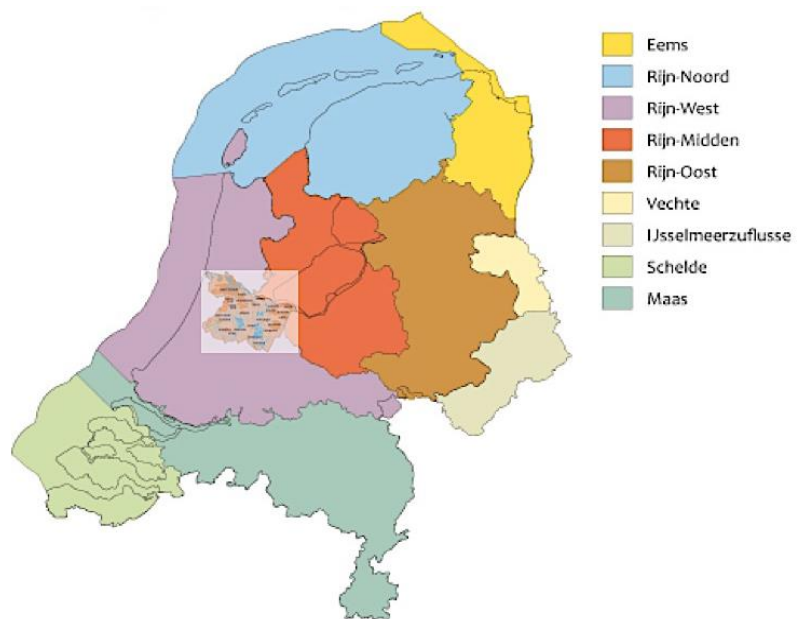
**DWA: droogweerafvoer/vuilwaterriool

Oppervlaktewaterkwaliteit

2.1.9 Europese Kaderrichtlijn Water

De Europese KRW (2000) beoogt onder meer de bescherming en verbetering van aquatische ecosystemen en duurzaam gebruik van water in de Europese Unie. Hiermee wordt een kader geboden voor het vaststellen van doelen, monitoren van de kwaliteit en nemen van maatregelen. De KRW is in Nederland geïmplementeerd via de Waterwet en de normen uit Europese Richtlijn Prioritaire stoffen zijn in Nederland overgenomen in het Besluit kwaliteitseisen en monitoring water 2009 (Bkmw) en bijbehorende Regeling monitoring Kaderrichtlijnwater (Rmkw). Het doel is om voor alle wateren een 'goede toestand' te bereiken en er is een resultaatverplichting verbonden aan de te nemen maatregelen. Nederland is als lidstaat van de Europese Unie verplicht om deze regels na te leven. In Nederland zijn de overheden, namelijk het Rijk, de provincies, gemeenten en waterschappen verantwoordelijk voor het opvolgen van deze milieudoelstellingen. In 2015 moesten alle wateren in een goede chemische en ecologische toestand verkeren. Dit doel is niet behaald. Het was mogelijk om de termijn te verlengen, zodat een goede toestand van de waterkwaliteit uiterlijk in 2027 moet zijn behaald. Van deze mogelijkheid heeft Nederland gebruik gemaakt.

In de Europese Unie zijn stroomgebieden aangewezen. Deze stroomgebieden zijn vaak grensoverschrijdend waardoor er een samenwerking tussen landen moet plaatsvinden. Nederland is verdeeld over vier internationale stroomgebiedsdistricten: Rijn, Maas, Schelde en de Eems. Tot een stroomgebiedsdistrict behoort niet alleen het water van de hoofdrivier, maar al het water in het betreffende gebied. Per stroomgebied zijn er stroomgebiedbeheerplannen en maatregelenprogramma's opgesteld.



Figuur 11: stroomgebiedsdistricten KRW en locatieaanduiding beheergebied waterschap AGV (Clo, 2012)

Het beheergebied van waterschap AGV bevindt zich in het stroomgebied van de Rijn en het deelgebied Rijn-West (figuur 11). Binnen het deelgebied Rijn-West vindt afstemming plaats tussen de verschillende overheden. Rijkswaterstaat en de waterschappen hebben hun maatregelen uitgewerkt in respectievelijk de beheerplannen voor rijkswateren en de waterbeheerplannen voor overige wateren. De geldigheidsperiode (zes jaar) van de waterbeheerplannen is gelijk aan die stroomgebiedbeheerplannen (Rijksoverheid, 2017).

Een groot deel van het oppervlaktewater in Nederland is aangewezen als waterlichaam. Een waterlichaam is een onderscheiden oppervlaktewater van aanzienlijke omvang, zoals een meer, een waterbekken, een stroom, een rivier, een deel van een stroom, rivier of kanaal, een overgangswater of een strook kustwater. Tevens is dit waterlichaam in staat om water van een gebied dat minimaal 1000 ha groot is af te voeren. Ook wateren met een oppervlakte van ten minste 50 ha zijn aangewezen als waterlichaam (AGV, 2016). De verantwoordelijkheid voor het aanwijzen en begrenzen van waterlichamen ligt bij de provincie. Per waterlichaam zijn daar tevens KRW-factsheets voor opgesteld die gekoppeld zijn aan het waterbeheerplan. Het waterbeheerplan en de KRW-factsheets komen in de volgende paragrafen aan bod.

2.1.10 Waterbeheerplan AGV

De drie hoofdtaken van de Nederlandse waterschappen zijn het optimaal beschermen tegen overstromingen, het zorgen voor voldoende water en schoon water. Om deze taken uit te voeren stelt het waterschap diverse plannen op. Het waterbeheerplan is hierbij het uitgangspunt voor watergebiedsplannen. Deze leiden tot peilbesluiten, waterinrichtingsplannen en stedelijke waterplannen die gemeenten in afstemming met het waterschap maken. Op deze manier wordt direct en indirect invulling gegeven aan de KRW. Zoals in het vorige hoofdstuk is vermeld bevinden de meeste open bodemenergiesystemen, in het 700 km² grote beheergebied van AGV, zich binnen de ringweg van Amsterdam. Deze wateren zijn onderdeel van het waterlichaam “Vaarten Amsterdam”. Dit waterlichaam staat beschreven in het Waterbeheerplan van AGV en bijbehorende KRW-factsheets. Op dit moment is het Waterbeheerplan AGV 2016-2021 van kracht.

2.1.11 KRW-factsheets

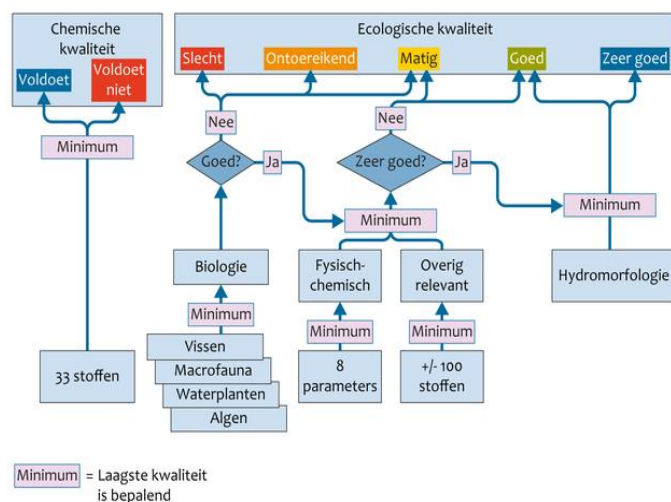
KRW-factsheets zijn documenten met informatie per waterlichaam. Van elke waterlichaam worden de volgende gegevens vermeld:

1. Basisgegevens: (kenmerken, status, codering, karakterschets)
2. Belastingen en effecten van menselijke activiteiten
3. Toestand (ecologisch en chemisch)
4. Maatregelen
5. Toepassing van uitzonderingen

Onderdeel 3, de toestandsaanduiding, bevat naast een kleurcodering ook de GEP-waarde. In de volgende paragraaf is dit toegelicht. De GEP-waarde voor de algemeen fysische parameters is een concentratie uitgedrukt in een daarvoor bekende eenheid zoals mg/l, aantal graden, meters of percentage.

2.1.12 Chemische en ecologische waterkwaliteit

De KRW stelt als doel het realiseren van een goede chemische toestand en de goede ecologische toestand. De beoordeling van de KRW is daarvoor opgebouwd uit een groot aantal beoordelingen van chemische stoffen, fysisch-chemische parameters en het voorkomen van soorten van vier biologische groepen (trofische niveaus). In figuur 12 is dit principe weergegeven. Een goede chemische toestand geldt als milieukwaliteitseis voor alle KRW-waterlichamen. De waarden die gelden zijn voor alle KRW-waterlichamen gelijk. Het gaat hierbij uitsluitend om de prioritaire stoffen. De milieukwaliteitseisen voor de prioritaire stoffen zijn als getalswaarden vastgelegd via het Bkwm. De uitkomst kan zijn “voldoet” en “voldoet niet”.



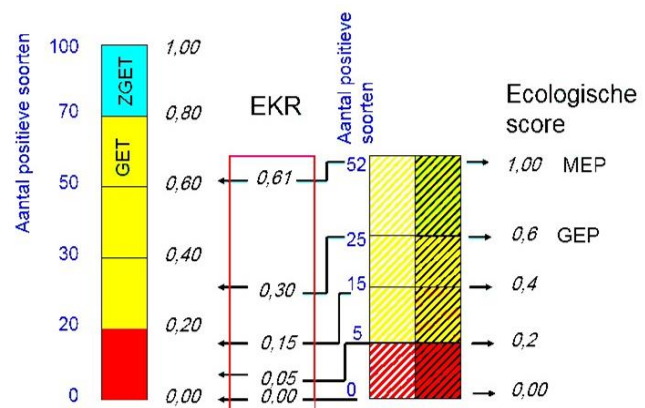
Figuur 12: beoordeling waterkwaliteit volgens de KRW (Clo, 2014)

De ecologische toestand is opgebouwd uit de beoordelingen van de 'Biologische kwaliteit', de 'Algemene Fysisch-chemische kwaliteit', de 'Overig relevante verontreinigende stoffen' en 'Hydromorfologie'. De kwaliteit van de overig relevante verontreinigende stoffen zijn per stroomgebied vastgesteld. De biologische kwaliteit is meestal bepalend voor de ecologische kwaliteit. Alleen als die goed is, dan worden de beoordelingen van de fysisch-chemische kwaliteit en de kwaliteit van de overig relevante stoffen beschouwd voor het onderscheid tussen een (zeer) goede en een matige ecologische kwaliteit. Voor het onderscheid tussen een zeer goede en een goede kwaliteit moet ook de hydromorfologie goed zijn. Deze kleurcodering met toestandsaanduiding 'slecht', 'ontoereikend', 'matig', 'goed' en 'zeer goed' zijn terug te zien in de KRW-factsheets. De ecologische doelstellingen van de KRW voor de natuurlijke watertypen zijn nationaal uitgewerkt en referenties opgesteld. Voor deze ideale ecologische toestand is een voorstel gedaan voor de daarbij behorende norm, de Goede Ecologische Toestand (GET) en Zeer Goede Ecologische Toestand (ZGET).

In Nederland zijn de meeste wateren echter ‘sterk veranderd’ of ‘kunstmatig’.

De KRW biedt lidstaten de ruimte om voor deze waterlichamen regionale ecologische doelen af te leiden. Voor deze kunstmatige en sterk veranderde waterlichamen zijn het Maximaal Ecologisch Potentieel (MEP) of het Goed Ecologisch Potentieel (GEP) afgeleid. Het MEP is qua ecologie het hoogst haalbare ofwel de referentie voor dit soort wateren. Het GEP is daarvan afgeleid en is de norm voor de waterbeheerder. Figuur 13 laat de verhouding en maatlatten zien tussen natuurlijke wateren en sterk veranderde/kunstmatige wateren.

Figuur 13: maatlatten natuurlijke wateren (links) en (rechts) voor sterk veranderde/kunstmatige wateren (Arcadis, 2007)



De MEP en GEP worden bepaald door het betreffende waterlichaam te karakteriseren waarbij tevens de gebruiksfuncties en de gevolgen voor de emissies worden geïnventariseerd. Daarna inventariseert de waterbeheerder alle inrichtings-, beheer- en emissie maatregelen, waarmee de GET van het oorspronkelijke en/of het meest gelijkende natuurlijke type kan worden bereikt of zoveel mogelijk benaderd. Vervolgens bepaalt men of het een natuurlijk, kunstmatig of sterk veranderd waterlichaam betreft. Hierna leidt men de MEP of GEP af. Aanvullend stel men de normen vast voor de fysische-chemisch kwaliteitselementen (Rijkswaterstaat, 2005). Deze fysische-chemisch kwaliteitselementen zijn dus medebepalend voor de ecologische kwaliteit. Afvalwaterlozingen vanuit open bodemenergiesystemen bevatten een aantal stoffen die van invloed zijn op de fysische-chemisch kwaliteitselementen. Dit zijn onder andere chloride, totaal-stikstof en totaal-fosfor.

2.1.13 Milieukwaliteitsnormen

Milieukwaliteitsnormen richten zich op het beschermen van het milieu. Er zijn milieukwaliteitsnormen voor stoffen in oppervlaktewater, grondwater, sediment, bodem en lucht. De afgelopen jaren zijn de normen nogal eens gewijzigd of door elkaar gebruikt. Voor de komst van de KRW sprak men over het maximaal toelaatbaar risiconiveau (MTR). Het MTR is de concentratie van een stof waarbij 95% van de potentieel aanwezige soorten in een ecosysteem in theorie is beschermd. Het verwaarloosbaar risico (VR), vroeger aangeduid als de streefwaarde, geeft het niveau aan waarbij we spreken van een duurzame milieukwaliteit op lange termijn. Meestal ligt het VR op een honderdste van het MTR. Voor het oppervlaktewater worden er tegenwoordig geen MTR-waarden meer afgeleid, maar deze worden vaak wel gebruikt als er nog geen nieuwe norm is vastgesteld. De MTR is daarom ook in dit verslag terug te vinden.

De KRW kent voor oppervlaktewater de term milieukwaliteitsnorm (MKN). Hiervan zijn er twee soorten:

- JG-MKN, de jaargemiddelde milieukwaliteitsnorm voor langdurige blootstelling
- MAC-MKN, de maximaal aanvaardbare concentratie voor kortdurende blootstelling

De JG-MKN is de concentratie in water die bescherming biedt tegen langdurige blootstelling. Hierbij gaat het om directe effecten op waterorganismen (ecotoxiciteit), doorvergiftiging van vogels en zoogdieren via de voedselketen en om de bescherming van mensen die worden blootgesteld via het eten van vis en/of schaaldieren. De MAC-MKN is de concentratie in water die bij kortdurende piekblootstelling geen effect heeft op waterorganismen. Het grootste verschil tussen MTR en JG-MKN is dat het MTR zich alleen richtte op directe effecten op waterorganismen, terwijl de JG-MKN ook rekening houdt met doorvergiftiging van zoogdieren en vogels via het eten van vis en/of schaaldieren, en blootstelling van mensen via consumptie van vis(producten) en/of schaaldieren. De MTR werd getoetst op de 90 percentielwaarde van de gemeten concentratie, en de JG-MKN aan het gemiddelde (Royal Haskoning DHV, 2017).

Tot 2015 werden deze termen JG-MKN en MAC-MKN gebruikt in de Nederlandse wetgeving onder de KRW, het Bkwm en Rmkw. Door een specifieke juridische status van het Bkwm en Rmkw is dit gewijzigd naar een jaargemiddelde milieukwaliteitseis (JG-MKE) en maximaal aanvaardbare concentratie (MAC-MKE). Deze termen gelden alleen voor de stoffen die in het Bkwm en Rmkw staan vermeld. Dit onderzoek heeft geen betrekking op die stoffen en daarom wordt de JG-MKN, MAC-MKN en MTR in dit verslag aangehouden (RIVM, 2017).

3

Onderzoeksmethoden

3. Onderzoeksmethoden

Voor het beantwoorden van de hoofdvraag van dit onderzoek zijn de volgende onderzoeksmethoden gebruikt:

- Bron- en literatuuronderzoek;
- Interviews;
- Modelberekening met SOBEK.

Deze drie methoden staan in dit hoofdstuk beschreven en worden elk uitgebreid toegelicht.

Bron- en literatuuronderzoek

3.1.1 Literatuuronderzoek algemeen

Om een goed en actueel beeld te krijgen over de problematiek van afvalwaterlozingen in relatie met bodemenergiesystemen is met diverse betrokkenen binnen Waternet gesproken. Vervolgens is relevante literatuur opgezocht binnen de digitale netwerk omgeving van Waternet. Door het gebruik van diverse zoektermen zoals “wko”, “bodemenergiesystemen”, “lozingen” is een aantal relevante memo’s, presentaties, notities en rapporten verzameld.

Bodemenergiesystemen zijn een relatief nieuw fenomeen waardoor literatuur vaak digitaal beschikbaar is. Vanaf het begin tot en met het eind van dit onderzoek is daarom vooral gebruikt gemaakt van externe digitale bronnen (internet) en databanken (Academic Search Premier, Pubmed). Afhankelijk van het deelonderwerp zijn geschikte zoektermen gebruikt. Door de goede toepasbaarheid van open bodemenergiesystemen in Nederland is het vooral de Nederlandse literatuur die geschikte resultaten gaf. Tijdens het onderzoek naar literatuur is continu aandacht geweest voor de actualiteit en relevantie van de zoekresultaten.

3.1.2 Waterkwaliteitsdoelen waterlichaam Vaarten Amsterdam

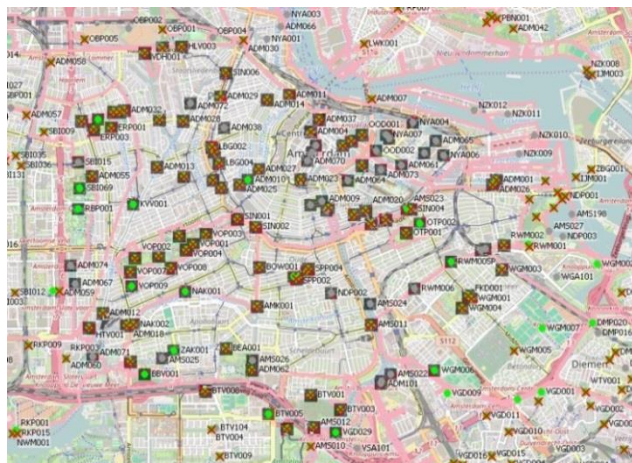
De waterkwaliteitsdoelen zijn de Europese en nationaal vastgestelde doelen. Dit betekent dat het oppervlaktewater in 2027 in een goede ecologische en chemische toestand moet verkeren. Per waterlichaam zijn, zoals eerder al vermeld, GEP-waardes, toestandsaanduidingen en prognoses aangegeven in de KRW-factsheets. Voor dit waterlichaam zijn de waterkwaliteitsdoelen (GEP-waardes) uit de KRW-factsheet “Vaarten Amsterdam” gehaald.

3.1.3 Huidige waterkwaliteit

De waterkwaliteit is onderverdeeld in chemische kwaliteit en ecologische kwaliteit. Voor die twee elementen is de meest recente toestandsaanduiding uit de KRW-factsheet “Vaarten Amsterdam” geraadpleegd. Aanvullend is voor chloride, totaal-stikstof en totaal-fosfor, die tevens deel uitmaken van de fysisch-chemische parameters van onderdeel ecologie, het programma Delft-Fews (Deltares, 2016) gebruikt. Dit programma gebruikt men voor het analyseren en voorspellen van bepaalde waterbeheer gerelateerd onderwerpen. Het is gevuld met data van Waternet zoals de riool- en drinkwaterstelsels, grondwaterkwaliteitsgegevens en waterkwantiteit en –kwaliteitsgegevens. Volgens Waternet betreft de ‘huidige waterkwaliteit’ de laatste drie jaargangen. Deze drie jaar is gelijk aan de waterkwaliteitsrapportages die de waterbeheerders maken voor de KRW (Moria, 2017).

Op basis van relevante waterkwaliteitsmeetpunten (figuur 14) in het onderzoeksgebied zijn van de afgelopen drie jaar de waardes van de onderzochte parameters uit Delft-Fews ontsloten. In Excel zijn de zomermaanden hieruit gefilterd om deze te vergelijken met de waardes uit de factsheets.

Figuur 14: geselecteerde meetpunten voor het bepalen van de huidige waterkwaliteit (Deltares, 2016)



Ecologie

Deze GEP-waarden voor de biologie zijn afgeleid van het meest gelijkende natuurlijke watertypen. Per type kunstmatig waterlichaam zijn hiervoor specifieke beschrijvingen en maatlatten ontwikkeld. Voor het waterlichaam Vaarten Amsterdam is daarvoor het document “MEP en maatlatten voor sloten en kanalen voor de KRW” van STOWA gebruikt. Hieruit is de maatlat voor de vegetatie gehaald. Met een ecooloog van Waternet is tevens gesproken over de huidige vegetatie van dit oppervlaktewater in relatie met die maatlat.

3.1.4 Effecten chloride, totaal-stikstof en totaal-fosfor

De mogelijke effecten van de lozing van chloride, totaal-stikstof en totaal-fosfor op het oppervlaktewater zijn afhankelijk van de al aanwezige concentraties, de te lozen concentraties, de blootstellingsduur en de aanwezige flora en fauna. Voor dit onderdeel is daarom nagegaan bij welke concentraties schadelijke effecten kunnen optreden voor aquatische organismen en de organismen in dit oppervlaktewater.

Interviews

Om op de hoogte te zijn van de laatste ontwikkelingen rondom bodemenergie zijn twee adviesbureaus gekozen voor een interview. Medewerkers van Waternet die zich bezighouden met afvalwaterlozingen en bodemenergie hebben enkele bedrijven voorgedragen die zich hebben gespecialiseerd in het ontwerpen van bodemenergiesystemen. Uit een korte analyse van de Vergunningverleners binnen Waternet blijkt dat deze bedrijven ook de meeste adviesrapporten schrijven die bij vergunningaanvragen worden gevoegd. Als het gaat om de meeste aantallen adviesrapporten binnen de regio Amsterdam zijn If Technology en Buro Bron de adviesbureaus die voor een interview in aanmerking komen. Dit afstudeeronderzoek is niet alleen maar gebaseerd op interviews, maar vooral op literatuuronderzoek en berekeningen. Om deze reden én om omdat de interviews naar verwachting dezelfde informatie opleveren, zijn er niet nog meer bedrijven geïnterviewd. De vragenlijsten zijn daarom ook nagenoeg gelijk.

Beide interviews hebben in de zomer van 2017 plaatsgevonden. De volgende onderwerpen maakten onderdeel uit van de interviews:

In hoeverre het adviesbureau betrokken is bij het ontwerp van het bodemenergiesysteem;

- Waar men op let bij het ontwerpen van een bodemenergiesysteem;
- Hoe het open bodemenergiesysteem wordt aangelegd, hoe het werkt en wat de levensduur is;
- Op welke wijze afvalwater ontstaat en hoe vaak en hoe lang en op welke wijze een lozing plaatsvindt;
- Of en hoe men de grondwaterkwaliteit op de betreffende locatie achterhaalt;
- Welke technieken worden gebruikt om afvalwater te beperken en te zuiveren;
- Wat de laatste ontwikkelingen zijn ten aanzien van bodemenergie en afvalwaterlozingen.

Modellering

3.1.5 SOBEK en het boezemmodel

SOBEK wordt veelvuldig gebruikt voor het bepalen van de kwalitatieve en kwantitatieve effecten van afvalwaterlozingen. Het is speciaal ontwikkeld door Deltares om waterschappen, adviesbureaus, onderzoeksinstituten en universiteiten te ondersteunen. SOBEK is een ééndimensionaal hydraulisch model. Dat betekent dat het door het opknippen in kleine tijdstapjes de differentiaalvergelijkingen oplost die de waterstroming beschrijft. Het boezemmodel heeft Waternet ontwikkeld. In het boezemmodel zit het gehele Amsterdam-Rijnkanaal/Noordzeekanaalsysteem, het boezemsysteem van AGV en de in- en uitlaatpunten van en naar dit systeem. Dit zijn alle poldergemalen, RWZI's, afvoerpunten naar zee en IJmeer, aanvoerpunten uit de Lek en de boezems van andere waterschappen zoals Hoogheemraadschap Stichtse Rijnlanden, Hoogheemraadschap Holland Noorderkwartier en Hoogheemraadschap van Rijnland. Naast de rivieren de Amstel en de Vecht horen de grachten van Amsterdam ook bij het boezemsysteem van AGV.

Van de hierboven genoemde watersystemen bevinden zich in het model de omvang, de stroomsnelheid en de morfologie van de watergangen en kanalen inclusief de neerslag, kwel, infiltratie en verdamping. De invoer van dit boezemmodel gebeurt via Delft-Fews. De database van Delft-Fews bevat de werkelijk gemeten debieten en kwaliteitsgegevens die op de boezem uitkomen of zijn ingelaten naar de polders. Deze gegevens bevinden zich dus ook in het boezemmodel dat is gebruikt in SOBEK. De jaren 2012 t/m 2014 zijn gevalideerd met werkelijk bemonsterde meetpunten en daarom is deze periode gebruikt om mee te rekenen.

SOBEK berekent op een bepaald punt en een bepaald tijdstip de fracties en concentraties van de gekozen parameters. Ander bronnen, zoals de lozingen vanuit bodemenergiesystemen, zijn niet in dit model verwerkt en moeten daar apart in worden gemodelleerd. Dit gebeurt door het invoeren van een aantal scenario's met daarin de datum, tijd, debieten en concentraties. Hoe deze scenario's met bijbehorend lozingspatroon zijn bepaald staat in paragraaf 3.1.7. In werkelijkheid kunnen de bemonsterde meetpunten, waaraan is gevalideerd, een bijdrage bevatten die afkomstig is van de lozingen vanuit bodemenergiesystemen. In hoofdstuk 4 is hier een onderbouwd antwoord op gegeven.

SOBEK houdt geen rekening met dichtheidsverschillen als gevolg van de hoge zoutconcentraties. Het model gaat uit van volledige verdunning waarbij dat het afvalwater met een hogere dichtheid niet naar de bodem zinkt en mogelijk zoute bellen veroorzaakt. In hoofdstuk 4 komt dit onderwerp nog aan bod.

3.1.6 Benodigde gegevens

Voor het modelleren van de afvalwaterlozingen in SOBEK zijn de volgende gegevens nodig:

1. kenmerk (landelijke registratienummer);
2. x- en y-coördinaten;
3. aantal bronnen, deze zijn afhankelijk van de uitvoeringsvorm (doublet, monobron, recirculatie);
4. filterdieptes;
5. maximale capaciteit in m³/uur;
6. grondwaterkwaliteit op filterdiepte;
7. lozingsroute.

Alle deze gegevens zijn in Excel verzameld en zo nodig bewerkt. Met behulp van QGIS (versie 2.18.13, GNU) zijn zogeheten shapefiles gecreëerd waarin de locaties van de lozingen zijn verwerkt. Deze shapefiles en de data in Excel zijn in SOBEK, versie 2.15.003, ingelezen en gebruikt voor het modelleren. Hoe deze informatie is verkregen en staat hieronder per onderwerp toegelicht.

Eigenschappen en lozingsroutes

De provincie Noord-Holland is benaderd voor een groot deel van de benodigde gegevens. Het onderzoeksgebied ligt namelijk geheel in deze provincie. De uitvoerende dienst van provincie Noord-Holland, de Omgevingsdienst Noordzeekanaalgebied, heeft een lijst met open bodemenergiesystemen van het onderzoeksgebied aangeleverd (Nederlof, 2017). Provincies zijn echter niet bevoegd voor het verlenen van lozingsvergunningen met lozingsroutes die uitkomen in het riool en het oppervlaktewater. Vanuit het project Bodemenergiesystemen, van de handhavingdienst van Waternet, is ook een lijst beschikbaar met daarop alle systemen in het beheergebied van AGV. Deze lijst is gebaseerd op de gegevens van de provincie en bevat, indien bekend, wel de lozingsroutes. Beide lijsten zijn met elkaar vergeleken. Vervolgens is een bronlijst opgesteld van alle bodemenergiesystemen en aangegeven waar het afvalwater terechtkomt. Alleen de bodemenergiesystemen die direct uitkomen op het oppervlaktewater en het hemelwaterriool zijn uiteindelijk gebruikt in SOBEK. Van elk relevant systeem is per bron een lozing gemodelleerd.

Grondwaterkwaliteit op filterdiepte

Voor het bepalen van de grondwaterkwaliteit voor de parameters chloride, totaal-stikstof en totaal-fosfor op filterdiepte zijn de volgende bronnen geraadpleegd.

- Provincie Noord-Holland;
- Peilbuisbemonsteringen van het meetnet van TNO;
- Peilbuisbemonsteringen van het meetnet van Waternet;
- Bemonsteringen binnen het project Bodemenergiesystemen (handhavingsdienst Waternet).

De gegevens die uit deze bronnen naar voren kwamen zijn beoordeeld op betrouwbaarheid, juistheid en kwaliteit, waarna een keuze is gemaakt.

Quick scan

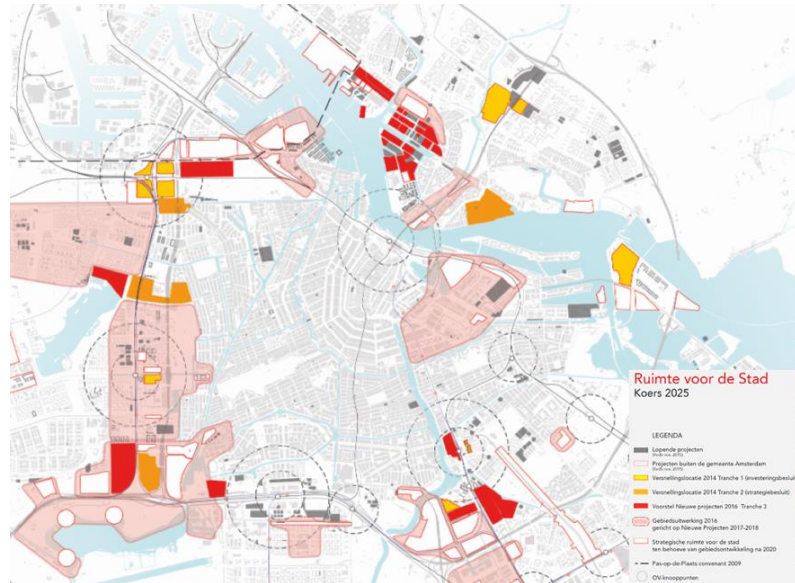
Door het uitvoeren van een quick scan is bepaald hoe groot de kwantitatieve bijdrage is van de onderhoudslozingen vanuit de bodemenergiesystemen. Met deze uitkomst kunnen er scenario's worden gemaakt met lage, hoge of gemiddelde concentraties chloride, totaal-stikstof en totaal-fosfor. Deze data, afkomstig uit Delft-FEWS is bewerkt in Excel (Voort, 2017) en geeft informatie over de 'bak' water van de boezemwateren in Amsterdam. Deze totale hoeveelheid is vergeleken met de hoeveelheid afvalwater dat tijdens onderhoudsperioden van de huidige bodemenergiesystemen wordt geloosd. Hierbij is een worst-case situatie aangehouden, waarbij tijdens een seizoenswisseling alle huidige bodemenergiesystemen op dezelfde dag, gedurende vijf uur lozen (Meijer, 2017). Met dit resultaat is bepaald welke concentraties SOBEK moest gaan rekenen.

3.1.7 Scenario's

Voor het beantwoorden van de onderzoeksvraag zijn vijf scenario's bedacht in orde van aantallen bodemenergiesystemen. Scenario 0 (blanco) is de situatie waarbij de reguliere waterstromen in en uit het boezemsysteem stromen. Dit is exclusief extra gemodelleerde bodemenergiesystemen. In scenario 1 is het aantal systemen opgenomen dat nu al een onderhoudslozing op het oppervlaktewater heeft. Scenario 2 gaat uit van één lozing op een smalle gracht. Dit is gewenst om te bepalen wat een systeem voor effect veroorzaakt en hoe lang het duurt voordat deze lozing is afgevoerd. Voordeel hiervan is tevens dat waarneembaar wordt wat de verschillen zijn indien een systeem loost tijdens onderhoud en tijdens het ontwikkelen.

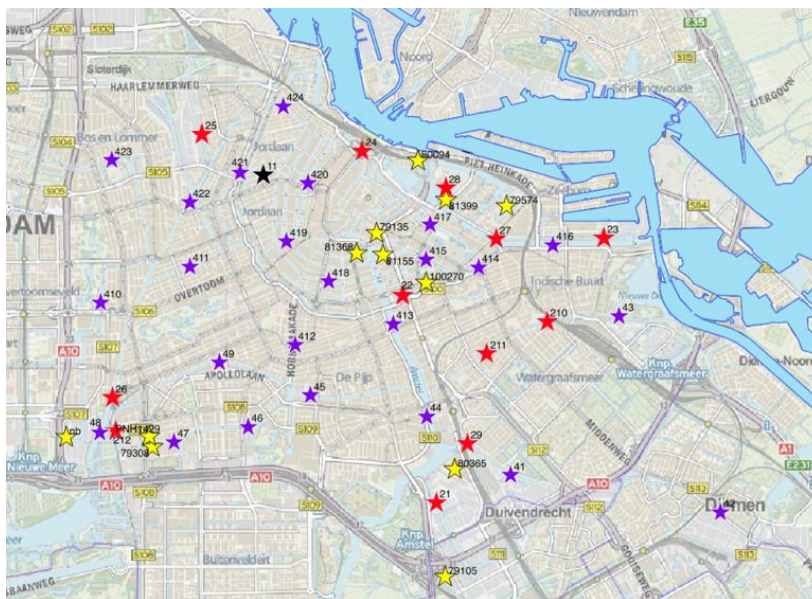
Wat voor effect de toekomstige systemen op het oppervlaktewater hebben is ook onderdeel van dit onderzoek. Daarom zijn hier ook nog twee scenario's voor bedacht. In Amsterdam vinden veel nieuwe gebiedsontwikkelingen plaats en vernieuwt men oude gebouwen. Voor nieuw- en herbouw gelden met betrekking tot energie de eisen uit het Bouwbesluit en de daaraan gekoppelde energieprestatienormen. Voor het behalen van deze normen past men vaak bodemenergie toe. Daarom is een verdubbeling van het aantal bodemenergiesystemen in Amsterdam binnen tien jaar een reële mogelijkheid (Tibben e. a., 2016). In het SER-energieakkoord uit 2013 is afgesproken dat er in 2023 minimaal 21 Petajoule (PJ) energie wordt bespaard door bodemenergie in Nederland. Momenteel is dit iets meer dan 5 PJ. In 6 jaar zal de hoeveelheid bodemenergie met een factor drie tot vier moeten toenemen (KNW, 2016). Daarom is naast de verdubbeling van het huidige aantal (scenario 3) gekozen om ook een verviervoudiging van het aantal systemen als scenario (4) mee te nemen. Uit de gekozen scenario's kan tevens de gevoeligheid van het rekenmodel aan.

De locaties van de toekomstige systemen zijn bepaald door te kijken naar gebieden waar grootschalige gebiedsontwikkelingen plaatsvinden. Hiervoor is gebruik gemaakt van de Koers 2025 van de gemeente Amsterdam (Gemeente Amsterdam, 2017). De gebieden zijn in figuur 15 te zien. Voor het scenario waarbij de bodemenergiesystemen verdubbelen zijn de gebieden uit de Koers 2025 gekozen. Voor het verviervoudigen van het huidige aantal zijn over het gehele onderzoeksgebied de toekomstige lozingen verspreid.



Figuur 15: ontwikkelingen binnen Koers 2025 (Gemeente Amsterdam, 2017).

De locaties van de huidige lozingen (geel) en de toekomstige lozingen (verdubbeling rood en verviervoudiging paars) zijn in figuur 16 weergegeven. De zwarte ster geeft de locatie aan waar een smalle gracht aanwezig is en eenmalig een lozing op is gemodelleerd.



Figuur 16: kaart uit QGIS met daarop de huidige en toekomstige afvalwaterlozingen in het onderzoeksgebied.

Keuzes/aannames

Afvalwater van bodemenergiesystemen komt vrij tijdens het ontwikkelen, onderhoud en het regenereren (groot onderhoud). De periode van het regenereren van de bronnen is afhankelijk van de kwaliteit van het boorgat en de werking en onderhoud van het systeem. Dit kan variëren van een paar jaar tot 10-15 jaar. Goed werkende bronnen kunnen zich soms zelf 'schoonpompen' waardoor regenereren niet nodig is (Meijer, 2017). Doordat deze lozingen niet consequent of niet altijd voorkomen is het regenereren niet meegenomen in de scenario's. De onderhoudslozingen vinden tweemaal per jaar plaats op maximaal (ontwerp) debiet. Dit gebeurt in het voor- en najaar zo lang het systeem functioneert of in gebruik is. Hoeveel kubieke meter dit in totaal is hangt af van de duur en uitvoeringsvorm. Gelet op de verwachte geringe bijdrage van de bodemenergiesystemen die uit te quick scan naar voren kwam, is de duur van de lozingen op maximaal vijf uur (worst case) aangehouden.

Een recirculatiesysteem en een doubletsysteem hebben twee of een veelvoud van twee bronnen die gereinigd moeten worden. Een monobron heeft, zoals de naam al zegt, maar één bron waarin zowel het warme als koude filter aanwezig zijn. Uit alle bronnen is een lozing nodig zowel tijdens het ontwikkelen als tijdens het tweejaarlijkse onderhoud. De capaciteiten van de huidige bodemenergiesystemen zijn bij de verdubbeling en verviervoudiging overgenomen.

De bestaande bodemenergiesystemen hebben het afvalwater dat vrijkomt tijdens het ontwikkelen al geloosd. Voor de in de toekomst te plaatsen systemen is dit ontwikkelwater ook meegenomen in effectbeoordeling. Deze lozingen moeten immers nog plaatsvinden. In hoofdstuk 2 is uitgelegd welke percentage van het ontwerpdebiet aan water tijdens elke ontwikkelactie vrijkomt. De uiteindelijke hoeveelheid hangt af van de capaciteit en het aantal te ontwikkelen bronnen.

If Technology heeft op basis van praktijkervaringen voor twee capaciteiten (100 en 200 m³/uur) de duur en hoeveelheid van elke ontwikkelactie bepaald. In bijlage 2 zijn deze ontwikkelacties in tabelvorm weergegeven. De meeste open bodemenergiesystemen in het onderzoeksgebied hebben een capaciteit tussen de 50 en 250 m³/u (Nederlof, 2017). Het gemiddelde debiet bedraagt ca. 150 m³/uur. Op basis van de praktijkervaring van If Technology is voor een gemiddeld bodemenergiesysteem van 150 m³/u de ontwikkelacties met lozingsduur en –hoeveelheden afgeleid (tabel 3). Deze gemiddelde ontwikkelduur en –hoeveelheden zijn in SOBEK gebruikt waarbij rekening is gehouden met het aantal bronnen van de huidige twaalf bodemenergiesystemen.

Tabel 3: ontwikkelacties voor een bron met een gemiddelde ontwerpcapaciteit van 150 m³/u

Ontwikkelactie	Capaciteit (m ³ /uur)	Duur (uren)	Hoeveelheid (m ³)
Schoonpompen	35	10	350
Jutten	150	4	600
Sectiegewijs pompen	45	30	1350
Intermitterend pompen	150	18	2700
Capaciteitsproef	150	2	300
Totaal		Ca. 10 werkdagen	5300

SOBEK rekent met de gegevens van 2012 tot en met 2014. Een verdubbeling of verviervoudiging in de komende 10 jaar is daarom niet met SOBEK te modelleren. Om dit op te lossen is een gemiddelde toename per jaar in het model aangebracht. In tien jaar neemt het aantal systemen bij scenario 3 (verdubbeling) toe met 1,2 per jaar, voor scenario 4 (verviervoudiging) met 3,6 systemen per jaar. Deze toenames, in hele getallen, zijn verdeeld over de drie jaren waarmee SOBEK rekent. Hierbij is ook rekening gehouden met de periode waarin de systemen worden ontwikkeld. Deze zijn ook verdeeld en telkens in een andere periode gemodelleerd. In scenario 2 (één bodemenergiesysteem) vindt de ontwikkellozing in de zomer plaats. Dit is ook een worst-case benadering omdat in de zomer de chlorideconcentratie in de grachten het hoogst is. Dit komt omdat er meer verdamping en minder neerslag is dan in andere jaargetijden. De lozingsperiodes voor alle scenario's zijn in tabel 4 te zien.

Tabel 4: de scenario's en de periode van lozingen gemodelleerd in SOBEK

Scenario	Lozing ontwikkelwater			Lozing tijdens onderhoud		
	2012	2013	2014	2012	2013	2014
0) Blanco						
1) huidige aantal				april, oktober	april, oktober	april, oktober
2) 1 systeem	juli				april, oktober	april, oktober
3) verdubbeling	januari	januari, juli	januari	april, oktober	april, oktober	april, oktober
4) verviervoudiging	januari, mei, september, december	januari, juli, december	januari, mei, september, december	april, oktober	april, oktober	april, oktober

4

Resultaten

4. De resultaten

Bron- en literatuuronderzoek

De resultaten in de volgende drie paragrafen zijn afkomstig van het onderzoek naar informatie in diverse bronnen en literatuur. Dit is nodig om de waterkwaliteitsdoelen, de huidige waterkwaliteit en de effecten van drie parameters te bepalen. Vervolgens kunnen de resultaten van de modellering hieraan worden getoetst.

4.1.1 Waterkwaliteitsdoelen waterlichaam Vaarten Amsterdam

Het algemene doel voor dit waterlichaam is dat het in 2027 moet verkeren in een goede ecologische en chemische toestand. Elk kunstmatig water in Nederland is ingedeeld in verschillende typen. Het waterlichaam Vaarten Amsterdam is volgens de KRW gekarakteriseerd als kunstmatig, type M6b. Dat wil zeggen dat het volgens de KRW-typering gaat om 'grote ondiepe kanalen met scheepvaart'. Deze kanalen zijn in Nederland meestal aangelegd, zoals de omschrijving al zegt, voor de scheepvaart, maar ook voor de aan- en afvoer van water. Onder het hoofdstuk 'Toestand' van de KRW-factsheets zijn ook de ecologische doelen vermeld. De ecologische doelen voor dit type waterlichaam zijn in de vorm van GEP-waardes aangegeven. Deze waarden zijn algemeen bepaald. Dat wil zeggen dat ze niet specifiek zijn afgeleid vanuit de eigenschappen van dit waterlichaam maar dat ze algemeen zijn afgeleid voor dit type (M6b) kunstmatige water (Moria, 2017). De tabel voor dit waterlichaam is uit de factsheet gehaald en in figuur 17 weergegeven. De gehele factsheet van waterlichaam "Vaarten Amsterdam" is in bijlage 5 opgenomen.

Ecologische doelen

In paragraaf 2.1.12 is beschreven dat de ecologische toestand is verdeeld in drie groepen: biologie, algemeen fysische chemie en specifiek verontreinigende stoffen. In de groep Biologie moeten alle trofische niveaus in 2027 een GEP-waarde hebben $\geq$ dan 0,60. De prognose voor 2021 is 'matig'. In 2027 is de prognose voor elke parameter 'goed'.

In de groep Algemeen fysisch-chemische parameters staan ook chloride, totaal-stikstof en totaal-fosfor. Op die drie parameters richt dit onderzoek zich. Het waterkwaliteitsdoel voor chloride is $\leq$ 300 mg/l, voor totaal-stikstof $\leq$ 3,80 mg/l en voor totaal-fosfor $\leq$ 0,12 mg/l. Dit zijn zomergemiddelden (april t/m september).

De prognose voor deze drie parameters is voor het jaar 2021 aangeduid als 'goed' evenals de uiterlijke datum van 2027. Dit kan echter alleen worden bereikt indien de geplande maatregelen, die ook in de factsheet staan vermeld, worden doorgevoerd. Maatregelen zijn onder andere het aansluiten van ongerioleerde woonboten, het uitvoeren op waterkwaliteit gericht onderhoud en het uitvoeren van onderzoek naar het achterblijven van herstel van vispopulaties.

Ecologische toestand

Biologie	GEP	Toestand 2009	Toestand 2015	Prognose 2021	Prognose 2027
Macrofauna (EKR)	$\geq 0,60$				
Overige waterflora (EKR)	$\geq 0,60$				
Vis (EKR)	$\geq 0,60$				
Fytoplankton (EKR)	$\geq 0,60$				

Algemeen fysische chemie

Fosfor totaal (zomergemiddelde) (mg P/l)	$\leq 0,12$				
Stikstof totaal (zomergemiddelde) (mg N/l)	$\leq 3,80$				
DIIN (winterperiode) (mg N/l)	NVT	NVT	NVT	NVT	NVT
Zoutgehalte (zomergemiddelde) (mg Cl/l)	≤ 300				
Temperatuur (max. waarde) (gr.C)	$\leq 25,0$				
Zuurgraad (zomergemiddelde) (-)	5,5 - 8,5				
Zuurstofverzadiging(sgraad)(zomergemiddelde) (%)	40 - 120				
Doorzicht (zomergemiddelde) (m)	$\geq 0,95$				

Specifieke verontreinigende stoffen (normoverschrijding)

	Toestand 2009	Toestand 2015	Prognose 2021	Prognose 2027
benzo(a)antraceen				
seleen				
uranium				

Chemische toestand

Ubiquitaire stoffen (normoverschrijding)	Toestand 2009	Toestand 2015	Prognose 2021	Prognose 2027
benzo(a)pyreen				
benzo(ghi)peryleen				

Niet-ubiquitaire stoffen (normoverschrijding)	Toestand 2009	Toestand 2015	Prognose 2021	Prognose 2027
nikkel				

Legenda: ■ blauw = zeer goed / voldoet ■ groen = goed ■ geel = matig ■ oranje = ontoereikend
■ rood = slecht / voldoet niet ■ leeg = geen gegevens

Figuur 17: deel ecologie van de KRW-factsheet van AGV voor waterlichaam Vaarten Amsterdam (Informatiehuis Water, 2017)

Laatste onderdeel zijn de “specifiek verontreinigende stoffen”. Dit zijn de overig relevante verontreinigende stoffen welke per stroomgebied zijn vastgesteld. In 2027 voldoen deze drie stoffen naar verwachting aan de norm.

Chemische doelen

Voor een goede chemische toestand moeten de prioritaire stoffen in het waterlichaam voldoen aan de normen van het Bkwm. De uitkomst kan zijn daarom alleen maar “voldoet” en “voldoet niet” zijn. Voor twee chemische stoffen is de prognose voor 2021 en 2027 dat deze niet overal voldoen. Het gaat hier echter om ubiquitaire stoffen. Dit zijn stoffen waarvan de productie of het gebruik al is verboden, maar die vanwege de persistentie nog lang in het milieu zullen voorkomen. De parameter nikkel, niet ubiquitair, voldoet wel in 2027.

4.1.2 Huidige waterkwaliteit

Elke zes jaar wordt het waterbeheerplan en de factsheets door het waterschap aangepast. Het meest recente waterbeheerplan loopt van 2016 tot en met 2021. Van de vorige cyclus is 2015 het jaar met de meest recente toestandsaanduiding. In figuur 17 is te zien dat voor onderdeel Biologie in 2015 de vis en macrofauna ‘ontoereikend’ zijn en de waterflora ‘slecht’. Waterflora, de waterplanten, zijn de basis voor een biologisch gezond water. De maatlat voor waterplanten voor dit type (M6b) kunstmatige water is in tabel 5 te zien (Stowa, 2007).

Tabel 5: maatlat voor abundantie van groeivormen voor type M6b

Groeivorm	MEP	GEP*	Matig**	Ontoereikend**	Slecht**
Submerse vegetatie	30%	20-60%	10-20%	5-10%	< 5%
Drijfblad en emerse vegetatie	40%	20-80%	10-20%	5-10%	< 5%

* afgeleid van de MEP

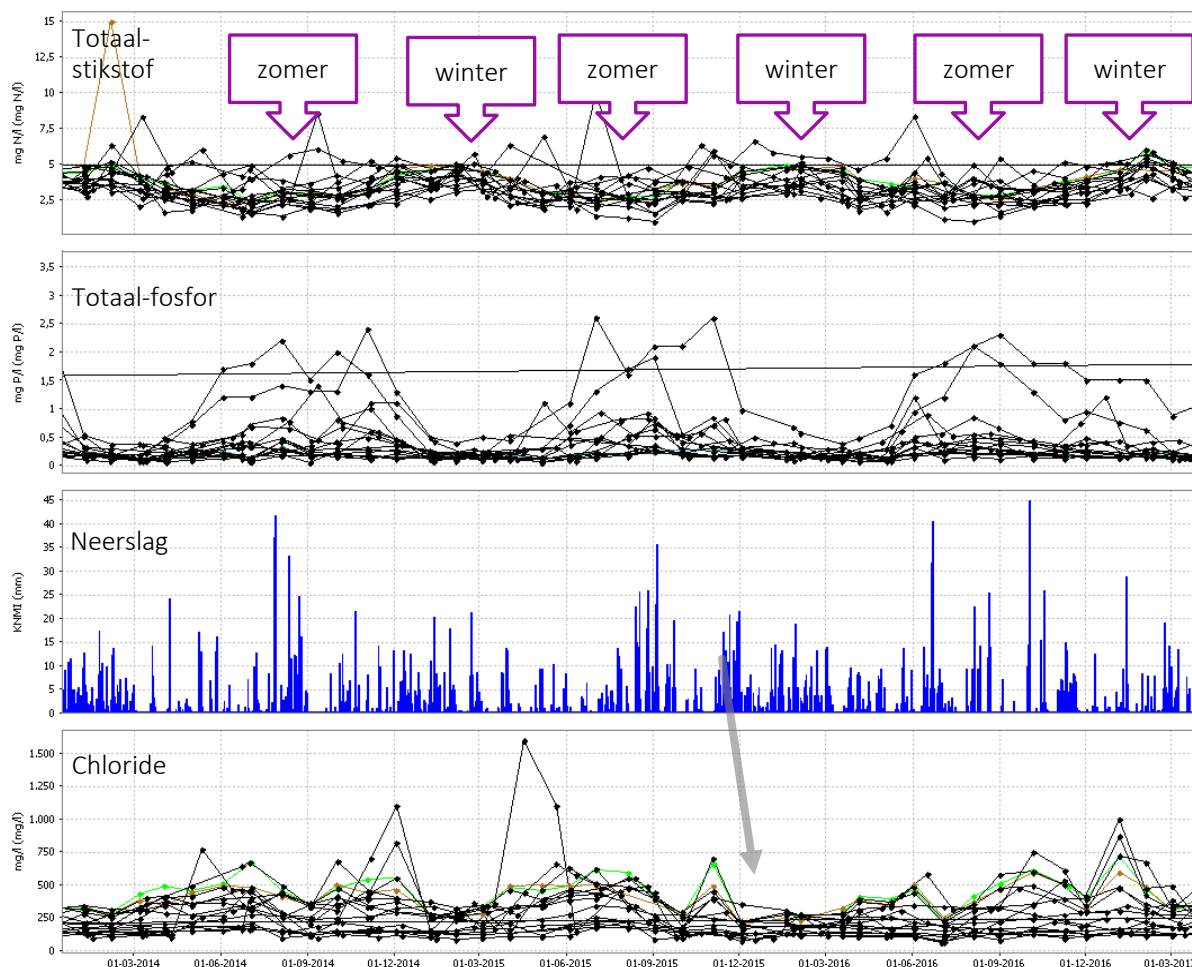
** percentage van de GEP

Het percentage waterplanten onder de waterspiegel (submerse) in de grachten van Amsterdam is momenteel kleiner dan 5%. Dit is vastgesteld uit een visuele inspectie van Waternet die zijn uitgevoerd in de grachten van Amsterdam. In de grachten zijn nauwelijks waterplanten aanwezig, waardoor de andere parameters van onderdeel Biologie ook niet goed scoren. De soorten die boven het water uitkomen (emerse) telt men volgens de KRW hier niet mee, omdat dit onderdeel de oeverplanten betreft. Gelet op de steile en harde grachtenoevers zijn er nagenoeg geen oeverplanten aanwezig (Specken, 2017).

Van de drie onderzochte parameters is alleen totaal-stikstof in 2015 op orde. Totaal-fosfor scoort ‘matig’ en chloride ‘ontoereikend’. De specifiek verontreinigende stoffen en de stoffen die de norm overschrijden voor wat betreft de chemische kwaliteit voldoen in 2015 geen van allen.

Naast het zesjaarlijks aanpassen van de factsheets moeten waterbeheerders ook elke drie jaar een waterkwaliteitsrapportage maken voor de KRW. Dit gebeurt op grond van de voorwaarden uit “Richtlijnen Monitoring Oppervlaktewater Europese KRW” (Splunder, 2006). Om een actueel beeld te geven en ook de variatie in de meteorologie mee te nemen hoeft deze drie jaar niet strikt te worden gehanteerd. Soms is het handig om naar meer jaren te kijken als bijvoorbeeld een uitgevoerde maatregel wordt getoetst (Moria, 2017). Op basis van relevante waterkwaliteitsmeetpunten in het onderzoeksgebied zijn van de afgelopen drie complete jaargangen de waardes van de onderzochte parameters uit Delft-Fews ontsloten.

In figuur 18 op de volgende bladzijde zijn voor de drie parameters de waardes aangegeven over de periode 2014 t/m 2016. De afzonderlijke grafieken van de parameters staan in Bijlage 6. In deze figuur is ook de neerslag te zien van het meest dichtstbijzijnde KNMI-meetstation. Gelet op de windrichting die voornamelijk uit het zuidwesten komt is meetstation Hoofddorp het meest geschikt. De oorzaak van sommige pieken of afwijkingen in de waterkwaliteitsmetingen moet worden gezocht in meetfouten, monsternamfouten of invoerfouten maar kunnen ook zijn ontstaan door overstorten, een RWZI, jaargetijde of een droge of natte periode.



Figuur 18: van boven naar beneden; concentraties totaal-stikstof, totaal-fosfor, neerslagsom per dag en concentratie chloride (Deltares, 2016)

Uit figuur 18 blijkt dat in de zomer er een stikstofafname plaatsvindt door de groei van vegetatie. Totaal-fosfor neemt licht toe in de zomer. Veel organismen, vooral de algen, nemen deze fosfor op en worden in de monsternametes en dus in de analyse meegenomen. Hoge pieken aan fosfor en stikstof kunnen worden veroorzaakt door overstorten van riolen die uiteindelijk bij het meetpunt uitkomen. Chloride neemt in de zomer toe als gevolg van toegenomen verdamping en verminderd neerslagoverschot. Na een periode met veel neerslag is de aanvoer die daarop volgt verdund en neemt de concentratie chloride zichtbaar af. Een duidelijk voorbeeld is met een grijze pijl weergegeven.

De KRW-factsheet werkt met zomergemiddelde waarden. Dit komt overeen met het groeiseizoen van april tot en met september. Deze periode is toegepast op de data uit Delft-Fews. De onderstaande waarden geven de huidige waterkwaliteit (2014 t/m 2016) aan van de drie onderzochte parameters.

Tabel 6: zomergemiddelde concentraties chloride, totaal-stikstof en totaal-fosfor 2014 t/m 2016 (Deltares, 2016)

Zomergemiddelde	Conc. Chloride (mg/l)	Conc. Kj-N (mg/l)	Conc. Totaal-P (mg/l)
Gemiddelde	298	2,97	0,41
Hoogste	1600	10,0	2,60
Laagste	59,0	0,90	0,05
Standaarddeviatie	171	1,12	0,44

4.1.3 Effecten chloride, totaal-stikstof en totaal-fosfor

Chloride

Chloride is de oxidatietoestand van chloor en komt voor als anion. Chloride is vaak samen met andere elektrolyten zoals, sulfaat, natrium, kalium en magnesium aanwezig en kan osmose in een organisme versterken. Bij osmose stroomt de vloeistof van de zijde van de membraan, waar de concentratie van opgeloste stoffen lager is, naar de zijde waar deze hoger is. Osmose is een belangrijk proces in de biologie, omdat celmembranen halfdoorlatend zijn. Water kan wel vrij in en uit de cel vloeien, maar opgeloste zouten, proteïnen en andere stoffen, kunnen dat niet. Veel biologische processen zijn erop gericht om deze scheiding tot stand te brengen en in stand te houden. Een teveel aan chloride binnen een korte periode kan onbalans aanbrengen in de osmotische waarde en daarmee schade veroorzaken. Dit hangt wel af van de mate van osmoseregulatie en is soortspecifiek.

Het lozen van chloride in een zoet oppervlaktewater kan verzilting veroorzaken. In de literatuur worden verzilting, zout, brak en zoet water op verschillende manieren gebruikt en gemeten (EGV in mS/cm, saliniteit in ‰ en chloride in mg/l). In het Nederlandse waterbeheer gebruikt men de zoutnormen uitgedrukt in chlorideconcentratie in mg/l. Saliniteit of EGV heeft soms de voorkeur omdat beide een maat zijn voor alle opgeloste kationen en anionen. Op basis van internationale onderzoeksliteratuur hanteert men de indeling zoals te zien is in tabel 7 (Gerven, 2012). De huidige concentraties chloride in de grachten van Amsterdam bevinden zich in de range zeer zoet tot brak.

Tabel 7: indeling water in zoutklassen (Gerven, 2012)

Zoutklasse water	Concentratie chloride (mg/l)
Zeer zoet	< 150
Zoet	150-300
Licht brak	300-1000
Brak	1000-5000
Brak-Zout	5000-10.000
Zout	> 10.000
Zeewater	18.000

Alterra heeft in opdracht van Stowa een Deltafact opgesteld met daarin de effecten door verzilting van zoete aquatische ecosystemen. Dit document is gebaseerd op ca. 100 publicaties en houdt rekening met de stijging van het gemiddelde zoutgehalte, de maximale verhoging van het zoutgehalte, de duur van de piekbelasting met zout, de periode in het jaar wanneer de piekbelasting plaatsvindt, de kans op een seizoensgebonden stijging van het zoutgehalte bezien over meerdere jaren en de samenstelling van het zout (welke kationen en anionen).

Uit de Deltafact (STOWA, 2013) blijkt dat veel fytoplanktonsoorten kunnen overleven in een watersysteem tussen de 200 en 1000 mg/l chloride. Voor aquatische ongewervelden (macrofauna) is het zoutgehalte in het water een van de belangrijkste sleutelfactoren. In sloten en meren vond men een sterk verband tussen de afname van soorten en een stijging van het chloridegehalte. Zout heeft namelijk een direct effect op de fysiologie van macrofauna. Negatieve effecten op groei, ontwikkeling, reproductiecapaciteit en gedrag worden meestal al opgemerkt bij een chloridegehalte van ongeveer 550 mg/l. Voor volwassen zoetwatervissen geldt dat zij goed in staat te overleven onder brakke condities (< 5000 mg/l). Voor embryonale ontwikkeling na het kuitschieten is echter een veel lagere concentratie vereist, ongeveer in het licht brakke domein. De vissoort zeelt kan in water tot ca. 6600 mg/l chloride overleven. In tegenstelling tot de zeelt kan een kleine modderkruiper zich het best ontwikkelen tussen de 0,12 en 4,8 ‰ ($\approx$ 300 mg/l). Een snoek overleeft water met een chloridegehalte van 5000 tot 8000 mg/l.

Zoetwaterplanten sterven over het algemeen bij een saliniteit vanaf 2000 mg chloride per liter. In de Amsterdamse grachten zitten niet veel waterplanten. Er komen echter wel drie algemene soorten voor. Dit zijn; grof hoornblad, smalle waterpest en de gele plomp. In de literatuur (Barendregt, 1990) zijn voor deze drie soorten de optimale omstandigheden opgezocht ten aanzien van de drie parameters van dit onderzoek. Deze optimale concentratie, de mediaan, staat in tabel 8.

Tabel 8: drie soorten waterplanten in de Amsterdamse grachten en hun optimale concentratie (mediaan) chloride, ammonium en totaal-fosfor

Soort	Chloride in mg/l	Ammonium (NH ₄) (mg/l)	Totaal-fosfor (mg/l)
grof hoornblad <i>Ceratophyllum demersum</i>	Gemiddelde: 200 St.dev*: 298 Mediaan: 102 Min.:16, Max: 2384	Gemiddelde: 0,55 St.dev.: 1.12 Mediaan: 1.14 Min.: 0, Max: 7.57	Gemiddelde: 0,62 St.dev.: 0,99 Mediaan: 0,22 Min.: 0, Max: 5,97
Smalle waterpest elodea <i>nuttallii</i>	Gemiddelde: 162 St.dev.: 254 Mediaan: 77 Min.:8, Max: 1823	Gemiddelde: 0,50 St.dev.: 1.05 Mediaan: 0,120 Min.: 0, Max: 7.57	Gemiddelde: 0,35 St.dev.: 0,54 Mediaan: 0,17 Min.: 0, Max: 3.53
Gele plomp (<i>nuphar lutea</i>)	Gemiddelde: 82 St.dev.: 55 Mediaan: 72 Min.:8, Max: 256	Gemiddelde: 0,23 St.dev.: 0.82 Mediaan: 0.06 Min.: 0, Max: 8.91	Gemiddelde: 0.17 St.dev.: 0,47 Mediaan: 0,07 Min.: 0, Max: 5.06

* standaard deviatie

Volgens het RIVM ligt de JG-MKN voor chloride op 200 mg/l (RIVM, 2017). De MAC-MKN is niet bekend. Een rapport van het RIVM uit 2008 geeft een MTR-waarde van 94 mg/l en het ernstig risico op 570 mg/l chloride voor zoete wateren (RIVM, 2008).

Totaal-stikstof

Totaal-stikstof is de som van de anorganische en organische stikstofverbindingen. Het anorganische deel bestaat uit ammonium, ammoniak, nitraat en nitriet. Stikstof is een essentieel element voor alle organismen, omdat het een bestanddeel van alle proteïnen en nucleïnezuren is. Aangezien het een nutriënt is kan het in omstandigheden waar het in overvloed aanwezig is vermisting (eutrofiëring) veroorzaken. Ammonium is een stof die vrijkomt bij de afbraak van stikstofhoudende organische verbindingen, zoals eiwitten. Ammonium wordt door de meeste planten benut als anorganische stikstofbron en in niet-vervuilde wateren is het gehalte in het algemeen dan ook erg laag. Afhankelijk van de pH is een deel van de ammoniumionen gedissocieerd in een waterstofion en ammoniak. Vrij ammoniak kan voor waterdieren toxisch zijn. In waterige oplossingen zijn ammonium en ammoniak in evenwicht. De ligging van dit evenwicht is afhankelijk van de pH- waarde en de temperatuur. Ammonium kunnen bacteriën in het water omzetten in nitriet. Nitriet kan door bacteriën verder worden omgezet in nitraat (en omgekeerd). Nitraten vormen opnieuw de voedingsstoffen voor planten. Deze microbiële nitrificatie vraagt veel zuurstof. De meting van het ammoniumgehalte is daarom ook nuttig in verband met de zuurstofhuishouding van het water. Voor het nitrificeren van 1 mg ammonium is maar liefst 4,6 mg zuurstof nodig (Betavak.nl, 2016).

Voor wat betreft de effecten van de stikstofverbindingen in het oppervlaktewater moet men dus rekening houden met mogelijke toxiciteit, een verlaagd zuurstofgehalte en de nevenproducten die ontstaan bij de afbraak van de verbindingen. Volgens het RIVM geldt voor totaal-stikstof een MTR van 2,2 mg N/l. Voor ammonium is een JG-MKN vastgesteld op 0,304 mg N/l en een MAC-MKN van 0,608 mg N/l. Voor nitraat en nitriet zijn er geen normen vastgesteld (RIVM, 2017). De optimale concentraties van totale stikstofverbindingen voor de drie meest voorkomende waterplanten staan in tabel 8 vermeld.

Totaal-fosfor

Fosfor in oplossing wordt gemeten als 'totaal-fosfor' en 'ortho-fosfaat'. Fosfor komt ook voor als organisch gebonden fosfor. Deze component wordt niet gemeten, maar berekend als het verschil tussen fosfor-totaal en ortho-fosfaat. Fosfor is, in vorm van fosfaat, een belangrijk voedingsstof voor zowel planten als dieren. Het is zelfs voor alle soorten organismen essentieel. Het element wordt voor de opbouw van fosfolipiden voor celmembranen, van nucleïnezuren en andere verbindingen gebruikt. Bovendien is het in vorm van ATP (adenosinetrifosfaat) een energieoverdragend molecuul dat een belangrijke rol bij een groot aantal biochemische processen speelt. Net als bij stikstof kan een overvloed aan fosfor vermisting (eutrofiëring) veroorzaken. Vaak neemt de algengroei fors toe waardoor het water minder zuurstof en licht doorlaat. Dit heeft gevolgen voor het hele aquatisch ecosysteem. Fosfaten worden niet als giftig beschouwd. Volgens het RIVM geldt voor totaal-fosfor een MTR van 0,15 mg P/l. (RIVM, 2017). De optimale concentraties, de mediaan, van totale fosforverbindingen voor de drie meest voorkomende waterplanten staan ook in tabel 8 vermeld.

Interviews

Op 4 juli 2017 is een interview afgenomen bij If Technology in Arnhem, waarbij is gesproken met de heer Tim Aalten en mevrouw Linde van Laerhoven. Op 15 augustus 2017 zijn Han Meijer, Coen Dijkhoorn en Niels Schuurman van Buro Bron geïnterviewd. In een 30-tal vragen zijn de onderstaande onderwerpen aan bod gekomen:

- In hoeverre het adviesbureau betrokken is bij het ontwerp van het bodemenergiesysteem;
- Waar men op let bij het ontwerpen van een bodemenergiesysteem;
- Hoe het open bodemenergiesysteem wordt aangelegd, hoe het werkt en wat de levensduur is;
- Op welke wijze afvalwater ontstaat en hoe vaak en hoe lang en op welke wijze een lozing plaatsvindt;
- Of en hoe men de grondwaterkwaliteit op de betreffende locatie achterhaalt;
- Welke technieken worden gebruikt om afvalwater te beperken en te zuiveren;
- Wat de laatste ontwikkelingen zijn ten aanzien van bodemenergie en afvalwaterlozingen.

Per onderwerp worden de antwoorden toegelicht. Hoe een bodemenergiesystemen worden aangelegd en werken is in hoofdstuk 2 aan bod gekomen. Daarom is dit niet verder uitgewerkt. Dit geldt ook voor de vragen die zijn gesteld over het ontstaan van afvalwater en de manier van lozen. De vragenlijsten met antwoorden van beide adviesbureaus zijn in de bijlage 3 en bijlage 4 opgenomen.

- *In hoeverre is het adviesbureau betrokken bij het ontwerp van het bodemenergiesysteem?*

Beide adviesbureaus geven aan dat het per project verschilt tot op welke hoogte ze daarbij betrokken zijn. Dit is afhankelijk van de opdracht. Vaak schakelt een opdrachtgever eerst een klimaatadviseur in en daarna pas een adviesbureau voor de werkelijke aanleg van een bodemenergiesysteem. Vaak zijn beide bureaus bij het ontwerp, de vergunningaanvraag, het bestek, de aanbesteding en het beheer betrokken. Soms zelfs tot de ontmanteling van een systeem.

- *Waar let men op bij het ontwerpen van een bodemenergiesysteem?*

Men let bij het ontwerpen van de systemen op de bodemopbouw, de filterafstelling van andere systemen en vooral de locatie. Het energieconcept is leidend. Er is dus vooral aandacht voor wat de opdrachtgever wil in relatie met de omgeving. Als dat is uitgewerkt volgt de keuze voor een doublet, monobron of recirculatiesysteem. Hierbij houden beide adviesbureaus rekening met de BRL1100 voor het ontwerp, realisatie, beheer en onderhoud van het ondergrondse deel en voor het ontwerpen, installeren en beheren van warmtepompsystemen (het bovengrondse deel), met de BRL6000-21.

- *Wat is de levensduur van een bodemenergiesysteem?*

Een bodemenergiesysteem kan zijn rendement verliezen. If Technology geeft aan dat dit gebeurt tussen de 5-10 jaar. Dit hangt af van de boorgaten, de bodem, het onderhoud en de lokale situatie. Soms is het daarom nodig de bron(nen) opnieuw te ontwikkelen (regenereren). Sommige bronnen gaan naar mate de jaren verstrijken beter werken omdat er continu uit wordt onttrokken. Buro Bron meldt dat de onderwaterpompen tussen de 12 en 15 jaar aan vervanging toe zijn. Over het algemeen gaat men uit van een levensduur van 30 jaar, maar er zijn bronnen die 80 jaar oud zijn. De bronnen gaan veel langer mee dan alle andere onderdelen van het bodemenergiesysteem.

- *Hoe achterhaalt men de grondwaterkwaliteit op de betreffende locatie?*

Beide adviesbureaus geven aan dat in sommige gevallen, voorafgaand aan een project, een boring inclusief een monstername plaatsvindt. Dit vindt meestal plaats in gestuwde gebieden of wanneer er een risico is voor de opdrachtgever. Bij een onbekende redoxgrens (grens tussen oxisch en anoxisch) van het grondwater gebeurt dit volgens Buro Bron altijd. In een oxische omgeving vindt namelijk meer vlokvorming plaats. Dit zorgt voor een afname van het rendement. In Amsterdam gebeurt monstername vooraf meestal niet want de bodemopbouw en grondwaterkwaliteit is daar grotendeels homogeen en dus al bekend. Het nemen van een monster na het boren van de bron is volgens Buro Bron een verplichting die voortkomt uit de watervergunning van de provincie. Deze monstername gebeurt altijd bovenaan het filtertraject.

- *Welke technieken worden gebruikt om afvalwater te beperken en te zuiveren?*

If Technology meldt dat het gebruik van tweelingpompen met filterunits de best beschikbare techniek is om tijdens de aanleg het afvalwater te beperken en te zuiveren. Voor het onderhoud is dit het toepassen van het kaarsenfilter. Tweelingpompen is het retourneren van het opgepompte water in de andere bron van hetzelfde doublet tijdens het ontwikkelen. Buro Bron geeft aan dat de best beschikbare techniek niet bestaat, omdat dit afhangt van de locatie en de beschikbare ruimte. Op de ene locatie is tweelingpompen met een filterunit de beste techniek. Op een andere locatie kan dit een spuibrong zijn, of een oude bron.

- *Wat zijn de laatste ontwikkelingen ten aanzien van bodemenergie en afvalwaterlozingen?*

Beide adviesbureaus melden dat er steeds meer systemen aan elkaar gekoppeld worden. Dit gebeurt onder andere op De Uithof in Utrecht. Daar kunnen gebouwen op aansluiten en eventueel weer afkoppelen. If Technology noemt de opkomst van geothermie. Een nadeel van geothermie is dat het afvalwater nog zouter is en meer zware metalen bevat. Ook geeft If Technology aan dat Branchevereniging Bodemenergie.nl onderzoek doet naar het terugdringen van afvalwaterlozingen. Dit bureau meldt ook dat zij het logisch vinden dat Waternet sommige lozingen niet meer op het oppervlaktewater toestaat. Zij komen met het idee om per systeem de vergunninghouder een bepaald bedrag te laten betalen. Dit geld gebruikt de waterkwaliteitsbeheerder vervolgens om de waterkwaliteit te verbeteren en te herstellen. Buro bron haalt de gasloze situatie aan die in de toekomst een rol gaat spelen. Het is nu zo dat 80% van de opwekbare energie komt van het bodemenergiesysteem en 20% van een gasketel. Die 20% is wel twee derde van het totale vermogen maar is nodig voor koude winterdagen met een hoge warmtevraag. Bij een gasloze situatie in toekomst moet men hiervoor iets slims bedenken. Dit heeft als gevolg dat men misschien preventief moet gaan lozen om kans op een dag zonder verwarming of te lage capaciteit te voorkomen.

Modelberekening

In hoofdstuk 3 is uitgelegd hoe SOBEK werkt en welke gegevens daarvoor benodigd zijn. Dit subhoofdstuk geeft de resultaten weer van die gegevens en op welke wijze deze zijn gebruikt in het model. In het laatste gedeelte staan de werkelijk berekende resultaten op grond van die gegevens vermeld.

4.1.4 De gegevens

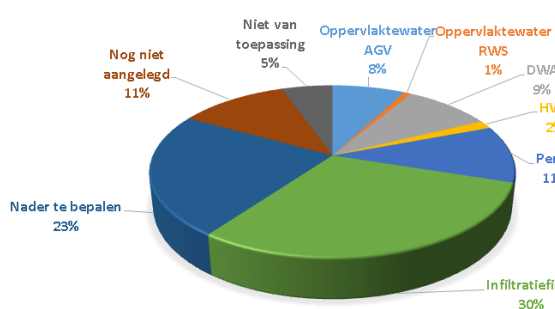
Aantal open bodemenergiesystemen en de lozingsroutes

Volgens de Waterwet (artikel 7.7) zijn de provincies in Nederland verplicht om alle open bodemenergiesystemen in een landelijk register te registreren. Sinds de invoering van de Waterwet (22-12-2009) registreren de provincies de bodemenergiesystemen in het Landelijk Grondwater Register (LGR). Momenteel (oktober 2017) zijn er iets meer dan 3000 open bodemenergiesystemen en 4150 gesloten bodemenergiesystemen in het LGR geregistreerd (GBO Provincies, 2017). Het aantal actieve open bodemenergiesystemen is volgens het LGR 2115. Omdat bodemenergie al eerder is aangelegd dan de verplichting om deze te registreren zal het werkelijke aantal meer zijn dan nu het LGR staan vermeld. Sinds september 2013 bevat het LGR ook gegevens over meldingsplichtige en vergunningsplichtige gesloten bodemenergiesystemen die onder het bevoegd gezag vallen van de gemeenten. Alle gesloten bodemenergiesystemen van voor 2013 zijn hierin niet vermeld. Volgens de Inspectie Leefomgeving en Transport van het ministerie van Infrastructuur en Milieu (ILT, 2017) zijn er nu naar schatting 40.000 gesloten bodemenergiesystemen in Nederland. Naast deze aantallen voor geheel Nederland is ook het aantal bodemenergiesystemen in het AGV-gebied, gemeente Amsterdam en het onderzoeksgebied opgevraagd bij de provincie Noord-Holland (Nederlof, 2017). In tabel 9 zijn deze aantallen af te lezen.

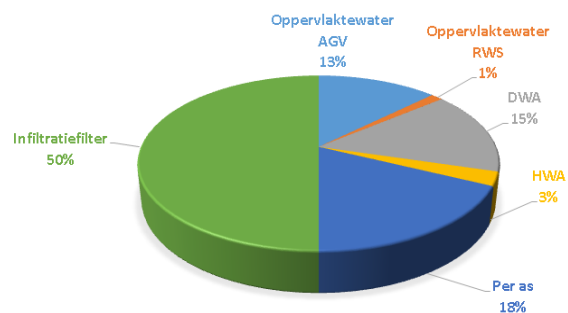
Tabel 9: aantal open en gesloten bodemenergiesystemen

Gebied	Aantal open bodemenergiesystemen	Aantal gesloten bodemenergiesystemen
Nederland	Ca. 2100	Ca. 40.000
Waterschap AGV	Provincie Utrecht: 5 Provincie Zuid-Holland: 3 Provincie Noord-Holland: 247	Provincie Utrecht: nb Provincie Noord-Holland: 259
Amsterdam	180	105
Onderzoeksgebied	130	63

Van de 130 open bodemenergiesystemen in het onderzoeksgebied is bepaald op welke wijze het afvalwater wordt afgevoerd tijdens onderhoud. De verhouding van de lozingsroutes is te zien in figuur 19 en 20. Wat opvalt, is dat een groot percentage nog niet is aangelegd of waarbij de lozing nog nader bepaald moet worden. In de categorie 'niet van toepassing' is wel een vergunning aangevraagd, maar uiteindelijk geen bodemenergiesysteem toegepast. Onder 'nader te bepalen' verstaat men de systemen die wel zijn aangelegd, goed werken, maar nog niet is nagedacht over de lozingsroute. Het afvoeren per as gebeurt ook relatief vaak terwijl dit het milieurendement flink terugdringt. Als de systemen in de categorie 'niet van toepassing' 'nog niet zijn aangelegd' en 'nader te bepalen' niet worden meegeteld, blijkt dat men in de helft van de gevallen kiest voor een infiltratiefilter of -bron en niet voor een lozing op het oppervlaktewater (figuur 20).



Figuur 19: verhouding lozingsroutes bodemenergiesystemen bodemenergiesystemen



Figuur 20: verhouding lozingsroutes exclusief onbekende lozingsroutes

Omdat dit onderzoek gaat over de lozingen op het oppervlaktewater en het hemelwaterriool zijn die systemen gebruikt. Het gaat om de twaalf open bodemenergiesystemen die in tabel 10 staan vermeld. Indien de concentraties van het afvalwater bekend zijn staan deze ook in de tabel weergegeven.

Tabel 10: de open bodemenergiesystemen waarbij de lozing plaatsvindt op het oppervlaktewater of hemelwaterriool

LGR-nummer	X-coördinaat	Y-coördinaat	Vorm	Max. debiet (m ³ /u)	Filterdiepte van	Filterdiepte Tot	Lozing op	Conc. Chloride (mg/l)	Conc. Kj-N (mg/l)	Conc. Totaal-P (mg/l)
79105	122.900	482.200	Doublet	150	77	120	OW*	nb	nb	nb
79135	121.990	486.766	Doublet	260	nb	nb	OW	8800	11	0,19
79308	119.019	483.926	3 doubletten	95	111	140	OW	7600	11	0,19
79574	123.712	487.120	Doublet	1.620	nb	nb	OW	Nb	nb	nb
80094	122.542	487.725	3 doubletten	750	100	180	OW	8900	9	0,15
80365	123.024	483.626	Doublet	100	130	160	OW	7300	7,5	0,13
81155	122.071	486.475	Doublet	150	nb	nb	OW	9000	nb	nb
81368	121.725	486.500	Monobron	100	137	147	OW	nb	nb	nb
81399	122.908	487.207	Doublet	200	170	170	OW	8900	nb	nb
100270	122.650	486.105	Doublet	90	nb	nb	HWA* *	7300	8,4	0,16
nb	117.872	484.056	Monobron	25	60	200	OW	6200	6,6	0,19
PNH1429	118.970	484.065	Monobron	25	140	145	HWA	7900	10	0,17

* OW = oppervlaktewater

** HWA = hemelwaterriool

Grondwaterkwaliteit op filterdiepte

Voor het bepalen van de grondwaterkwaliteit voor de parameters chloride, totaal-stikstof en totaal-fosfor op filterdiepte zijn diverse bronnen geraadpleegd. De resultaten zijn per bron toegelicht.

Provincie Noord-Holland

Een vergunninghouder heeft de plicht (voorschrift in de watervergunning) om na de oplevering van een bodemenergiesysteem de analyseresultaten van de bemonstering op te sturen naar de provincie Noord-Holland. Deze analyseresultaten verzamelt en registreert de provincie niet altijd correct. Van de hierboven genoemde twaalf bodemenergiesystemen zijn door de provincie Noord-Holland geen analyseresultaten aangeleverd. Voor twee systemen is wel de ontbrekende filterafstelling aangeleverd (Nederlof, 2017).

TNO

In Dinoloket (TNO, 2017) is het mogelijk om via de tool "Ondergrondgegevens" de grondwatermonitoring op te vragen van een of meerdere peilbuizen. Daarbij is de filterdiepte (onderkant) uitgezet tegen de concentraties chloride, ammonium en totaal-fosfor. In bijlage 7 zijn de grafieken weergegeven. Hierin is een verhoging waarneembaar van het chloride-gehalte naar mate de diepte toeneemt. Voor stikstof en fosfor is te zien dat deze naar mate de diepte afnemen. De meeste bemonsteringsdatums van deze peilbuizen liggen meerdere decennia in het verleden en uit de analyse blijkt een grote spreiding. Hierdoor worden deze resultaten beschouwd als indicatief en niet gebruikt in SOBEK.

Waternet

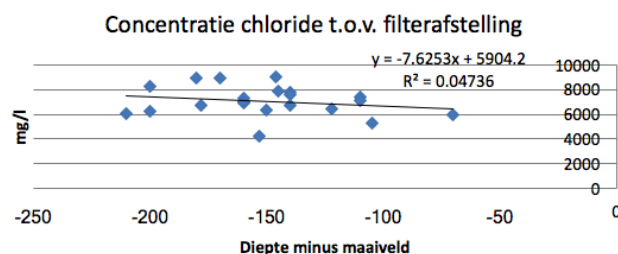
Waternet voert voor de gemeente Amsterdam de grondwaterzorgtaak uit. Deze richt zich op afwijkende grondwaterstanden van de bovenste bodemlaag (freatisch) in het openbare gebied en niet het diepe grondwater. Voor het monitoren van de freatische grondwaterstanden is een uitgebreid grondwatermeetnet aanwezig. De bodemenergiesystemen in Amsterdam staan in diepere bodemlagen afgesteld. Voornamelijk in het gecombineerde tweede en derde watervoerende pakket. In deze lagen heeft Waternet ook enkele peilbuizen staan. Van die peilbuizen is de grondwaterkwaliteit opgevraagd. De aangeleverde data (Ponten, 2017) bevat alleen de EGV-metingen en geen totaal-stikstof of totaal-fosfor metingen. De EGV-metingen geven geen eenduidig beeld van de ionen-concentratie op die diepte. Waarschijnlijk is de meet- of bemonsteringsapparatuur niet goed ingesteld of foutief afgelezen.

Bij het omrekenen van EGV (elektrisch geleidend vermogen) naar chloride moet men rekening houden met de hoeveelheid aanwezige ionen. Is deze hoeveelheid lager dan 2 mS/cm (milliSiemens per cm) dan is chloride niet het dominante ion en moet de volgende formule worden gebruikt: $\text{Cl (mg/l)} = 360 \cdot \text{EGV (mS/cm)} - 450$. Is de EGV-waarde hoger dan 2 mS/cm dan is chloride dominant aanwezig en rekent men (lineair) de EGV naar chloride om met de formule: $\text{Cl (g/l)} = \text{EC (mS/cm)} / 3$ (Deltares, 2017). Het omrekenen via beide formules geeft vreemde, soms negatieve, resultaten die ver uit elkaar liggen. Deze data is te onbetrouwbaar om te gebruiken in SOBEK.

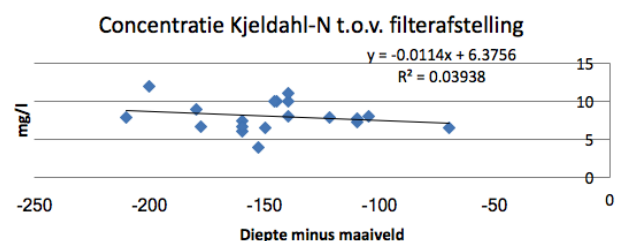
Handhavingsdienst Waternet (project Bodemenergiesystemen)

De meest betrouwbare en recente gegevens van de concentraties in ondergrond zijn afkomstig van de bemonsteringen van de handhavers van Waternet binnen het project Bodemenergiesystemen. De bemonsteringen zijn conform NEN-6600-1 uitgevoerd en hebben plaatsgevonden in 2016 en 2017. Deze NEN beschrijft de monsterneming uit stromend afvalwater door steekbemonstering. De monsters zijn geanalyseerd door het laboratorium van Stichting Waterproef. Dit laboratorium is geaccrediteerd door de Raad voor Accreditatie (accreditatienummer L446). Er is daarom aangenomen dat de analyseresultaten van betrouwbare kwaliteit zijn.

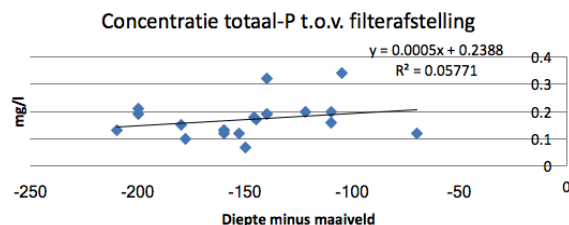
De monsters zijn afkomstig van recent aangelegde bodemenergiesystemen in Amsterdam en bevatten analyseresultaten van afvalwaterlozingen ontstaan tijdens het ontwikkelen en het onderhoud. In de gegevens zitten ook analyseresultaten van systemen die niet direct in het onderzoeksgebied aanwezig zijn. Dit is niet noodzakelijk omdat de bodem op filterdiepte bestaat uit grote watervoerende homogene pakketten die verder reiken dan alleen het onderzoeksgebied. De filterafstellingen zijn daarbij uit de rapportages van de provincie Noord-Holland gehaald of opgezocht in de al verleende watervergunningen (provincie en waterschap). De data die hiervoor is gebruikt is vermeld in bijlage 8. In de onderstaande grafieken zijn de concentraties uitgezet aan de onderkant van het filter. Hieruit valt op te maken dat er nauwelijks sprake is van een correlatie (R^2) tussen de diepte en de concentraties. De resultaten van de bemonsteringen vanuit dit project vertonen op dezelfde diepte gelijke resultaten en spreidingen in vergelijking met de peilbuisgegevens van Dinoloket. De concentratierange van de drie te onderzoeken parameters staan tabel 11.



Grafiek 1: concentratie chloride t.o.v. filterafstelling



Grafiek 2: concentratie Kjeldahl-stikstof t.o.v.



Grafiek 3: concentratie totaal-fosfor t.o.v. filterafstelling

Tabel 11: concentratierange chloride, Kjeldahl-stikstof en totaal-fosfor

	chloride	Kjeldahl-stikstof	totaal-fosfor
Gemiddeld	7050	8,04	0,17
Hoogste waarde	9000	12,0	0,34
Laagste waarde	4200	3,90	0,07

4.1.5 Opbouw scenario's

In tabel 10 op bladzijde 40 staan de huidige bodemenergiesystemen vermeld. Dit zijn verschillende systemen met een verschillend aantal bronnen en dus afvalwaterlozingen. De scenario's waarbij de systemen toenemen zijn hierop gebaseerd. Voor een duidelijk beeld van de scenario's, het aantal bodemenergiesystemen en bijbehorende bronnen en de lozingsperioden is tabel 12 in dit verslag opgenomen. Op basis van de quick scan is bepaald dat in alle scenario's is gerekend met de worst-case concentraties; chloride (9000 mg/l), totaal-stikstof in de vorm van Kjeldahl-stikstof (12 mg/l) en totaal-fosfor (0,34 mg/l).

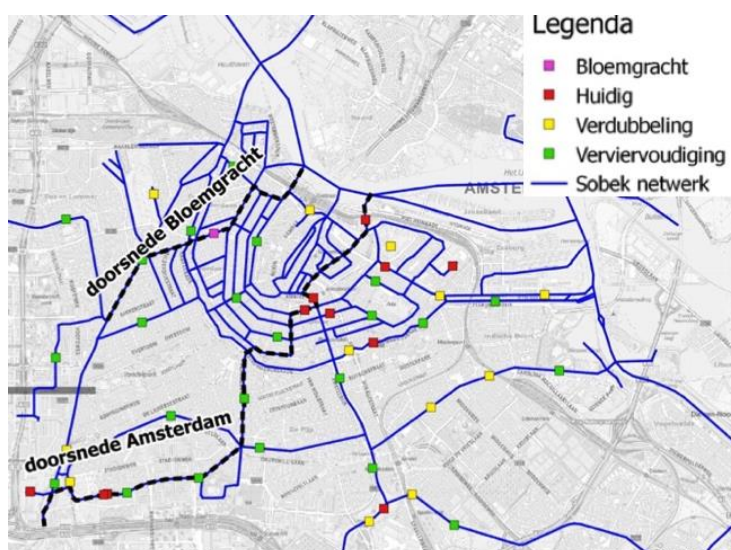
Tabel 12: de scenario's, het aantal systemen en bronnen en de periode van lozingen gemodelleerd in SOBEK

Scenario	Aantal systemen	Aantal bronnen	Lozing ontwikkelwater			Lozing tijdens onderhoud		
			2012	2013	2014	2012	2013	2014
0) Blanco								
1) huidige aantal	12	30				april, oktober	april, oktober	april, oktober
2) 1 systeem	1	2	juli				april, oktober	april, oktober
3) verdubbeling	24	60	januari	januari, juli	januari	april, oktober	april, oktober	april, oktober
4) verviervoudiging	48	130	januari, mei, september, december	januari, juli, december	januari, mei, september, december	april, oktober	april, oktober	april, oktober

4.1.6 Resultaten SOBEK

In deze paragraaf staan de resultaten van SOBEK omschreven na het invoeren van de bovengenoemde scenario's. Van ieder scenario is de kwantitatieve bijdrage (fractie) en de kwalitatieve bijdrage aangegeven. De kwalitatieve bijdrage is gericht op de gemiddelde toename in de zomer. Hierdoor is het eenvoudig te vergelijken met de waterkwaliteitsdoelen. Voor het bepalen van de ecologische effecten is ook de maximale toename per segment waterlichaam op een bepaald tijdstip aangegeven.

SOBEK berekent op een bepaald tijdstip op een bepaalde plek de bijdrage van de lozingen. Om de situatie op meerdere plaatsen van dit waterlichaam te beoordelen zijn twee doorsnedes (langsplots) ontworpen (figuur 21). De doorsnede Amsterdam geldt voor scenario 1,3 en 4. Doorsnede Bloemgracht geldt voor scenario 2 waarbij er één bodemenergiesysteem loost op het oppervlaktewater. Beide doorsnedes zijn ontworpen door te letten op het aantal grachten en bodemenergiesystemen die daarop uitkomen in relatie met de doorstroming van het gehele systeem. Deze doorsnedes zijn terug te zien in de figuren die betrekking hebben op de fracties.



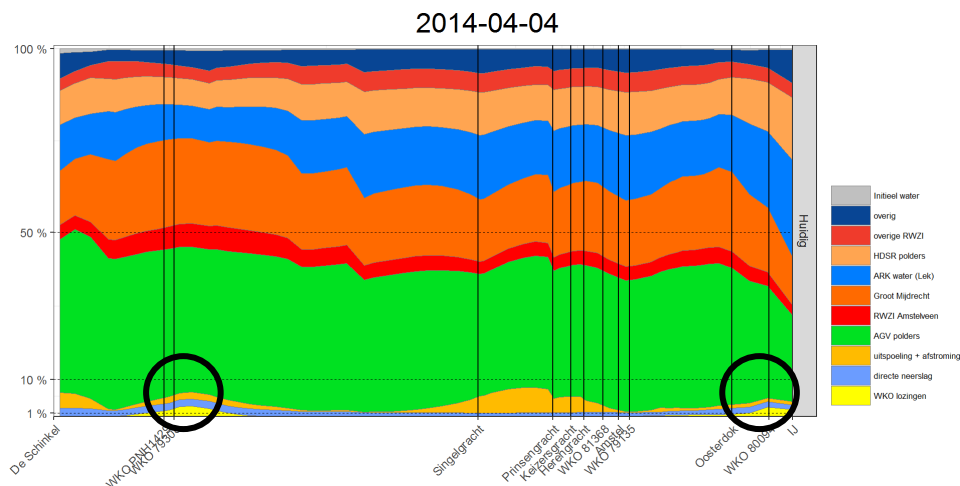
Figuur 21: doorsnedes (langsplots) voor het weergeven van de kwantiteit en kwaliteit (GNU, 2017)

Scenario 1: huidige 12 bodemenergiesystemen

Alle relevante figuren voor dit scenario zijn in bijlage 9, 13, 17 en 21 opgenomen. Hieronder volgt een toelichting van de resultaten.

Kwantitatieve bijdrage

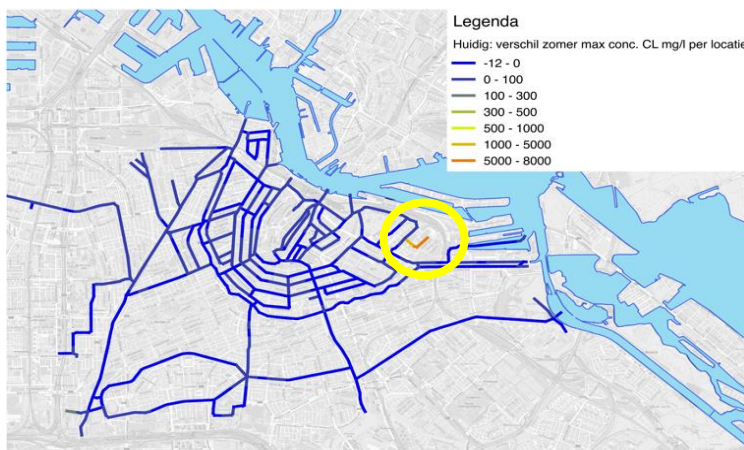
Het resultaat van dit scenario heeft alleen betrekking op de lozingen tijdens onderhoud. Gedurende drie jaar heeft SOBEK van elke dag een figuur gegenereerd die de fractieverdeling over de dwarsdoorsnede aangeeft. Van alle berekende dagen (1096) is op 4 oktober 2014 (figuur 22) de fractie aan bodemenergiesystemen het hoogst (gele vlakken in zwarte cirkels). Deze onderhoudslozingen in het najaar van 2014 vonden plaats na een periode met weinig neerslag. De hoogste fracties zijn vooral zichtbaar nabij de Zuidas en het IJ. Na een week ligt de bijdrage beneden 1%. Na twee weken is de gehele fractie uit het waterlichaam verdwenen. De maximale kwantitatieve bijdrage van alle onderhoudslozingen bevindt zich tussen de 0,5-3%. In oktober 2012 vond de lozing plaats tijdens een periode met veel neerslag. De fractie is dan nauwelijks zichtbaar.



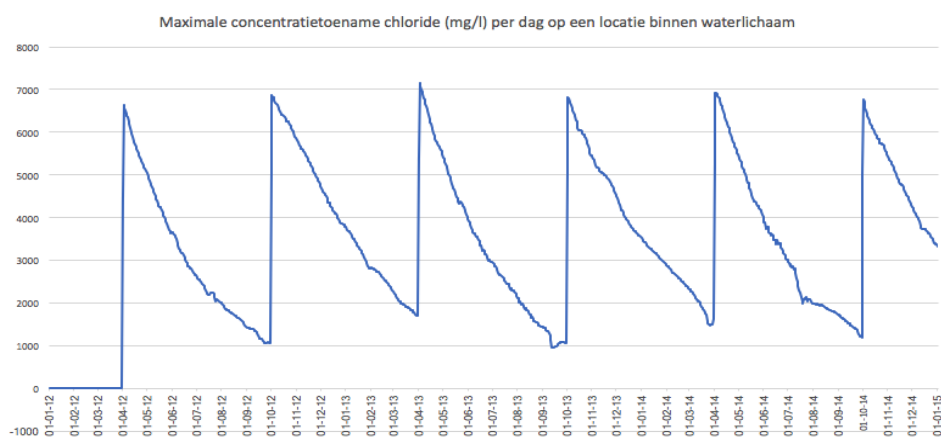
Figuur 22: maximale kwantitatieve bijdrage onderhoudslozingen scenario 1

Kwalitatieve bijdrage

SOBEK heeft voor de parameter chloride een gemiddelde concentratietoename in de zomer van 12 mg/l van het gehele waterlichaam berekend. Ook is de maximale concentratietoename van chloride op een bepaalde locatie berekend. Deze toename bedraagt 7078 mg/l en bevindt zich in de doodlopende Oosterburgervaart (gele cirkel figuur 23). Voor het bepalen hoe lang deze hoge toename aanwezig is, is figuur (24) gemaakt met de maximale concentratie per dag tijdens de gehele periode. Hieruit blijkt dat de hoge toename lange tijd aanwezig is en langzaam afneemt tot de volgende onderhoudslozing. Als de opvolgende onderhoudslozing na vijf maanden start is de toename nog niet volledig verwijderd en pas afgenomen tot ca. 1000 mg chloride per liter.

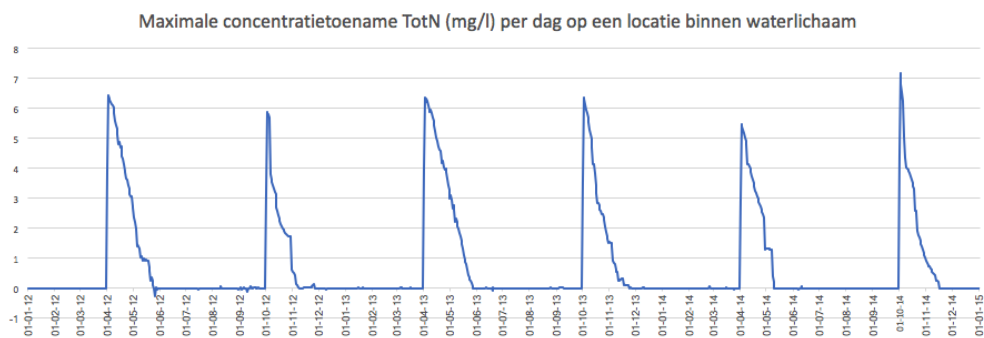


Figuur 23: maximale toename zomerconcentratie chloride per locatie scenario 1



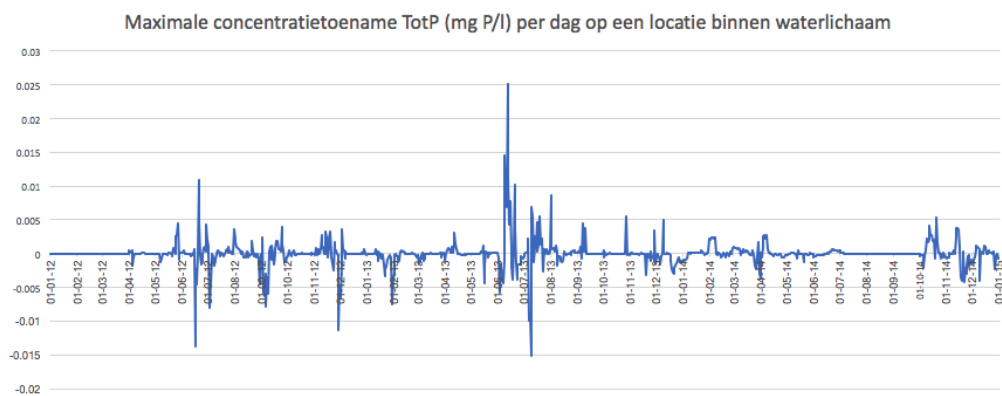
Figuur 24: maximale concentratietoename chloride (mg/l) per dag op een locatie binnen waterlichaam

De achtergrondconcentratie totaal-stikstof neemt in de zomer nauwelijks (0,007 mg N/l) toe. De maximale toename op een bepaalde locatie is 7,95 mg N/l. De betreffende locatie is net als bij chloride de doodlopende Oosterburgervaart. De toename blijft daar maximaal twee maanden zichtbaar (figuur 25).



Figuur 25: maximale concentratietoename TotN (mg N/l) per dag op een locatie binnen waterlichaam

De achtergrondconcentratie totaal-fosfor loopt in de zomer ook nauwelijks (0,0001 mg P/l) op. De maximale toename op een bepaalde locatie is 0,175 mg P/l. De betreffende locatie is ook de doodlopende Oosterburgervaart. Deze toename is in verhouding met chloride gering en blijft maar enkele dagen zichtbaar (figuur 26).



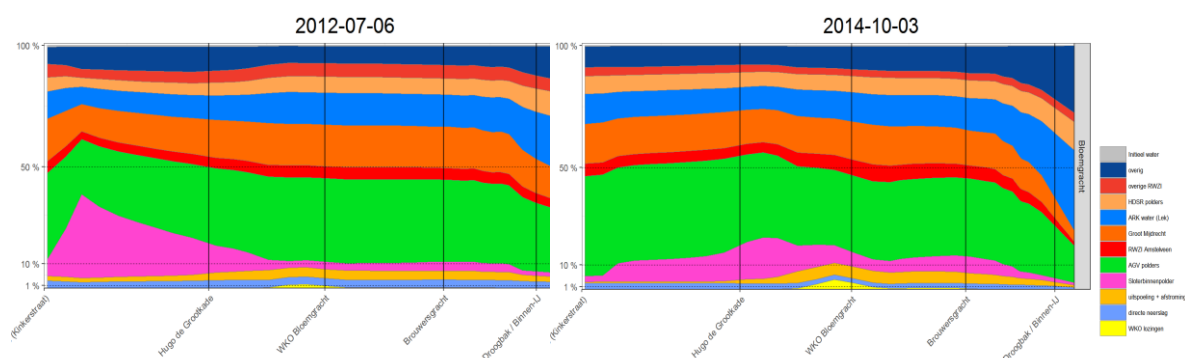
Figuur 26: maximale concentratietoename TotP (mg P/l) per dag op een locatie binnen waterlichaam

Scenario 2: 1 bodemenergiesysteem (Bloemgracht)

Alle relevante figuren voor dit scenario zijn in bijlage 10, 14 en 18 opgenomen.

Kwantitatieve bijdrage

In dit scenario is één bodemenergiesysteem gemodelleerd dat in het ene jaar is ontwikkeld en in de andere twee jaar de reguliere onderhoudslozingen nodig heeft. Het ontwikkelen van een bron van dit systeem duurde 10 dagen. Omdat hier een doublet van gemiddelde omvang is gemodelleerd heeft gedurende 20 dagen een lozing plaatsgevonden. Tijdens deze 20 dagen is het afvalwater nauwelijks (ca. 1%) terug te zien in de fractieverdeling (figuur 27). Na de ontwikkelperiode is geen kwantitatieve bijdrage waarneembaar. De kwantitatieve bijdrage van de onderhoudslozing ligt maximaal rond 3% (figuur 28) en is alleen maar zichtbaar ter hoogte van de Bloemgracht en gedeeltelijk bij de Brouwersgracht. Na vijf dagen is de fractie van de onderhoudslozingen verdwenen. In 2013 is van de onderhoudslozingen bijna niets terug te vinden in het boezemstelsel.



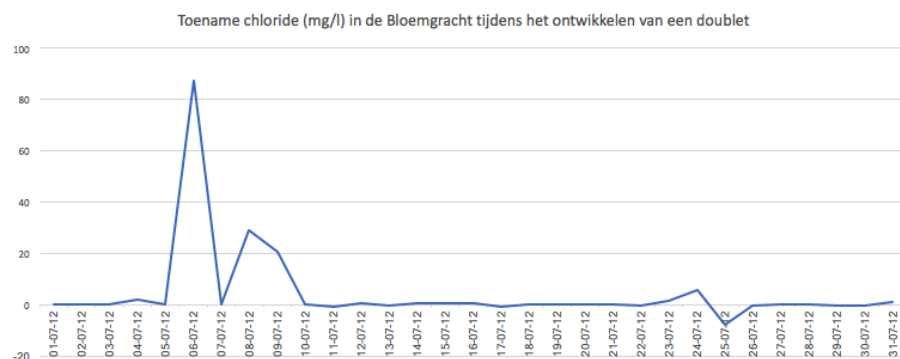
Figuur 27: maximale kwantitatieve bijdrage ontwikkeloosing scenario 2

Figuur 28: maximale kwantitatieve bijdrage onderhoudslozingen scenario 2

Kwalitatieve bijdrage

In dit scenario is het niet relevant om de verhoging van de gemiddelde concentratie in de zomer van het waterlichaam te bepalen. Het betreft hier immers de effecten die optreden gedurende een korte periode in een smalle gracht (Bloemgracht). SOBEK berekent een maximale toename van chloride van 102 mg/l in deze gracht. Voor totaal-stikstof bedraagt de maximale concentratie op een bepaalde locatie 0,043 mg N/l. Dit is niet nabij de Bloemgracht maar ter hoogte van de Herengracht. Deze geringe verhoging op een locatie welke niet direct met de Bloemgracht in verbinding staat zal door een andere bron zijn veroorzaakt. Totaal-fosfor is in het verlengde van de Bloemgracht, ter hoogte van de Hugo de Grootkade, het meest verhoogd (0,023 mg P/l). Deze toenames, tijdens onderhoud, duren voor elke parameter maar één dag.

Gedurende het ontwikkelen van een doublet is op dag 6, 8 en 9 een kwalitatieve toename berekend van respectievelijk 87, 29 en 20 mg/l chloride. Op dag 7 van de ontwikkeling en de overige dagen is er geen toename zichtbaar (figuur 29). Van de andere twee parameters is tijdens het ontwikkelen geen toename berekend.



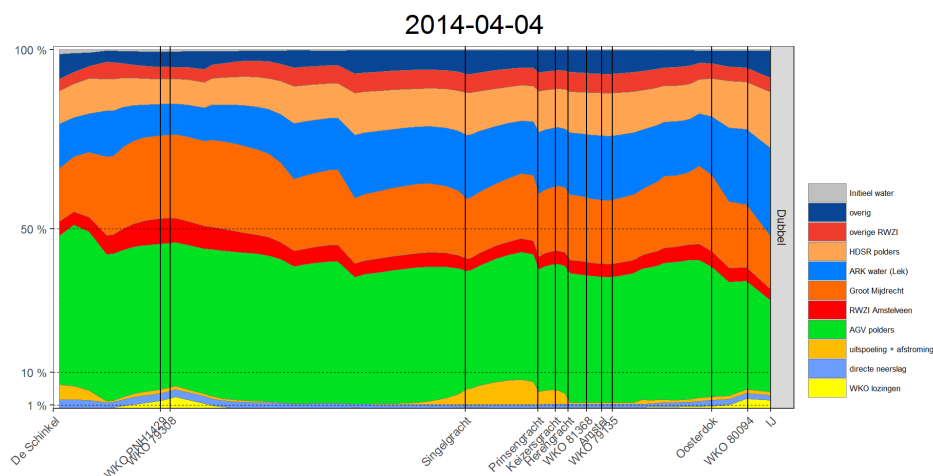
Figuur 29: de maximale concentratietoename chloride in de Bloemgracht tijdens het ontwikkelen van een doublet

Scenario 3: verdubbeling naar 24 bodemenergiesystemen

Alle relevante figuren voor dit scenario zijn in bijlage 11, 15, 19 en 22 opgenomen.

Kwantitatieve bijdrage

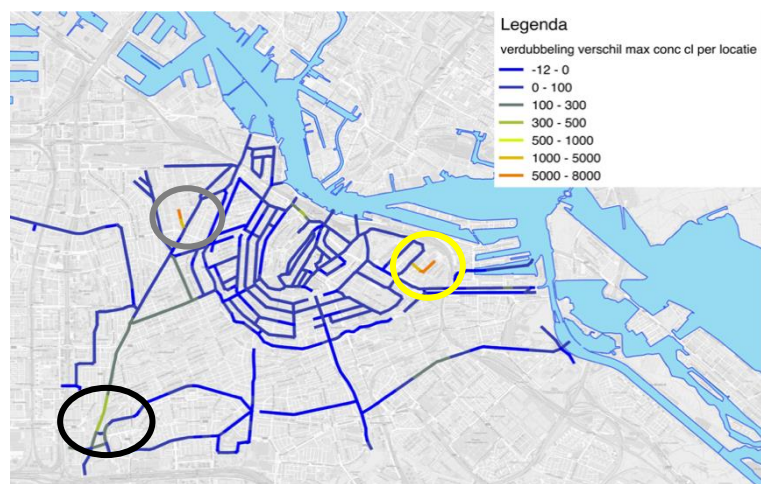
Het resultaat van dit scenario heeft betrekking op de lozingen tijdens onderhoud van 24 bodemenergiesystemen en extra lozingen in verband met het ontwikkelen van vier nieuwe bodemenergiesystemen. De best waarneembare fractie is te zien op 4 april 2014 (figuur 30), voornamelijk in de Schinkel en nabij het Centraal Station. In dit geval gaat het om de kwantitatieve bijdrage tijdens onderhoud en deze is ca. 3%. Na 10 dagen ligt de bijdrage beneden 1% en na 20 dagen is de gehele fractie uit het waterlichaam verdwenen. In de perioden waar de ontwikkellozingen plaatsvinden is geen fractie zichtbaar. De locaties van deze lozingen vinden op groter water plaats waardoor niet hetzelfde effect optreedt zoals dat in een smalle gracht (Bloemgracht) enigszins wel gebeurt.



Figuur 30: maximale kwantitatieve bijdrage onderhoudslozingen scenario 3

Kwalitatieve bijdrage

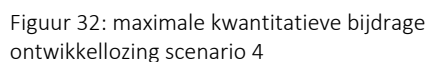
De gemiddelde zomerconcentratie chloride neemt in dit scenario toe met 31 mg/l. Voor totaal-stikstof en totaal-fosfor is dit respectievelijk 0,018 en 0,0002 mg/l. De gebieden (figuur 31) met hoge maximale concentraties zijn berekend ter hoogte van doodlopende grachten zoals de Schinkel (zwarte cirkel), de Oostelijke Marktkanaal (grijze cirkel) en de Oosterburgervaat (gele cirkel). Ook in meer delen van het waterlichaam komen hogere maximale waarden voor. De figuren (bijlage 19) voor totaal-stikstof en totaal-fosfor laten op deze locaties ook de hoogste waarden zien. Net als in scenario 1 is berekend hoe lang deze hoge waarden in het oppervlaktewater merkbaar zijn. Hieruit volgt dat tijdens de start van de eerstvolgende onderhoudslozing er nog ca. 2000 mg chloride per liter op die locaties aanwezig zijn. Totaal-stikstof is tot drie maanden na start van de lozing op die plekken verhoogd. De maximale waarde totaal-fosfor is telkens maximaal enkele dagen verhoogd aangetroffen.



Figuur 31: maximale toename zomerconcentratie chloride per locatie scenario 3

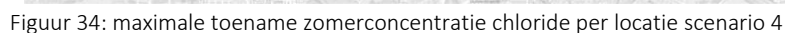
Alle relevante figuren voor dit scenario zijn in bijlage 12, 16, 20 en 23 opgenomen.

Het resultaat van dit scenario heeft betrekking op de lozingen tijdens onderhoud van 48 bodemenergiesystemen en extra lozingen in verband met het ontwikkelen van elf nieuwe bodemenergiesystemen. Alle 48 bodemenergiesystemen zijn over Amsterdam verdeeld en tijdens elk onderhoud is dit over de gehele dwarsdoorsnede van Amsterdam waarneembaar. Dit is vooral merkbaar tijdens de voorjaarslozing in april 2014 (figuur 33). De kwantitatieve bijdrage ligt dan maximaal rond de 6%. Een maand later is de bijdrage gedaald tot beneden 1% en blijft de fractie gedurende de zomer zichtbaar. In scenario 2, 3 en 4 is een ontwikkellozing met telkens dezelfde capaciteit gemodelleerd. Echter in dit scenario (4) is in juli 2013 een duidelijke toename in de fractie nabij de Hobbemakade te zien (figuur 32). Dit komt waarschijnlijk omdat voor deze lozing minder neerslag is gevallen en er nog een deel van de onderhoudslozing aanwezig is.



Figuur 33: maximale kwantitatieve bijdrage onderhoudslozingen scenario 4

De gemiddelde toename van de achtergrondwaarde in de zomer ligt voor chloride op 74 mg/l, voor totaalstikstof op 0,058 mg N/l en voor totaal-fosfor op 0,0003 mg P/l. De maximale concentraties chloride zijn, naast de doodlopende grachten, op veel meer locaties aanwezig (figuur 34). In de grachten aan de rand van het waterlichaam, zoals de Schinkel en de Kostverlorenvaart in Amsterdam West en de Ringvaart en Oosterdok in Amsterdam Oost, lopen de concentraties chloride hoog op. In deze delen van het waterlichaam komen in verhouding meer afvalwaterlozingen terecht dan in bijvoorbeeld de grachtengordel. Net als in scenario 1 en 3 is bekeken hoe lang deze hoge waarden in het oppervlaktewater merkbaar zijn. Deze resultaten komen overeen met de resultaten van scenario 3.



De resultaten van alle scenario's staan in de tabellen hieronder overzichtelijk weergegeven. Tabel 13 geeft de maximale kwantitatieve bijdrage op een bepaalde tijd weer. Ook staat in deze tabel de gemiddelde concentratietoename in de zomer. Tabel 14 is gericht op de maximale concentratietoenames en de duur daarvan. Dit vindt plaats op één bepaalde locatie/segment met de maximaal hoogste gemeten waarde over 2012 t/m 2014. De duur is bepaald door per dag te bepalen wat de hoogste waarde is.

Tabel 13: resultaten per scenario (kwantitatieve bijdrage en gemiddelde concentratietoename per parameter)

Scenario	Kwantitatieve bijdrage maximaal		Gemiddelde concentratietoename per dag in de zomer in mg/l*		
	Ontwikkelen	Onderhoud	Chloride	Totaal-stikstof	Totaal-fosfor
1) huidige aantal	nvt	Ca. 3%	12	0,007	0,0001
2) 1 systeem	Ca. 1%	Ca. 4%	nvt	nvt	nvt
3) verdubbeling	0%	Ca. 3%	31	0,018	0,0002
4) verviervoudiging	Ca. 5%	Ca. 6%	74	0,058	0,0003

* Voor het gehele watersysteem

Tabel 14: resultaten per scenario (hoogste maximale concentratietoename inclusief de duur)

Scenario	Hoogste maximale concentratietoename op een bepaald tijdstip op een locatie (mg/l)			Duur van de hoogste maximale concentratie		
	Chloride	Totaal-stikstof	Totaal-fosfor	Chloride	Totaal-stikstof	Totaal-fosfor
1) huidige aantal	7080	7,95	0,175	> 6 maanden	1,5 - 2 maanden	1 tot enkele dagen
2) 1 systeem	102	0,043	0,023	2 dagen	1 dag	1 dag
3) verdubbeling	8200	7,67	0,079	> 6 maanden	2- 2,5 maand	1 tot enkele dagen
4) verviervoudiging	8220	7,67	0,079	> 6 maanden	2,5 maand	1 tot enkele dagen

Tabel 15 geeft een overzicht van de huidige waterkwaliteit, de GEP-waarde uit de KRW-factsheet en de zomergemiddelde waarden aan per scenario. In de laatste kolom staat de toetsing aan de GEP-waarde als gevolg van de (extra) afvalwaterlozingen vanuit de open bodemenergiesystemen.

Tabel 15: overzicht huidige waterkwaliteit en de toetsing aan de GEP-waarde in verschillende scenario's

Scenario	Huidige waterkwaliteit in zomer (mg/l)	GEP-waarde KRW-factsheet (mg/l)	Zomer-gemiddelde concentratie (mg/l) Scenario 1	Zomer-gemiddelde concentratie (mg/l) Scenario 3	Zomer-gemiddelde concentratie (mg/l) Scenario 4	Overschrijding GEP door gemodelleerde lozingen
Chloride	298	300	310	329	372	Ja, scenario 1,3,4
Totaal-stikstof	2,97	3,80	2,98	2,99	3,03	Nee
Totaal-fosfor	0,41*	0,12	0,41	0,41	0,41	Nee

* reeds overschrijding GEP-waarde

Indirecte beïnvloeding van de concentratie

SOBEK en het boezemmodel zijn gevalideerd en gecorrigeerd aan werkelijk gemeten monsters van het oppervlaktewater. Theoretisch kan hier een bijdrage aanwezig zijn van een bodemenergiesysteem dat vlak daarvoor heeft geloosd. Door het uitgebreide bemonsteringsmeetnet (figuur 14) waaraan is gevalideerd, de meerjarige meetperiode, de goede doorstroming en de geringe toename als gevolg van de bestaande bodemenergiesystemen zal de achtergrondwaarde hierdoor niet significant zijn beïnvloed.

Gevoeligheid SOBEK

SOBEK rekent met de gevalideerde gegevens van het boezemmodel. Dit model rekent met grote hoeveelheden (miljoenen kuubs) inkomend en uitgaand water. De relatief kleine hoeveelheid afvalwater gedurende het onderhoud dat tijdens elk scenario's op diverse locaties in het systeem terecht komt zijn alsnog kwantitatief en kwalitatief waarneembaar. In scenario 2 is een ontwikkelozing en in een andere periode tweemaal twee onderhoudslozingen gemodelleerd. Hierbij is de onderhoudslozingen op een tijdsduur van 5 uur gezet en de ontwikkelozingen op 2 uur. Het verschil hiertussen is kwantitatief waarneembaar zoals uit de resultaten blijkt. Uit de kwaliteitsberekeningen, met de waterkwaliteitsmodule Delwaq, berekent SOBEK ook een toename. Ondanks dat het gering is laat het programma zien dat het ook kleine verandering kan berekenen.

Dichtheidsverschillen

SOBEK houdt geen rekening met dichtheidsverschillen van het water. Het programma gaat uit van volledige menging van verschillende soorten water. Indien de gemiddelde achtergrondconcentratie (ca. 300 mg/l) chloride in het oppervlaktewater aanwezig is en daar een zoute afvalwaterlozing van ca. 9000 mg/l aan toe wordt gevoegd is er een verschil in dichtheid. De dichtheid van beide concentraties zijn daarom met behulp van de website van Mettler Toledo uitgerekend (Mettler Toledo, 2017). Het verschil bedraagt 7,7 kg/m³, ca. 0,8%. De grachten van Amsterdam zijn niet diep. Volgens de leggerkaarten van AGV is de diepte ca. 2,5 tot 3,5 meter. Gelet op de diepgang van de beroeps- en recreatievaart vindt geregeld menging van het oppervlaktewater plaats als gevolg van het schoepenwiel van de motoren. Daarnaast stromen de grachten met een debiet van ca. 2 m³/s door richting het IJ. Het geloosde water zal daarom niet continu op het diepste punt van de bodem achterblijven. Alle lozingen vanuit de bodemenergiesystemen vinden plaats aan de zijkant van het water. Het onderwaterprofiel is hier meestal ondiep en schuin waardoor het water met een hogere dichtheid richting het midden van de gracht zal afvloeien. Juist in het midden van de grachten varen veel boten die het water omwervelen. Ook zal door de vaarbeweging het water vanaf de kanten naar het midden worden getrokken. Het ontstaan van stagnante zoute bellen als gevolg van de lozingen vanuit de bodemenergiesystemen wordt daarom niet verwacht.

5

Conclusies en aanbevelingen

5. Conclusies en aanbevelingen

Conclusies

Afvalwater van de bodemenergiesystemen

Binnen het waterlichaam Vaarten Amsterdam zijn momenteel 130 open bodemenergiesystemen aanwezig. De capaciteit van deze systemen varieert van 10 tot meer dan 1600 m³/uur. De open delen van de bronnen van deze systemen staan afgesteld tussen 50 en 200 meter beneden het maaiveld. Op deze diepte is het grondwater brak tot zout en bevat hoge waarden van een tal van stoffen. Dit geldt ook voor chloride, stikstof- en fosforverbindingen die van nature in het grondwater aanwezig zijn. Op deze diepte onder Amsterdam bedraagt het chloridegehalte in het grondwater gemiddeld 7050 mg/l. Voor totaal-stikstof en totaal-fosfor is dit respectievelijk 8 en 0,2 mg/l.

Waterkwaliteit en de KRW

Volgens de KRW-factsheets was in 2015 de biologische toestand van het oppervlaktewaterlichaam Vaarten Amsterdam nog niet op orde. Dit heeft onder andere te maken met de geringe aanwezigheid van waterplanten en hoge concentraties van algemeen fysische parameters zoals totaal-fosfor en chloride. De huidige gemiddelde waterkwaliteit (2014 t/m 2016) in de zomer is net voldoende voor chloride (298 mg/l), voldoende voor totaal-stikstof (2,97 mg /l), maar onvoldoende voor totaal-fosfor (0,41 mg/l). Het waterschap zal daarom maatregelen moeten blijven treffen om te voldoen aan de KRW in 2027.

Lozingsroutes

Van de huidige 130 bodemenergiesystemen in het onderzoeksgebied lozen tijdens onderhoudsperioden tien direct en twee indirect via het hemelwaterriool op het oppervlaktewater. Ca 30% wordt teruggebracht in de bodem. Dit percentage loopt op tot 50% indien de systemen waarvan men nog moet bepalen waar de lozing plaatsvindt niet worden meegeteld. De landelijke voorkeursvolgorde voor deze lozingen is; 1) in de bodem (retourfilter of retourbron), 2) oppervlaktewater, 3) schoonwaterriool, 4) vuilwaterriool en 5) externe verwerker (per as). De lozingsroutes van deze 130 systemen komen overeen met deze landelijke voorkeursvolgorde. Alleen de veertien stuks waarvan het afvalwater per as naar een verwerker wordt gebracht is vanuit het oogpunt van het milieu te veel.

Scenario 1:

SOBEK heeft voor de huidige twaalf bodemenergiesystemen een kwantitatieve bijdrage berekend van maximaal 3% die na twee weken geheel uit het waterlichaam is verdwenen. Dit is in het geval wanneer alle twaalf systemen op dezelfde onderhoudsdag beginnen met lozen. In de werkelijkheid heeft elke eigenaar van een systeem een onderhoudscontract waarbij de onderhoudsmonteur of facilitair medewerker de juiste datum bepaalt. In de praktijk vinden deze lozingen niet gelijktijdig plaats. Sommige onderhoudslozingen zijn in de berekende periode door de neerslag nauwelijks zichtbaar.

In dit scenario nemen de gemiddelde concentraties van totaal-stikstof en totaal-fosfor in de zomer nauwelijks toe. Voor de huidige waterkwaliteit en het halen van de waterkwaliteitsdoelen geven deze parameters geen problemen. SOBEK berekent voor chloride voor het gehele waterlichaam een gemiddelde maximale toename in de zomer van 12 mg/l. De huidige gemiddelde concentratie chloride bedraagt 298 mg/l. Indien de omstandigheden en het aantal lozingen gelijk blijven zal theoretisch de GEP-waarde van 300 mg/l in 2027 worden overschreden. Gelet op de fluctuaties van de reguliere chlorideconcentraties heeft deze gemiddelde verhoging in het gehele waterlichaam geen negatieve gevolgen voor de waterkwaliteit en de in het water levende organismen. Echter, SOBEK kan over de gemodelleerde periode per segment van het waterlichaam de hoogst aanwezige concentratie op een bepaald tijdstip berekenen. Het programma laat zien dat dit voornamelijk optreedt in één doodlopende gracht. Deze hoge concentraties van chloride en totaal-stikstof zijn niet kortdurend, maar maanden aanwezig in deze doodlopende gracht. Hierdoor zijn er wel gevolgen voor de ecologie. Chloride en totaal-stikstof overschrijden namelijk de maximale concentraties waarbij de drie soorten waterplanten in Amsterdam nog kunnen overleven. Ook overschrijdt het de JG-MKN en de MAC-MKN van die twee parameters en vermindert het de kans op het ontwikkelen en overleven van andere organismen in de trofische niveaus.

Scenario 2:

Het modelleren van een lozing vanuit één bodemenergiesysteem op een smalle gracht geeft het korte termijn-effect op een bepaalde locatie weer. Tijdens het ontwikkelen van een bron vindt regelmatig op maximaal debiet een lozing plaats. Dit gebeurt bij de ontwikkelstap juttieren, intermitterend pompen en de capaciteitsproef. De capaciteitsproef duurt meestal twee uur. Een gemiddelde onderhoudslozing maar één uur. Omdat in dit scenario nauwelijks een kwantitatieve bijdrage waarneembaar is tijdens de gehele ontwikkelperiode van deze bron zal dit voor een gemiddelde onderhoudslozing van één uur ook het geval zijn. Ook kan worden geconcludeerd dat niet elke worst-case onderhoudslozing van vijf uur zichtbaar is in het boezemstelsel. Echter uit de kwaliteitsberekeningen volgt wel enige toename. Gedurende het ontwikkelen van één bodemenergiesysteem komt op drie dagen een lichte verhoging van de achtergrondconcentratie naar voren. Het programma berekent voor totaal-stikstof en totaal-fosfor zeer geringe, nauwelijks meetbare, verhoogde waarden. Er is echter geen duidelijk verband aantoonbaar tussen de hoeveelheid afvalwater in een bepaalde ontwikkelstap en de concentratietoename in het ontvangende oppervlaktewater. De maximale toename voor chloride in de Bloemgracht is 102 mg/l en is het gevolg van een onderhoudslozing van vijf uur. De geringe kwantitatieve en kwalitatieve toenames in dit scenario hebben geen gevolgen voor de ecologie of de aanwezige waterplanten, omdat 'van nature' vaker hogere concentraties in de grachten aanwezig zijn.

Scenario 3

Indien de bodemenergiesystemen verdubbelen in aantal, en dit ook voor de lozingen geldt, verdubbelt de maximale kwantitatieve bijdrage niet. Deze blijft ongeveer net zo groot als in scenario 1, maar is wel tweemaal zo lang aanwezig. Daarbij is er nauwelijks een concentratietoename in de zomer voor totaal-stikstof en totaal-fosfor. Chloride neemt in de zomer gemiddeld met 31 mg/l toe. Samen met de al aanwezige achtergrondconcentratie zal ook in dit scenario theoretisch de GEP-waarde in 2027 worden overschreden. Uiteraard bij gelijke omstandigheden. De gemiddelde toename chloride in het gehele watersysteem heeft geen negatieve gevolgen voor de waterkwaliteit en de in het water levende organismen.

De maximale concentratietoename op een bepaald tijdstip geldt nu op meerdere segmenten en doodlopende grachten. De hoge concentraties chloride en totaal-stikstof zijn maanden aanwezig in of nabij de doodlopende grachten. In sommige niet doodlopende grachten neemt chloride tijdelijk toe met ca. 300 mg/l. Meer lozingen geven dus inzicht in de knelpunten van het boezemstelsel. Net als in scenario 1 is dit in de doodlopende grachten schadelijk voor de ecologie en ecologisch herstel. Opvallend is dat in de grachtengordel minder hoge maximale concentraties worden berekend. Dit komt waarschijnlijk door de hoeveelheid oppervlaktewater in relatie tot het aantal lozingen en de continue aanvoer van de Amstel. Deze spoelt de grachtengordel door.

Scenario 4

Zal het aantal bodemenergiesystemen explosief stijgen en de afvalwaterlozingen verviervoudigen is dit in kwantitatieve zin duidelijker waarneembaar. De hoogst berekende fractie van de onderhoudslozingen verdubbeld ten opzichte van de huidige situatie en verspreid zich over het gehele waterlichaam. Een onderhoudslozing in het voorjaar blijft de gehele zomer zichtbaar. In tegenstelling tot de andere scenario's is hier wel een ontwikkellozing wel duidelijk waarneembaar. Dit is veroorzaakt door de geringe neerslag en afvoer in de periode voorafgaand aan deze lozing. Ook kan dit veroorzaakt zijn door de aanwezigheid van fractie van de eerdere onderhoudslozing.

Het gehalte chloride neemt in de zomer gemiddeld met 74 mg/l toe. Indien de omstandigheden gelijk blijven, en de berekende toename bovenop de huidige gemiddelde concentratie chloride (298 mg/l) komt, zal dit theoretisch in 2027 ook boven de GEP-waarde uitkomen. Gelet op de genoemde chloridetolerantie van de in de Deltafact genoemde organismen zal deze verhoging niet direct leiden tot ecologische schade. Echter, de maximale toegenomen concentratie chloride per segment die gedurende de berekende periode zijn opgetreden geven aanleiding tot problemen. In segmenten over het gehele waterlichaam worden zeer hoge toenames berekend. Dit geldt dus niet alleen voor de doodlopende grachten. Deze concentraties leiden tot schade aan de ecologie en uiteindelijk niet tot een goede ecologische toestand van het water.

Eindconclusie

Het waterlichaam Vaarten Amsterdam voldeed in 2015 nog niet aan de KRW-doelen. De prognose is dat dit in 2027 wel het geval is. De lozingen afkomstig van huidige bodemenergiesystemen kunnen hier invloed op hebben. Uit de berekeningen met SOBEK blijkt dat voor de huidige en toekomstige lozingen de gemiddelde concentratie in de zomer voor alle onderzochte parameters wordt verhoogd. Voor totaal-stikstof en totaal-fosfor zijn de gemiddelde toenames verwaarloosbaar, maar voor chloride is het significant. Daarbij moet wel rekening worden gehouden dat telkens worst-case is gerekend, dus met hoge concentraties, onderhoudslozingen op dezelfde dag en een lange lozingsduur. Bij gelijke omstandigheden zal deze chloridetoename, samen met de huidige hoge achtergrondconcentratie, in theorie de GEP-waarde in 2027 overschrijden. Deze toename in de zomer zal niet leiden tot schade aan de ecologie, omdat de organismen vaker grotere concentratieverschillen ondervinden in de grachten.

Ter hoogte van de doodlopende grachten treden in elk scenario, behalve het scenario met één bodemenergiesysteem, hoge concentraties op. Deze concentraties zijn hoger dan de tolerantieniveaus van de flora en fauna die in het water leven. Dit is dus schadelijk voor de ecologie en moet daarom worden voorkomen. Bij een verdubbeling van het aantal lozingen worden meer knelpunten in het boezemstel zichtbaar. In het scenario waarbij er viermaal zoveel lozingen op het oppervlaktewater uitkomen zijn over het gehele waterlichaam hoge toenames in de chlorideconcentratie berekend. Hier leidt een verhoogde fysische parameter (chloride) tot een slechte ecologische toestand van het oppervlaktewater. Volgens de KRW mag een waterlichaam niet in toestand achteruitgaan. Bij een verviervoudiging van het aantal lozingen is dit zeker het geval.

De conclusie van dit onderzoek is dat de onderhoudslozingen van de huidige bodemenergiesystemen voor de parameters chloride, totaal-stikstof en totaal-fosfor geen blijvend negatief effect hebben op de huidige waterkwaliteit van het waterlichaam Vaarten Amsterdam. Ook de lozingen tijdens het ontwikkelen van bronnen geven geen aanleiding tot waterkwaliteitsproblemen. Deze lozingen zijn vaak niet kwantitatief zichtbaar en SOBEK berekent hiervoor nauwelijks concentratieverhogingen. Als bodemenergiesystemen blijven toenemen, en er geen andere lozingsroute dan het oppervlaktewater mogelijk is, moet men per geval bekijken wat de geschikte locatie en lozingsperiode is. Hierdoor blijft het mogelijk de duurzame ontwikkelingen op het gebied van bodemenergie door te zetten en komen de KRW-doelen niet in gevaar.

Aanbevelingen

De gevolgen voor het oppervlaktewater in Amsterdam, tijdens het lozen vanuit bodemenergiesystemen, zijn met dit onderzoek duidelijk geworden. Beleidsmakers kunnen deze resultaten gebruiken bij het opstellen van nieuw beleid of het ondersteunen van het huidige beleid. In de huidige landelijke milieuwetgeving is de Ladder van Lansink nog steeds actueel. Dit principe gaat uit van het voorkomen van afval en zo nodig hergebruiken van afvalstoffen. Pas nadat dit niet meer mogelijk is kan het gestort c.q. geloosd worden waarbij men rekening houdt met de best beschikbare technieken en het milieucompartiment waarin het terechtkomt. Het voorkomen van CO₂-uitstoot door het toepassen van bodemenergiesystemen zorgt uiteindelijk voor een afwenteling op een ander milieucompartiment. In dit geval het water. De maatschappij moet hierin de juiste afweging blijven maken. Om hier richting aan te geven wordt aanbevolen om de huidige trend, het in de bodem terugbrengen van afvalwater van bodemenergiesystemen, door te zetten. Een extra bron of bronfilter aanleggen kan vanuit economisch oogpunt niet interessant zijn, maar is wel nodig om te voorkomen dat deze afvalwaterlozingen in de toekomst de waterkwaliteit beïnvloeden.

Door het modelleren van één bodemenergiesysteem blijkt dat negatieve effecten, van zowel de ontwikkelozing als de onderhoudslozing van normale omvang en duur, uitblijven. Echter voor deze lozingen geldt het landelijke beleidsinstrument, de Emissie-Immissietoets. Deze toets richt zich op de gevolgen van de lozingen in en aan de rand van de mengzone. Hieruit volgt de aanbeveling aan de vergunningverleners van de waterschappen om dit instrument te blijven gebruiken en de afvalwaterlozingen zoveel mogelijk gebufferd te lozen. Dit is gunstig voor de uitkomst van de Emissie-Immissietoets, en daarmee het toestaan van de lozing. Hierdoor houdt men rekening met aquatisch ecologie en de waterkwaliteitsdoelen op lange termijn.

Het Amsterdamse grachtenstelsel bevat enkele doodlopende wateren. Uit de modellering blijkt dat het lozen in de nabijheid van die wateren voorkomen moet worden. Voor lozingsvergunningen die men in de toekomst verleent is het ook aan te bevelen om een gunstigste periode als voorschrift op te nemen. Dit betreft dan de periode vlak voor april en vlak na oktober. Hierdoor zal het oppervlaktewater tijdens het groeiseizoen en de drogere zomerperiode worden ontzien. Ook is gebleken dat het lozen in of vlak na regenachtige perioden zorgt voor het goed verdunnen en versneld afvoeren van de geloosde vracht aan stoffen. Dit in een vergunningvoorschrift vastleggen is naderhand praktisch slecht na te leven, omdat zuiveringstechnische voorzieningen op tijd moeten worden besteld. Aan de marktpartijen kan wel worden gevraagd hier rekening mee te houden.

Afvalwater afvoeren per as zorgt voor extra CO₂-uitstoot. Het is aan te bevelen om dit afvalwater gezuiverd en met een laag debiet te lozen in een groot ontvangend oppervlaktewater. De handhavings-teams en vergunningverleners van Waternet en de Omgevingsdienst kunnen hier een rol in spelen. Tevens wordt aanbevolen om tijdens een afvalwaterlozing vanuit een bodemenergiesysteem in het ontvangende oppervlaktewater het zoutgehalte te monitoren. Dit kan met behulp van enkele boten met daaraan diverse EGV-meters. Op deze wijze kan men de zoutgradiënt bepalen en eventuele stagnante zouten bellen detecteren. Ook wordt aanbevolen om kritisch naar de monitoringspunten voor de KRW voor het waterlichaam Vaarten Amsterdam te kijken. Indien deze zich bevinden nabij doodlopende grachten of minder goed doorlopende grachten dan kan dit een vertekend beeld weergeven van de waterkwaliteit van dit waterlichaam.

De GEP-waarden van de drie onderzochte parameters zijn algemeen bepaald. Dat wil zeggen dat ze niet specifiek zijn afgeleid vanuit de eigenschappen van dit waterlichaam maar dat ze algemeen zijn afgeleid voor dit type waterlichaam. De waterkwaliteit van dit waterlichaam van de afgelopen jaren, met een overschrijding van de GEP voor totaal-fosfor en een chlorideconcentratie die nagenoeg gelijk is aan de GEP, impliceert al dat dit andere eigenschappen heeft. Gevolg is dat door elke toekomstige lozing de GEP wordt overschreden (chloride) of dat er geen ruimte meer over is voor ontwikkelingen omdat de GEP al is overschreden (totaal-fosfor). Hieruit volgt de aanbeveling voor Waternet, afdeling Waterplannen en Besturing om KRW-doelen in de vorm van reële GEP-waarden vast te leggen.

Voor een goed inzicht in de effecten van deze bodemenergiesystemen op de waterkwaliteit is het aan te bevelen om elke drie jaar in SOBEK het model te laten rekenen. Daarin moeten dan werkelijke concentraties en lozingsperioden van de dan aanwezige bodemenergiesystemen worden gemodelleerd. Ook kan dit dan worden gericht op andere parameters dan degene van dit onderzoek. Hierdoor blijven deze type afvalwaterlozingen in beeld en kan toekomstig beleid daarop worden aangepast.

Literatuurlijst

- Aalten, T. (2017, juli 4). (K. Wijtenburg, Interviewer)
- AGV. (2016). *Waterbeheerplan 2016-2021*. Waterschap Amstel, Gooi en Vecht. Waternet.
- AGV. (2017). *Ons gebied*. Opgeroepen op mei 2017, van AGV.nl.
- Arcadis. (2007). *Toetsen en beoordelen biologische kwaliteitselementen*.
- Barendregt, A. (1990). *Milieu-indicatiewaarden van water- en oeverplanten in Noord-Holland*. Interfacultaire Vakgroep Milieukunde.
- Betavak.nl. (2016). *Bepaling van het ammonium-, nitriet- en nitraatgehalte van water*. Opgeroepen op november 13, 2017, van Betavak.nl: <http://www.betavak.nl/biologie/stikstof.htm>
- CBS. (2015, oktober 9). *Gebruik van warmte uit bodem in 5 jaar verdubbeld*. Opgeroepen op september 19, 2017, van www.cbs.nl: <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2015/41/gebruik-van-warmte-uit-bodem-in-5-jaar-verdubbeld>
- Chandoe, E. (2017). *Onderzoek naar de naleving van de Kaderrichtlijn Water door de waterschappen*.
- Clo. (2012). *Europese Kaderrichtlijn Water*. Opgeroepen op september 28, 2017, van Compendium voor de leefomgeving: <http://www.clo.nl/indicatoren/nl141203-kaderrichtlijn-water>
- Clo. (2014). *Europese Kaderrichtlijn Water*. Opgeroepen op september 27, 2017, van Compendium voor de leefomgeving: <http://www.clo.nl/indicatoren/nl1412-kaderrichtlijn-water>
- Deltares. (2016). Delft-Fews. Delft, Nederland.
- Deltares. (2017). *Conversion EC to Chloride*. Opgeroepen op oktober 22, 2017, van <https://publicwiki.deltares.nl>: <https://publicwiki.deltares.nl/display/ZOETZOUT/Conversion+EC+to+Chloride>
- Deltares. (2017). *SOBEK Suite*. Opgeroepen op mei 10, 2017, van [Deltares.nl](http://www.deltares.nl): <https://www.deltares.nl/nl/software/sobek-suite/>
- DMBO. (2017). *Warmtekoedeopslag (WKO) in de bodem*. Opgeroepen op september 20, 2017, van <https://www.duurzaambo.nl/>: <https://www.duurzaambo.nl/warmtekoedeopslag-wko>
- Duurzaam Gebouwd. (2015). *Hoe wordt een WKO-eindgebruiker een goede opdrachtgever?* Opgeroepen op april 25, 2017, van [Duurzaamgebouwd.nl](http://www.duurzaamgebouwd.nl): <https://www.duurzaamgebouwd.nl/society/20151118-hoe-wordt-een-wko-eindgebruiker-een-goede-opdrachtgever>
- Ecensy. (2017). *onderdelen-wko*. Opgeroepen op september 19, 2017, van <http://warmtekoedeopslag.info>: <http://warmtekoedeopslag.info/wko/onderdelen-wko/>
- GBO Provincies. (2017). *LGROnline*. Opgeroepen op oktober 25, 2017, van Het Landelijk Grondwater Register: <https://www-new.lgronline.nl/lgr-webclient/>
- Gemeente Amsterdam. (2014). *Jaarverslag Klimaat en Energie 2013*. Amsterdam.
- Gemeente Amsterdam. (2017). *Koers 2015*. Opgeroepen op oktober 22, 2017, van <https://www.amsterdam.nl/>: <https://www.amsterdam.nl/bestuur-organisatie/volg-beleid/koers-2025-amsterdam/>
- Gerven, J. V. (2012). *Verzilting, klimaatverandering en de Kaderrichtlijn Water*. Kennis voor Klimaat. Alterra.
- GNU. (2017). QGIS. 2.18.9. GNU General Public License.
- IEA. (2016). *Key World Energy Statistics*. International Energy Agency.
- If Technology. (2016, januari 22). *elektriciteit-uit-geothermie*. Opgeroepen op september 19, 2017, van <http://www.iftechnology.nl/>: <http://www.iftechnology.nl/elektriciteit-uit-geothermie-1>
- ILT. (2017). *ILT-brede risicoanalyse*. Inspectie voor de leefomgeving en Transport.
- Informatiehuis Water. (2017). *Factsheets AGV*. Opgeroepen op mei 19, 2017, van [waterkwaliteitsportaal.nl](http://www.waterkwaliteitsportaal.nl): https://www.waterkwaliteitsportaal.nl/Factsheets/December2015Publiek/Oppervlaktewater/factsheet_OW_11_Hoogheemraadschap_Amstel_Gooi_en_Vecht_2015-11-10-02-52-28.pdf
- Informatiehuis Water. (2017). *Waterkwaliteitsportaal.nl*. Opgeroepen op juni 10, 2017, van [Waterkwaliteitsportaal](http://www.waterkwaliteitsportaal.nl): <https://www.waterkwaliteitsportaal.nl/Beheer/Rapportage/Publiek?viewName=Factsheets&jaar=2015&maand=December>
- Informatiehuis Water. (2017). *Waterkwaliteitsportaal*. Opgeroepen op september 28, 2017, van [Waterkwaliteitsportaal](http://www.waterkwaliteitsportaal.nl): <https://www.waterkwaliteitsportaal.nl>
- Jones, N. (2017, januari 26). *How the World Passed a Carbon Threshold and Why It Matters*. Opgeroepen op augustus 23, 2017, van Yale Environment 360: <https://e360.yale.edu/features/how-the-world-passed-a-carbon-threshold-400ppm-and-why-it-matters>

- KNW. (2016, november 8). *Bodemenergie & Drinkwaterwinningen*. Opgeroepen op oktober 23, 2017, van www.H2Owaternet.nl: <https://www.h2owaternet.nl/vakartikelen/713-bodemenergie-drinkwaterwinningen>
- Meijer, H. (2017, augustus 15). (K. Wijtenburg, Interviewer)
- Mettler Toledo. (2017). *Sodium Chloride*. Opgeroepen op december 4, 2017, van Mettler Toledo: https://www.mt.com/us/en/home/supportive_content/concentration-tables-ana/Sodium_Chloride_de_e.html?smartRedirectEvent=true
- Milieudienst Amsterdam. (2002). *Energie-opslag in de bodem en de afvoer van brak grondwater*.
- Ministerie van I&M. (2013). *Lozingen bij aanleg en onderhoud van bodemenergiesystemen*.
- Ministerie van Infrastructuur en Milieu. (2017). *Gesloten bodemenergiesysteem*. Opgeroepen op september 19, 2017, van <https://www.infomil.nl>: <https://www.infomil.nl/onderwerpen/integrale/activiteitenbesluit/activiteiten/installaties/bodemenergiesysteem/>
- Moes, M. (2017). *lijst WKO's beheersgebied Waternet*.
- Moria, L. (2017). *Huidige waterkwaliteit*. Amsterdam.
- Nederlof, H. (2017). *Info WKO's provincie Noord-Holland*.
- Olsthoorn, T. e. (2010). *Combinatie van WKO en kwaliteitsverbetering van grachtwater*. Waternet/TU Delft.
- Ponten, J. (2017). *EC-totaal 2008 -huidig*. Provincie Noord-Holland. (2017). *WKO's in beheergebied AGV*.
- Rijksoverheid. (2017). *KRW*. Opgeroepen op september 27, 2017, van <https://www.helpdeskwater.nl/>: <https://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/wetgeving-beleid/kaderrichtlijn-water/>
- Rijksoverheid. (2017). *Overheid.nl*. Opgeroepen op december 8, 2017, van [Rijksoverheid.nl](http://wetten.overheid.nl/zoeken): <http://wetten.overheid.nl/zoeken>
- Rijksoverheid.nl. (2017). *WKO Tool Nederland*. Opgeroepen op mei 2, 2017, van wkotool.nl: <http://wkotool.nl/>
- Rijkswaterstaat. (2005). *Handreiking MEP/GEP*.
- Rijkswaterstaat. (2016). *Handboek Immisietoets*. Ministerie van Infrastructuur en Milieu.
- RIVM. (2008). *Afleiding van milieurisicogrenzen voor chloride in oppervlaktewater, grondwater, bodem en waterbodem*.
- RIVM. (2017). *Milieukwaliteitsnormen*. Opgeroepen op oktober 6, 2017, van [www.rivm.nl](http://www.rivm.nl/rvs/Normen/Milieu/Milieukwaliteitsnormen): <http://www.rivm.nl/rvs/Normen/Milieu/Milieukwaliteitsnormen>
- RIVM. (2017). *Zoeksysteem Risico's van stoffen*. Opgeroepen op november 2017, van [RIVM](https://rvs.rivm.nl/zoeksysteem/stof/detail/447): <https://rvs.rivm.nl/zoeksysteem/stof/detail/447>
- Royal Haskoning DHV. (2017). *MilieuKwaliteitsNorm (MKN)*. Opgehaald van <http://www.bestrijdingsmiddelenatlas.nl>: [http://www.bestrijdingsmiddelenatlas.nl/toelichting/normen/ecotoxicologische-normen-\(mknmtr\)/milieukwaliteitsnorm-\(mkn\).aspx](http://www.bestrijdingsmiddelenatlas.nl/toelichting/normen/ecotoxicologische-normen-(mknmtr)/milieukwaliteitsnorm-(mkn).aspx)
- SIKB. (2012). *Toepassen van duurzame energie uit de bodem*. SIKB.
- SKB. (2013). *Bodemenergie warm aanbevolen*.
- Specken, B. (Auteur). (2017). *Op zoek naar waterplanten in Amsterdam* [Film].
- Splunder, V. S. (2006). *Richtlijnen Monitoring Oppervlaktewater Europese KRW*. Helpdesk Water.
- Stowa. (2007). *Omschrijving MEP en maatlaten voor sloten en kanalen voor de KRW*.
- STOWA. (2012). *Omschrijving MEP en maatlaten voor sloten en kanalen voor de Kaderrichtlijn Water 2015-2021*. STOWA.
- STOWA. (2013). *Deltafact: Effecten verzilting zoete aquatische ecosystemen*. STOWA.
- Tibben, e. a. (2016). *Lozingen van warmte-koude opslag systemen vergunnen*. Amsterdam.
- Tibben, F. (2016). *de-innovatie-in-de-praktijk*. Opgeroepen op juni 7, 2017, van <https://nationaalwatertraineeship.nl/>: <https://nationaalwatertraineeship.nl/overnwt/projecten/de-innovatie-in-de-praktijk>
- TNO. (2017). *Ondergrondgegevens*. Opgeroepen op oktober 20, 2017, van [Dinoloket](http://www.dinoloket.nl/ondergrondgegevens): <https://www.dinoloket.nl/ondergrondgegevens>
- Verhoeven-Drunen. (2017). *boortechnieken algemeen*. (Verhoeven-Drunen, Producent) Opgeroepen op september 19, 2017, van <http://www.verhoeven-drunen.nl/>: http://www.verhoeven-drunen.nl/producten-en-diensten-sub/2_6_boortechnieken-algemeen
- Voort, J. (2017). *Boezemmodel*.
- Voort, J. (2017). *WQ_Effect_Model*.
- Waternet. (2017). *Grachtensite*. Opgeroepen op september 20, 2017, van <https://grachten.waternet.nl/>: <https://grachten.waternet.nl/praktische-info/>

Bijlagen

Bijlage 1. Analyseresultaten van bemonstering open bodemenergiesystemen

Hieronder staan de gemiddelde, de hoogste en de laagste waarden van de open bodemenergiesystemen (aanleg en onderhoud). Tevens staan, indien bekend, de milieukwaliteitsnorm en de streefwaarde vermeld. De rode regels geven de getallen weer van de te onderzoeken parameters.

Bron: (Moes, 2017)

	Arseen (µg/l)	Cadmium (µg/l)	Chroom (µg/l)	Koper (µg/l)	Kwik (µg/l)	Lood (µg/l)	Nikkel (µg/l)
Gem	14,5	1,5	9,5	17,4	0,2	50,0	53,0
Hoogste	180,0	7,4	25,0	60,0	0,7	50,0	80,0
laagste	1,0	0,2	3,0	5,0	0,0	50,0	14,0
MKN	50	0	0,4	8,7	1,5	0,2	11
Streefwaarde							

	Zink (µg/l)	Calcium (mg/l)	Kalium (mg/l)	Na (mg/l)	Magnesium (mg/l)	Ijzer (µg/l)	Lozing
Gem	259,9	423,3	83,6	3755,0	471,4	6700,0	#DEEL/01
Hoogste	4500,0	550,0	140,0	5800,0	640,0	16000,0	0,0
laagste	9,0	190,0	11,0	1100,0	170,0	1200,0	0,0
MKN	5,1	9,4	nb	nb	nb	nb	4000
Streefwaarde							

	CZV (mg/l)	Chloride (mg/l)	Amonium (mg/l)	NKJ (mg/l)	P-tot (mg/l)	Sulfaat (mg/l)	OB (mg/l)
Gem	27,8	6669,1	7,5	8,2	0,2	515,2	32,4
Hoogste	95,0	9100,0	15,0	15,0	0,8	870,0	100,0
laagste	4,0	220,0	2,9	3,0	0,1	100,0	6,0
MKN	nb	200	2,2		2,8	0,15	100
Streefwaarde					1	0,05	

Bijlage 2: te lozen hoeveelheden tijdens het ontwikkelen van open bodemenergiesystemen

Bron: (Aalten, 2017)

Tabel 2.1 Ontwikkelacties voor een bron met een ontwerpcapaciteit van 100 m³/h.

ontwikkelactie	capaciteit m ³ /uur	l/s	duur	hoeveelheden (m ³)
schoonpompen	25 - 100	6.9 - 27.8	0,5 - 1 dag	300
jutten	100	27.8	0,5 - 1 dag	400
sectiegewijs pompen	25	6.9	3 dagen	1000 - 1500
intermitterend pompen	100	27.8	2 - 3 dagen	1000 - 2000
capaciteitsproef	100	27.8	2 uren	200
Totaal			circa 8 werkdagen	3000 - 4500

Tabel 2.2 Ontwikkelacties voor een bron met een ontwerpcapaciteit van 200 m³/h

ontwikkelactie	capaciteit m ³ /uur	l/s	duur	hoeveelheden (m ³)
schoonpompen	50 - 200	13.9 - 55.6	0,5 - 1 dag	500
jutten	200	55.6	0,5 - 1 dag	750
sectiegewijs pompen	60	16.7	8 - 10 dagen	1500 - 2000
intermitterend pompen	200	55.6	2 - 3 dagen	2500 - 3500
capaciteitsproef	200	55.6	2 uren	400
Totaal			circa 15 werkdagen	5500 - 7000

IF Technology bv
44695062/GB

Bijlage 3: Interview If Technology

Datum: 4 juli 2017

Tijd: 10:15 – 12:45

Locatie: Arnhem

Geïnterviewde:

Tim Aalten: bronnenspecialist

Linde van Laerhoven: geohydroloog

1. Hoeveel open en hoeveel gesloten en open bodemenergiesystemen zijn er nu in Nederland? Welke bron gebruiken jullie daarvoor? CBS? Eigen?
 - Bron LGR = 2511 open en gesloten
2. Jullie hebben meer dan 1000 bodemenergieprojecten uitgevoerd, hoeveel daarvan zijn open systemen?
 - Momenteel 1200 bijna allemaal open.
3. Tot op welke hoogte in een project voor open bodemenergie is If betrokken? Van ontwerp t/m de oplevering?
 - Verschilt per project afhankelijk van wat de opdrachtgever wil. Vaak schakelt opdrachtgever eerst een klimaatadviseur in en dan pas If Technology. Vervolgens kijkt If naar de haalbaarheid (quick scan), daarna volgt een ontwerp, de vergunningaanvragen, het bestek, de aanbesteding en vaak ook de begeleiding, soms ook de monitoring en het beheer. If kan problemen in kaart brengen en oplossen. Bodemenergiesysteem is een accu in de bodem en die moet goed blijven werken. Daarom is af en toe onderhoud nodig. Met het programma Lift kunnen ze berekenen hoe de systemen functioneren en waar onderhoud mogelijk is.
4. Waar wordt op gelet bij het ontwerpen van open systemen? Type systeem, andere bodemenergiesystemen, bodemopbouw, locatie bronnen?
 - Bodemopbouw, filterafstelling andere systemen en o.a. de locatie. Het energieconcept is leidend. Soms is de koudevraag groter en dan wordt soms gebruik gemaakt van oppervlaktewater om te koelen. Oppervlaktewater is duurzamer. Koudeoverschot mag beperkt worden teruggebracht in de bodem en een warmteoverschot mag niet. Wat is er gewenst en hoe zit het met de ruimte? Als dat bekend is dan volgt de keuze of het een doublet of monobron wordt.
5. Met welke milieuzaken houdt If rekening tijdens het ontwerpen van de systemen? Denk hierbij aan emissies naar water (lozen in oppervlaktewater en het riool), lucht (uitstoot pompen) en bodem (vervuiling door boring).
 - Dat de pompen niet te groot worden gelet op de hoeveelheid te onttrekken grondwater. Ook moeten ze een hoog mogelijk rendement hebben en dus energiezuinig zijn. Emissies tijdens productie van de gebruikte materialen en materieel die nodig zijn voor de boring wordt niet op gelet.
6. Op welke wijze worden eventuele eisen t.a.v. het milieu overgedragen aan de uitvoerende partij?
 - Bij een vervuiling geven ze advies aan het boorbedrijf. Overig advies is meer gericht op het optimaal functioneren van het systeem.
7. Vraagt If altijd de watervergunningen aan voor de opdrachtgever?
 - Ja If vraagt bijna altijd de watervergunning aan. Dit hangt wel af van de opdrachtgever.

8. Hoe is het systeem in de bodem verwerkt? Klopt het dat vanaf maaiveld gezien er een boorgat is met diverse buizen en leidingen? Dus eerst blinde buizen en op ca 22 m-mv de pompkamer, weer blinde buizen en vanaf ca. 75 m-mv de filterbuizen?
- Zie foto hiernaast met daarin boring schematisch weergegeven
 - Eerst wordt een stalen buis ingetrild tot 5 m-mv. Met behulp van een zuigboring vinden de meeste boringen plaats. Liever gebruikt men geen spoelboring i.v.m. de grote diameter en de kwaliteit van de monsters die worden genomen om de bodemopbouw exact te bepalen. Op het maaiveld staat een cascade-voorziening waarbij uit de eerste bak monsters worden genomen en de overige bakken doen dienst als retentie voor het bezinken. Tijdens het boren gaat in de schacht een luchtpomp mee die van onderaf water en zand met omhoog werkt richting de cascadevoorziening. Het water met fijne kleideeltjes die afkomstig zijn van de kleilagen valt na de cascade weer in de boorschacht. Er wordt juist geen bentoniet gebruikt. Door spoelen met water en klei krijg je filtercake (dat wil je juist hebben), zodat de boorwand wordt gepleisterd en in stand blijft. Bij zandgronden gebeurt de boring zonder klei maar gebruikt met een polymeer (antisol). Tijdens het boren wil je die cake hebben maar tijdens gebruikt van de bron juist niet. Vandaar dat tijdens het ontwikkelen die cake ervan af moet.
 - Onderop in het boorgat zit een kleine zandvang, daarboven een filterbuis (open buis), dan een stijgbuis (blinde buis) en vervolgens pompkamer. Pompkamer zit op 20-25 m-mv. In het boorgat zit niet alleen de filterbuis met de pomp maar ook een peilbuis in elke watervoerend pakket. Rondom de filterbuis zit grind/zand tot stijgbuis tenzij er een kleilaag zit dan wordt daar weer een stijgbuis geplaatst met klei er omheen. Na aanvullen van de ruimte rondom om de buizen, met in achtneming van watervoerende en waterremmende lagen, gaat stalen casing eruit. Daarna vindt er een aansluiting plaats op de in de bovengrond gelegen horizontale leidingen.
9. Hoe is het systeem boven(in) de bodem verwerkt? Verticale leidingen naar utiliteitsruimte, warmtewisselaar in een warmtepomp?
- De leidingen lopen vanaf de bronnen richting de utiliteitsruimte. Daar is de warmtewisselaar die de warmte (energie) uitwisselt. Dit gebeurt door middel van platen die vlak langs elkaar lopen. Omdat de temperatuur en de overdracht klein is zorgt de warmtepomp dat het warm genoeg wordt. Bij koude hoeft dit niet. Daarom is koudelevering rendabeler dan warmte. Bij bronnen die gemaakt zijn door Geocomfort zit de warmtewisselaar in de bron. Warmtewisselaar geeft een verlies van 1 graad.
10. Is er standaard een calamiteitenlozingspunt aanwezig?
- Wanneer je van seizoen wisselt (zomer/winter) dan wordt ook de stroming omgewisseld. Het eerste water uit de bron wil je kwijt want daar zitten vuilresten in zoals zand, klei en andere vaste deeltjes. Dit om vuil af te voeren. Wanneer het beste periode is om te wisselen van richting hangt af van weer maar vaak zit dit in onderhoudsschema van een bedrijf.
 - Meest handig is een vaste spuileiding naar riool. Een onderhoudsfilter gebruikt men in Amsterdam vaak. Dit is een soort papieren doek (kaarsen) welke na 1 keer vuil zijn en worden weggegooid.
11. Wordt er voorafgaand aan het project een (kleinere) boring uitgevoerd inclusief monsternamen of neemt IJF bij elke boring een watermonster om te controleren of de informatie uit de onderzoeksfase aannemelijk is? Aanleiding is dat bij sommige aanvragen in Amsterdam dezelfde analyseresultaten van de bemonstering werd gevoegd.
- Soms is een proefboring nodig, met name in gestuwde gebieden. In Amsterdam gebeurt dit niet want er zijn veel gegevens van de ondergrond bekend en de bodem is homogeen. Hoe dieper hoe zouter geldt daar. Een systeem voor Palei het Loo in Apeldoorn wordt nu ontworpen maar daar zijn nu al drie proefboringen gedaan.
12. Is monsternamen en analyse van grondwater op brondiepte een vast onderdeel van een project?
- Dus niet altijd. Alleen als de bron is aangebracht ter controle, maar dus niet altijd van tevoren, zie vraag 12. De verantwoordelijkheid voor de monsternamen en analyse tijdens onderhoud ligt bij de aannemer.

13. Wordt bij het ontwerpen van een systeem rekening gehouden met het waterbezwaar (ontwikkelwater en onderhoudswater)?
- Nee want je kunt anders niets ontwerpen, er ontstaat altijd afvalwater.
 - Bij sectiegewijs pompen zou je dit wel kunnen infiltreren in de bron m.b.v. een filter. Dit gebeurt vaak in de binnenstad van Amsterdam. In de stad is er vaak weinig ruimte. De filterunit is groot. Twee containers boven elkaar en neemt flink wat ruimte in beslag.
14. Hoe ontstaat afvalwater tijdens het ontwikkelen van de bronnen? Tijdens schoonpompen, jutteren, sectiegewijs pompen en intermitterend pompen?
- Ja zie hieronder de uitleg:
- a. Schoonpompen
Hierbij wordt met een gering debiet (25% van maximale debiet) water opgepompt totdat dit helder slib-, silt- en zandvrij is.
Uitleg: Er wordt een tijdelijke pomp geplaatst, dit is anders dan de werkelijke pomp van de bron. Die pompt de bron schoon.
- b. Jutteren
Hier wordt een druk van 1,5 bar op de bron gezet en weer losgelaten. Dit wordt een aantal maal achter elkaar gedaan en vervolgens wordt het water opgepompt. Dit proces wordt vervolgens herhaald.
Uitleg: De bron wordt afgesloten en water- en luchtdicht gemaakt. Vervolgens wordt met lucht water naar beneden geduwd en verzamelde deeltjes worden afgevoerd.
- c. Sectiegewijs rondpompen
Hierbij wordt water per meter in de omstorting rondgepompt, waarbij met tussenpozen het water wordt afgevoerd.
Uitleg: Met een sectieapparaat dat bestaat uit rubberen flappen vindt per sectie van ca 1 meter het rondpompen plaats. Bij diepe bronnen is dit arbeidsintensief. Hierbij komt meestal 20 m³/u water vrij.
- d. Intermitterend pompen
Bij deze actie wordt een onderwaterpomp in de bron herhaaldelijk 10 minuten aan en vervolgens 5 minuten uit gezet.
Uitleg: Het sectieapparaat gaat eruit, maar sommige zanddeeltjes zitten nog in de bron of vlak buiten het filter. Die fijne deeltjes moeten eruit. Maximaal 0,01 mg zand/l mag er in zitten op ontwerpdebiet, dan is het correct.
15. Hoe ontstaat afvalwater tijdens het onderhoud van de bronnen? Door per bron de pomp aan te zetten en dit water niet retour te bemalen maar af te voeren?
- Staat hierboven uitgelegd.
16. Wat komt er vrij uit de bron tijdens de onderhoudslozingen?
- Staat hierboven uitgelegd.
17. Heeft een systeem met een onderhoudslozing op het oppervlaktewater een vast lozingspunt en zuiveringstechnische voorzieningen?
- Soms komt er een afvoerleiding in de oever, vaak is het een vaste leiding naar het riool en ook wordt weleens gekozen voor een losse leiding over de straat richting het riool/oppervlaktewater.

18. Hoe verhoudt het vooraf berekende theoretische rendement van een bron zich tot het praktijkrendement na in gebruik name? Wat zijn de voornaamste redenen voor grote afwijkingen in berekend en praktijk rendement, als deze er zijn?
- Ca. 60% werkt conform verwachting, 20% zelfs boven het ontwerpdebiet en 20% werkt niet goed. Dit blijkt uit een onderzoek van Omgevingsdienst Haaglanden. Met het programma Lift kan If berekenen hoe de systemen functioneren. In praktijk is de bezetting in gebouw vaak de rede dat er een afwijking is. Ofwel het systeem wordt ontworpen voor de volledige bezetting, maar als niet iedereen er is of nog delen van het gebouw niet worden gebruikt kan dit effect hebben op de warmte en koudevraag en het rendement. De bronnen volgen de vraag. In opstartfase kun je niet optimale temperaturen geven want je begint bij nul. Kan bijvoorbeeld ook zijn dat een hotel in winter minder bezoekers heeft en dan klopt de balans niet. Vaak wordt dan oppervlaktewater gebruikt om het verschil aan koude aan te vullen. In Nederland is in het algemeen meer vraag naar warmte dan naar koude.
19. Wat zijn de argumenten voor het niet toepassen van een onderhoudsfilter bij een open bodemenergiesysteem?
- Ruimtegebrek en de filterkaarsen moeten in technische ruimte passen, maar die ruimte is vaak te beperkt. Daarnaast zijn er de kosten want de kaarsen moeten worden vervangen.
20. Wat is volgens IF op dit moment de best beschikbare techniek voor het ontwikkelen van een bron met zo min mogelijk afvalwater?
- Tweelingpompen is BBT met filterunits en alleen tijdens aanleg, en voor onderhoud is het kaarsenfilter.
21. Zijn deze technieken bij alle systemen toepasbaar (mono-doublet, capaciteit 10 -450 m³/uur)?
- Ja.
22. Heeft het al dan niet lozen van het waterbezwaar effect op het ontwerp van een open systeem?
- Nee want als je niet kunt lozen komt er geen systeem.
23. Soms lees ik in een adviesrapport dat de lozingslocatie nog niet bekend is. Hoe komt dat?
- Lozen is echt een fase verder want de opdrachtgever wil die ruimte claimen. Lozen ligt vaak bij de aannemer.
24. Voeren jullie voor de opdrachtgever weleens een toets uit voor de lozing op het oppervlaktewater in verband met de waterkwaliteit?
- Nee, dat komt ook niet vaak voor.
25. Hebben jullie collega's met veel expertise over waterkwaliteit? Dit i.v.m. gebruik oppervlaktewater als bron van energie maar ook t.a.v. de lozing.
- Nee dat is ook niet nodig.
26. Zijn jullie of jullie collega's bekend met de emissie-immissietoets? Dit is een onderdeel van het landelijke emissiebeleid voor water.
- Nee, het is wel bekend maar niemand doet er iets mee.
27. Voert If deze emissie-immissietoets weleens uit?
- Zie vorige vraag.
28. Wat gebeurt er met het werkwater dat tijdens het maken van de bron ontstaat?
- Niks want je verliest vaak juist water dus vaak wordt dit water toegevoegd. De bufferbakken bevatten water, slib en zand en de aannemer lost dit meestal op riool of bodem.
29. Hoe lang gaat een open systeem mee? Waar hangt dat vanaf?
- 30 jaar, onderwaterpompen 12 jaar

30. Binnen welke termijn gaat het rendement van een bron achteruit? Waar hangt dat vanaf?
- Bij goed onderhoud bijna niet, soms gaan ze zelfs beter werken. Dit komt doordat er continu wordt onttrokken en de bron steeds minder vuil aantrekt.
31. Wat zijn de laatste ontwikkelingen t.a.v. de bodemenergiesystemen?
- Meer collectieve systemen maken die zijn gelegen binnen een ring zoals op de Uithof. Hier kunnen gebouwen op aansluiten en eventueel weer afkoppelen.
 - Geothermie is in opkomst. Nadeel hiervan is dat het afvalwater nog zouter is en meer zware metalen bevat. Daar zijn er nu 14. Per jaar komen er 1 á 2 bij.
32. Ons waterschap wil alleen de lozingen tijdens het ontwikkelen vergunnen en niet meer de onderhoudslozingen? Wat vindt If daar van?
- Aan de ene kant begrijpelijk want ook de waterkwaliteit is belangrijk. Door het onderzoek van Frank Tibben van Waternet is de branche gaan nadenken over verder onderzoek op dit gebied. Branchevereniging Bodemenergie.nl doet onderzoek naar terugdringen van de lozingen. If doet ook onderzoek naar anders ontwerpen van de bron. Andere onderzoek gaat over een andere afpleisteren van de bron. Weer andere doen onderzoek naar toevoegen chemicaliën waardoor niet zoveel onderhoud nodig is.
33. Hebben jullie nog tips of waardevolle toevoegingen voor mij om mee te nemen in mijn onderzoek?
- If vraagt zich af of er een optimum is gelet op de afwenteling, bijv. extra kosten bij lozing in riool. Meenemen om bijv. 5000 euro te lozen bij ieder systeem voor herstel waterkwaliteit.
34. Hebben jullie een overzicht hebben met projecten die binnenkort starten met lozen.
- Alleen ABN Amro Gustav Mahlerlaan. Melding moet worden doorgestuurd van provincie naar Waternet. Bij projecten van If weten ze het pas kort van tevoren.
35. Willen jullie op de hoogte worden gebracht van de uitkomsten van mijn onderzoek?
- Ja.

Bijlage 4: Interview Buro Bron

Datum: 15 Augustus 2017

Tijd: 10:15 - 12:40

Locatie: Nijmegen

Geïnterviewde:

Niels Schuurman: (modulering, berekeningen)

Coen Dijkhoorn: (relatiebeheer, offerte)

Han Meijer: (boringdeskundige)

1. Hoeveel open en hoeveel gesloten en open bodemenergiesystemen zijn er nu in Nederland? Welke bron gebruiken jullie daarvoor? CBS? Landelijk Grondwaterregister (LGR)?
 - Buro Bron geeft aan dat ik dit moet opvragen bij alle provincies/omgevingsdiensten die de systemen vergunnen.
2. Tot op welke hoogte in een project voor open bodemenergie is Buro Bron betrokken? Van ontwerp t/m de oplevering?
 - Van haalbaarheid tot ontmanteling kan Buro Bron worden ingeschakeld. Dit hangt uiteraard af van de opdracht.
3. Waar wordt op gelet bij het ontwerpen van open systemen? Type systeem, andere bodemenergiesystemen, bodemopbouw, locatie bronnen?
 - Op de BRL11000 voor het Ontwerp, Realisatie, Beheer en onderhoud ondergrondse deel bodemenergiesystemen en de BRL6000-21 voor het Ontwerpen, installeren en beheren van warmtepompsystemen (bovengrondse deel van bodemenergiesystemen). Gaat dus om de warmtepompcapaciteit i.r.m. de bodemcapaciteit. Anders gezegd de energievraag en wat er uit een bodem is te halen.
4. Met welke milieuzaken houdt Buro Bron rekening tijdens het ontwerpen van de systemen? Denk hierbij aan emissies naar water (lozen in oppervlaktewater en het riool), lucht (uitstoot pompen) en bodem (vervuiling door boring).
 - Buro Bron houdt rekening met aanwezige verontreinigingen in de deklaag. Zij adviseren deze zo nodig af te voeren en geven advies als er leidingen in worden gelegd. Ook geeft Buro Bron aan dat ze meer moeten nadenken over de CO₂-uistoot van de gebruikte materialen en materieel. In ieder geval moet afvoeren per as worden voorkomen want dan gaat ca. 8 jaar aan duurzaamheidswinst verloren.
5. Op welke wijze worden eventuele eisen t.a.v. het milieu overgedragen aan de uitvoerende partij?
 - Zie antwoord van vraag 5. Daarnaast attendeert Buro Bron de opdrachtgever dat deze zich moet houden aan de eisen uit de watervergunning van de Omgevingsdienst. Deze vergunning eist dat de boorstaten en analyses van het grondwater worden opgestuurd.
6. Vraagt Buro Bron altijd de watervergunningen aan voor de opdrachtgever?
 - Ja meestal wel.
7. Klopt de onderstaande beschrijving van het aanbrengen van een bron?
 - Ja op een kleine wijziging (onderlijnd) na
 - Eerst wordt een stalen buis ingetrild tot 5 m-mv. Met behulp van een zuigboring vinden de meeste boringen plaats. Liever gebruikt men geen spoelboring i.v.m. de grote diameter en de kwaliteit van de monsters die worden genomen om de bodemopbouw exact te bepalen. Op het maaiveld staat een cascade-voorziening waarbij uit de eerste bak monsters worden genomen en de overige bakken doen dienst als retentie voor het bezinken. Tijdens het boren wordt in het boorgat lucht geblazen welke het water en de deeltjes mee omhoog werkt richting de cascadevoorziening. De compressor daarbij staat daarbij op maaiveld. Dit "roterend luchtliften" is nauwkeuriger dan een spoelboring en beter voor boorgat en het verzamelen van de boorstaten. Het water met fijne

kleideeltjes die afkomstig zijn van de kleilagen valt na de cascade weer in de boorschacht. Er wordt juist geen bentoniet gebruikt. Door spoelen met water en klei krijg je filtercake (dat wil je juist hebben om instorten te voorkomen), zodat de boorwand wordt gepleisterd en in stand blijft. Bij zandgronden gebeurt de boring zonder klei maar gebruikt met een polymeer (antisol). Tijdens het boren wil je die cake hebben maar tijdens gebruikt van de bron juist niet. Vandaar dat tijdens het ontwikkelen die cake ervan af moet.

Onderop in het boorgat zit een kleine zandvang, daarboven een filterbuis (open buis), dan een stijgbuis (blinde buis) en vervolgens pompkamer. Pompkamer zit op 20-25 m-mv. In het boorgat zit niet alleen de filterbuis met de pomp maar ook een peilbuis in elke watervoerend pakket. Rondom de filterbuis zit grind/zand tot stijgbuis tenzij er een kleilaag zit dan wordt daar weer een stijgbuis geplaatst met klei er omheen. Na aanvullen van de ruimte rondom om de buizen, met in achtneming van watervoerende en waterremmende lagen, gaat stalen casing eruit. Daarna vindt er een aansluiting plaats op de in de bovengrond gelegen horizontale leidingen.

8. Klopt de volgende beschrijving over hoe het systeem bovenin de bodem is verwerkt?
 - Ja op een kleine wijziging (onderlijnd).
 - De leidingen lopen vanaf de bronnen richting de technische ruimte. Daar is de warmtewisselaar die de warmte (energie) uitwisselt. Dit gebeurt door middel van platen die vlak langs elkaar lopen. Omdat de temperatuur en de overdracht klein is zorgt de warmtepomp dat het warm genoeg wordt. De warmtepomp verhoogd de energie. Temperatuur is de waarde van die opslageenheid. Bij koude hoeft dit niet. Daarom is koudelevering rendabeler dan warmte. Bij bronnen die gemaakt zijn door Geocomfort zit de warmtewisselaar in de bron. Warmtewisselaar geeft een verlies van 1 graad = temp verlies maar geen energieverlies.
9. Is er standaard een calamiteitenlozingspunt aanwezig?
 - nee
10. Wordt er voorafgaan aan het project een (kleinere) boring uitgevoerd inclusief monsternamen of neemt Buro Bron bij elke boring een watermonster om te controleren of de informatie uit de onderzoeksfase aannemelijk is?
 - Aanleiding is dat bij sommige aanvragen in Amsterdam dezelfde analyseresultaten van de bemonstering werd gevoegd.
Als er een risico is voor opdrachtgever dan wel gebeurt dit middels een proefboring. In andere gevallen wordt telkens de bekende bemonsteringen in de buurt van de nieuw te boren bron gebruikt bij de vergunningaanvragen. De bodem onder Amsterdam is ook redelijk gelijk op die dieptes. Sommige projecten zijn kritisch omdat de redoxgrens (grens tussen oxisch en anoxisch) in de buurt van de filters aanwezig is. Dat werkt niet voor een bodemenergiesysteem omdat er dan vlokvorming optreedt en het rendement achteruit gaat en er weer onderhoud nodig is.
11. Is monsternamen en analyse van grondwater op brondiepte een vast onderdeel van een project?
 - Nee, maar is wel een standaardvoorschrift uit de watervergunning van de Omgevingsdienst. Monsternamen gebeurt altijd bovenaan het filtertraject.
12. Wordt bij het ontwerpen van een systeem rekening gehouden met het waterbezwaar (ontwikkelwater en onderhoudswater)?
 - Jazeker, want zonder een lozing is het aanleggen niet mogelijk. Dit geldt met name voor het ontwikkelen van de bronnen. Tweelingpompen met een kaarsenfilter kost 10.000 euro. Dit vindt plaats tijdens de aanleg. Voor het spoelen tijdens onderhoud is een grote buffer (zeecontainer) met een kaarsenfilter nodig a 30.000 euro. Dit is lastig i.v.m. ruimtegebrek in grote steden. En dus moet er rekening worden gehouden met het waterbezwaar.
 - Worst case scenario: bij het gebruik in het model rekening houden met max 2 keer per jaar onderhoud waarbij 5 uur per keer (10 uur per jaar) een onderhoudslozing op maximaal debiet wordt geloosd. In de praktijk is dit 2 uur per keer dus 4 uur per jaar, bij realisatie geldt 20 uur spuien per bron.
 - Buro Bron stelt dat het lozen van onderhoudswater verwaarloosbaar is ten opzichte van de vracht chloride en N en P die normaliter door de stad heen stroomt.

13. Ontstaat op de onderstaande wijzen afvalwater?

- De onderstaande tekst is standaard en klopt.

Schoonpompen

Hierbij wordt met een gering debiet (25% van maximale debiet) water opgepompt totdat dit helder slib-, silt -en zandvrij is. Er wordt een tijdelijke pomp geplaatst, dit is anders dan de werkelijke pomp van de bron. Die pompt de bron schoon.

b. Jutten

Hier wordt een druk van 1,5 bar op de bron gezet en weer losgelaten. Dit wordt een aantal maal achter elkaar gedaan en vervolgens wordt het water opgepompt. Dit proces wordt vervolgens herhaald.

De bron wordt afgesloten en water- en luchtdicht gemaakt. Vervolgens wordt met lucht water naar beneden geduwd en verzamelde deeltjes worden afgevoerd.

c. Sectiegewijs rondpompen

Hierbij wordt water per meter in de omstorting rondgepompt, waarbij met tussenpozen het water wordt afgevoerd. Met een sectieapparaat dat bestaat uit rubberen flappen vindt per sectie van ca 1 meter het rondpompen plaats. Bij diepe bronnen is dit arbeidsintensief. Hierbij komt meestal 20 m³/u water vrij.

d. Intermitterend pompen

Bij deze actie wordt een onderwaterpomp in de bron herhaaldelijk 10 minuten aan en vervolgens 5 minuten uit gezet. Het sectieapparaat gaat eruit, maar sommige zanddeeltjes zitten nog in de bron of vlak buiten het filter. Die fijne deeltjes moeten eruit. Maximaal 0,01 mg zand/l mag er in zitten op ontwerpdebiet, dan is het correct.

- Aansluitend komt Buro bron om te keuren.

14. Heeft een systeem met een onderhoudslozing op het oppervlaktewater een vast lozingspunt en zuiveringstechnische voorzieningen?

- Het heeft altijd een lozing op dezelfde locatie. Soms gaat dit met losse slangen en soms is dit een vast punt in de oever waarbij af en toe een uitstroombak nodig is om schade aan de watergang te voorkomen. Vaak geen vaste zuiveringstechnische voorziening tussen het systeem en het oppervlaktewater. Echter als dit in de vergunning staat dat dit moet het wel en wordt dit aangeschaft.

15. Hoe verhoudt het vooraf berekende theoretische rendement van een bron zich tot het praktijkrendement na in gebruik name? Wat zijn de voornaamste redenen voor grote afwijkingen in berekend en praktijk rendement, als deze er zijn?

- Specifiek debiet m³/uur per meter afpomping, die wordt in de gaten gehouden. Dit is een maat voor de verstopping van de bron. Elke bron verstopt maar de ene meer dan de ander. Rede is vuil en zanddeeltjes die vrijkomen in de bron of een slechte boring,

16. Wat zijn de argumenten voor het niet toepassen van een onderhoudsfilter bij een open bodemenergiesysteem?

- Kosten, energie, ingewikkeld, ruimte, soms is het niet nodig,

17. Wat is volgens Buro Bron op dit moment de best beschikbare techniek voor het ontwikkelen van een bron met zo min mogelijk afvalwater?

- Die bestaat niet, want is heel anders per locatie. Meestal gaat het om tweelingpompen met een filter, soms gaat het terug in een oude bron, soms wordt een buffer gecreëerd zodat het kan worden geloosd op het oppervlaktewater.

18. Zijn deze technieken bij alle systemen toepasbaar (mono-doublet, capaciteit 10 -450 m³/uur)?

- ja

19. Soms lees ik in een adviesrapport dat de lozingslocatie nog niet bekend is. Hoe komt dat?
 - Omdat geïnventariseerd moet worden wat de beste locatie is.
20. Voeren jullie voor de opdrachtgever weleens een toets uit voor de lozing op het oppervlaktewater in verband met de waterkwaliteit?
 - Ja, ze vragen naar criteria bij het bevoegde gezag en kijken of de lozing haalbaar is.
21. Zijn jullie of jullie collega's bekend met de emissie-immissietoets? Dit is een onderdeel van het landelijke emissiebeleid voor water.
 - Nee
22. Voert Buro Bron deze emissie-immissietoets weleens uit?
 - Nee
23. Wat gebeurt er met het werkwater dat tijdens het maken van de bron ontstaat?
 - Meestal wordt dit geloosd in het riool of op het maaiveld.
24. Hoe lang gaat een open systeem mee? Waar hangt dat vanaf?
 - Soms heel lang, de oudste al 80 jaar oud en die waren van zelfs van hout. De bronnen gaan makkelijk 150 jaar mee. Dus dan zijn de gebouwen al verdwenen. De pompen gaan eerder stuk. Eens per 7-8 jaar vindt onderhoud plaats en eens per 15 jaar worden ze vervangen. De bron gaat heel lang mee, alle andere onderdelen gaan veel eerder stuk.
25. Binnen welke termijn gaat het rendement van een bron achteruit? Waar hangt dat vanaf?
 - Tussen 5 en 10 jaar. Hangt af boorgatwand, bodem, lokale situatie etc.
26. Wat zijn de laatste ontwikkelingen t.a.v. de bodemenergiesystemen?
 - Het aan elkaar koppelen van bodemenergiesystemen.
 - Nu 80% van opwekbare energie komt van de wko en 20% van gasketel. Die 20% is wel 2/3 van het totale vermogen maar is nodig voor koude winterdagen met een hoge warmtevraag. Bij een gasloze situatie in toekomst moet men dan iets slims bedenken. Dit heeft als gevolg dat je misschien preventief moet gaan lozen om kans op een dag zonder verwarming of te weinig capaciteit te voorkomen. Recirculatiesysteem komt telkens 1 kant op en dus raakt je infiltratiebron eerder verstopt. Dus eerder onderhoud. Er zijn bodemenergieplannen. WKO-masterplannen, deze checken voor nieuwe ontwikkelingen.
27. Ons waterschap wil alleen de lozingen tijdens het ontwikkelen vergunnen en niet meer de onderhoudslozingen? Wat vindt Buro Bron daarvan?
 - Berekenen of de systemen ook daadwerkelijk bijdragen op het watersysteem. Ook een inschatting maken of de bodemenergiesystemen t.o.v. andere vervuilende bronnen bijdragen een verslechtering van de waterkwaliteit.
28. Hebben jullie nog tips of waardevolle toevoegingen voor mij om mee te nemen in mijn onderzoek?
 - Zie 26, let op bij uitzoekwerk bij provincie naar de bijgeleverde adviesrapporten, daarin staat vaak telkens in hetzelfde hoofdstuk de eigenschappen die ik nodig heb. Verdeel Amsterdam zo nodig in delen en per deel mag je in een bepaalde periode lozen.
 - Referentiemeting opvragen bij omgevingsdienst
 - Alle systemen groter dan 100 m³/uur zitten met begin filter tussen 75 – 100 m-mv
29. Hebben jullie een overzicht hebben met projecten die binnenkort starten met lozen.
 - The Cloud, Mr. Treublaan, Cruquius, Westergasfabriek
30. Willen jullie op de hoogte worden gebracht van de uitkomsten van mijn onderzoek?
 - ja

Bijlage 5: KRW-Factsheet waterlichaam "Vaarten Amsterdam"

Bron: (Informatiehuis Water, 2017)

Factsheet: NL11_2_1 Vaarten Amsterdam

Deze factsheet bevat relevante informatie over het waterlichaam met uitzondering van landelijke maatregelen. Iedere overheid is verantwoordelijk voor het deel van de inhoud, dat conform de omschrijving in het Waterbesluit en in het Besluit kwaliteitseisen en monitoring water tot haar bevoegdheden behoort.

1. Basisgegevens

Dit onderdeel beschrijft de kenmerken en de status van het waterlichaam en geeft informatie over de beschermde gebieden, die een relatie met het waterlichaam hebben.

Naam:	Vaarten Amsterdam	Code:	NL11_2_1
Deelstroomgebied:	Rijn West	Type:	M6b
Waterbeheerder:	Hoogheemraadschap Amstel, Gooi en Vecht	Status:	Kunstmatig
		Wateronttrekking t.b.v. menselijke consumptie:	Nee
Provincies:	Provincie Noord-Holland		
Gemeenten:	Amsterdam, Diemen, Ouder-Amstel		



KRW Oppervlaktewaterlichaam	Winnings voor menselijke consumptie:
Natura2000 gebied	Publieke grondwaterwinning
Schelpdierwater	Industriële grondwaterwinning
Zwemwaterlocatie	Overige grondwaterwinning
	Inname oppervlaktewater



Factsheet KRW v3.34

Naam waterlichaam: Vaarten Amsterdam

Code waterlichaam: NL11_2_1

Versie: factsheets behorende bij de plannen 2016-2021

aangemaakt: 10-11-2015 om 2:52 u.

pagina 27 van 309

Karakterschets:

Groot, ondiep kanaal dat vooral bestaat uit oppervlaktewater waarbij de herkomst wisselend is en de stroomrichting gedurende het jaar kan omkeren. Periodiek is er zichtbare stroming, vooral in de buurt van inlaten/gemalen. Vaak is sprake van een belangrijke scheepvaartfunctie, wat ook leidt tot een rechte waterbak (rechthoekig of trapeziumvorm) met abrupte overgangen van land naar water.

Beschermde gebieden:

Er zijn geen relevante beschermde gebieden voor dit waterlichaam.

Status: Kunstmatig

Het waterlichaam is door mensen gegraven op een plaats waar voorheen geen water was.

2. Belastingen en effecten van menselijke activiteiten

Voor de analyse van een waterlichaam wordt gebruik gemaakt van de DPSIR methode: Drivers - Pressures - State - Impact - Responses. Bepaalde functies (D) zorgen voor een belasting (P) die invloed heeft op de toestand (S) en het functioneren van het waterlichaam (I), die vragen om een respons (R) via maatregelen en/of toepassing van een uitzondering. Dit blok beschrijft de significante belastingen (P) door gebruiksfuncties (D) op het waterlichaam en geeft informatie over de effecten (I) ervan. Bij de volgende onderdelen komen S, I en R aan bod.

Menselijke activiteiten en effecten

Categorie	Belasting	Functie	Effect
puntbronnen	Overige puntbronnen	Anders	belasting met nutriënten door ongerioleerde woonboten
regulering waterbeweging	Hydrologische verandering watersysteem - anders / overig	Anders	belasting met nutriënten (algen)
regulering waterbeweging	Dammen, dijken, kribben en stuwen - anders / overig	Anders	onvoldoende oeverhabitat
overige belastingen	Zwerfvuil of illegale stortplaatsen	Transport	opwerveling en turbulentie

Toelichting:

Het lichtklimaat (ESF2) is slecht door doorvoer van troebel water uit de Amstellandboezem en door opwerveling van zwevend materiaal, waardoor er ondergedoken vegetatie slecht scoort. Er zijn weinig plekken waar emergente vegetatie zich langs de beschoeide kades kan vestigen en een habitat kan vormen voor vis en macrofauna (ESF 4).

3. Toestand

Dit onderdeel beschrijft doelen en toestand (S) van het waterlichaam. Daarbij wordt gemotiveerd indien wordt afgeweken van nationaal vastgestelde doelen en indien de toestand achteruit gaat. Duidelijk wordt voor welke biologische groepen en stoffen het waterlichaam niet voldoet (I). De prognose 2027 is een eerste ambtelijke inschatting. Deze prognose is geen onderdeel geweest van de ontwerp-plannen en daarom nu niet overal bestuurlijk vastgesteld.

Ecologische toestand

Biologie	GEP	Toestand 2009	Toestand 2015	Prognose 2021	Prognose 2027
Macrofauna (EKR)	$\geq 0,60$				
Overige waterflora (EKR)	$\geq 0,60$	 *			
Vis (EKR)	$\geq 0,60$				
Fytoplankton (EKR)	$\geq 0,60$				

Algemeen fysische chemie

Fosfor totaal (zomergemiddelde) (mg P/l)	$\leq 0,12$				
Stikstof totaal (zomergemiddelde) (mg N/l)	$\leq 3,80$				
DIN (winterperiode) (mg N/l)	NVT	NVT	NVT	NVT	NVT
Zoutgehalte (zomergemiddelde) (mg Cl/l)	≤ 300				
Temperatuur (max. waarde) (gr.C)	$\leq 25,0$				
Zuurgraad (zomergemiddelde) (-)	5,5 - 8,5				
Zuurstofverzadiging(sgraad)(zomergemiddelde) (%)	40 - 120				
Doorzicht (zomergemiddelde) (m)	$\geq 0,95$				

Specifieke verontreinigende stoffen (normoverschrijding)	Toestand 2009	Toestand 2015	Prognose 2021	Prognose 2027
benzo(a)antraceen				
seleen				
uranium				

Legenda:  blauw = zeer goed / voldoet  groen = goed  geel = matig  oranje = ontoereikend
 rood = slecht / voldoet niet leeg = geen gegevens

*: deze toestandsbeoordeling betreft een expertoordeel.

Afhankelijk van het type KRW-waterlichaam dat gebruikt is voor de toestandsbeoordeling (het doeltyp, hier M5b) zijn bepaalde maatlaten niet van toepassing. Deze maatlaten zijn met NVT in de toestandskolommen gemarkeerd.

A: Er is sprake van achteruitgang van de toestand ten opzichte van 2009

Motivering ecologische toestand:

Er is sprake van schijnbare achteruitgang door veranderende maatlatten (overige waterflora en doorzicht): Sinds de beoordeling bij de aanvang van de vorige planperiode zijn de maatlatten waarmee de toestand wordt bepaald aangepast. Dit heeft er toe geleid dat er na toetsing met nieuwe maatlatten een slechtere score is bepaald dan bij de eerste beoordeling. Wanneer de actuele meetgegevens worden getoetst aan de oude maatlatten, blijkt de toestand niet te zijn verslechterd.

Voor Zuurgraad kijkt de toetssystematiek naar eenmalige lokale effecten; de achteruitgang score zuurgraad wordt veroorzaakt door een algenbloei en is plaatselijk en tijdelijk.

Specifieke verontreinigende stoffen: De locatie voor de toestandsmonitoring in dit waterlichaam ligt bovenstrooms van dit waterlichaam in het Markermeer. Dit is de hoofdinlaat van water voor dit waterlichaam. De toestand en prognose 2021 zijn dus afhankelijk van ontwikkelingen en maatregelen bovenstrooms, in het hoofdwatersysteem. (zie factsheet Markermeer).

De prognose voor 2027 is gebaseerd op de ambitie om de KRW-doelen in 2027 te hebben bereikt. Deze prognose is na de inspraakprocedure toegevoegd en betreft een ambtshalve Rijn-West inschatting. In de aanloop naar het volgende SGBP (2021-2027) wordt nagegaan in hoeverre de randvoorwaarden (o.a. generiek beleid; zie ook Adviesnota Schoon Water Rijn-West, juli 2014) zijn vervuld en in hoeverre de uitgevoerde maatregelen de te verwachten effecten hebben. Op basis hiervan wordt in het SGBP 2021-2027 bepaald of voor een aantal waterlichamen extra maatregelen gewenst zijn om de ambitie te halen, een voorstel voor verlenging van de termijn aan de orde is of eventueel doelaanpassing.

Chemische toestand

Ubiquitaire stoffen (normoverschrijding)	Toestand 2009	Toestand 2015	Prognose 2021	Prognose 2027
benzo(a)pyreen				
benzo(ghi)peryleen				

Niet-ubiquitaire stoffen (normoverschrijding)	Toestand 2009	Toestand 2015	Prognose 2021	Prognose 2027
nikkel				

Motivering chemische toestand:

De locatie voor de toestandsmonitoring in dit waterlichaam ligt bovenstrooms van dit waterlichaam in het Markermeer. Dit is de hoofdinlaat van water voor dit waterlichaam. De toestand en prognose 2021 zijn dus afhankelijk van ontwikkelingen en maatregelen bovenstrooms, in het hoofdwatersysteem.

De doelen voor een aantal 'ubiquitaire stoffen' worden in 2027 niet overal bereikt. Dit zijn stoffen die vanwege hun historische aanwezigheid in sommige waterlichamen nog langere tijd als knelpunt in het water worden gemeten zonder dat hiervoor maatregelen mogelijk zijn. Voor de overige stoffen die deel uitmaken van de chemische toestand worden de doelen in 2027 wel bereikt. Deze prognose is na de inspraakprocedure toegevoegd en betreft een ambtshalve aanvulling omdat een bestuurlijk besluit over een prognose niet nodig is.

Eindoordeel		Toestand 2009	Toestand 2015	Prognose 2021	Prognose 2027
Chemie	Chemie totaal	 *			
	Ubiquitaire stoffen				
	Niet-Ubiquitaire stoffen				
Ecologie	Ecologie totaal	 *			
	Biologie totaal	 *			
	Fysische chemie	 *			
	Specifieke verontreinigende stoffen	 *			

Legenda:

- Chemie:  blauw = goed / voldoet  rood = niet goed / voldoet niet
- Ecologie:  blauw = zeer goed / voldoet  groen = goed  geel = matig
 oranje = ontoereikend  rood = slecht / voldoet niet

*: deze toestandsbeoordeling betreft een expertoordeel.

Onder ubiquitaire stoffen wordt verstaan: stoffen waarvan de productie of het gebruik al is verboden, maar die vanwege persistentie nog lang in het milieu zullen voorkomen.

Toelichting:

Een verdere motivering van de ecologische toestand is opgenomen bij de toelichting op de belastingen.

4. Maatregelen

Als de toestand niet aan de doelen voldoet kunnen aanvullende maatregelen nodig zijn (R). Er zijn landelijke en gebiedsgerichte maatregelen. De landelijke maatregelen staan in het maatregelprogramma bij het stroomgebiedbeheerplan. Gebiedsgerichte maatregelen staan hieronder in tabellen. Er wordt onderscheid gemaakt tussen:

1. maatregelen in SGBP 2009 voor de periode t/m 2015
2. overige maatregelen uitgevoerd in de periode t/m 2015
3. maatregelen gepland voor de periode 2016 - 2021
4. maatregelen gepland voor de periode 2022 - 2027

Verder is aangegeven wanneer een maatregel is gericht op de opgave op grond van een beschermd gebied.

Maatregelen in SGBP 2009 voor de periode t/m 2015

Oorspronkelijke naam: Aansluiten ongerioleerde woonboten		Omvang: 1 stuks
SGBP omschrijving: opheffen ongezuiverde lozingen		
Initiatiefnemer: Gemeente Amsterdam		
Voortgang: Gefaseerd: 1	stuks	Motivering: Grootste deel van de woonboten is aangesloten.
Toelichting:		Het gaat om het aansluiten van ongeveer 2300 ongerioleerde woonboten in de watergangen binnen de gemeente Amsterdam
Oorspronkelijke naam: Onderzoeken optimalisatiemogelijkheden doorspoelregime		Omvang: 1 stuks
SGBP omschrijving: uitvoeren onderzoek		
Initiatiefnemer: Hoogheemraadschap Amstel Gooi en Vecht		
Voortgang: Uitgevoerd: 1	stuks	Motivering:
Toelichting:		Een onderzoek naar de mogelijkheden om het doorspoelregime van het Amsterdamse grachtenstelsel te optimaliseren
Oorspronkelijke naam: Toepassen ecologisch onderhoud oevers hoofdwateren - fase 1		Omvang: **) km
SGBP omschrijving: uitvoeren op waterkwaliteit gericht onderhouds-/maaibeheer (water en natte oever)		
Initiatiefnemer: Hoogheemraadschap Amstel Gooi en Vecht		
Voortgang: Uitgevoerd: 325	km	Motivering:
Toelichting:		**) in totaal 325 km voor meerdere waterlichamen. Een gebiedsbrede maatregel in alle waterlichamen
Oorspronkelijke naam: Onderzoeken financiële haalbaarheid "voorwaardelijk getemporeerde maatregelen"		Omvang: **) stuks
SGBP omschrijving: uitvoeren onderzoek		
Initiatiefnemer: Hoogheemraadschap Amstel Gooi en Vecht		
Voortgang: Uitgevoerd: 1	stuks	Motivering:
Toelichting:		**) in totaal 1 stuks voor het beheergebied waterbeheerder. Een gebiedsbreed onderzoek voor alle waterlichamen
Oorspronkelijke naam: Onderzoeken gebiedsbrede maatregelen - fase 1		Omvang: **) stuks
SGBP omschrijving: uitvoeren onderzoek		
Initiatiefnemer: Hoogheemraadschap Amstel Gooi en Vecht		
Voortgang: Uitgevoerd: 4	stuks	Motivering:

Toelichting: **) in totaal 4 stuks voor het beheergebied waterbeheerder. Het gaat om het uitvoeren van de volgende deelonderzoeken: - Onderzoeken methode exotenbestrijding i.s.m. andere waterbeheerders, - Onderzoeken stikstofbelasting AGV op boezem rijkswateren - afwenteling, - Onderzoeken "Boeren als waterbeheerders", - Onderzoeken invloed inlaat IJmeerwater		
Oorspronkelijke naam:	Onderzoeken gebiedsbrede maatregelen - fase 2	Omvang: **) stuks
SGBP omschrijving:	uitvoeren onderzoek	
Initiatiefnemer:	Hoogheemraadschap Amstel, Gooi en Vecht	
Voortgang:	stuks Uitgevoerd: 2	Motivering:
Toelichting: **) in totaal 2 stuks voor het beheergebied waterbeheerder. Het gaat om het uitvoeren van de volgende deelonderzoeken: - Onderzoeken mogelijkheden flexibel peilbeheer in veenweidegebied ("waarheen met het veen?") - Onderzoeken toestand (veen)bodem o.a. onder invloed van nitraatbelasting		
Oorspronkelijke naam:	Ontwikkelen Volg- en StuurSysteem	Omvang: **) stuks
SGBP omschrijving:	overige instrumentele maatregelen	
Initiatiefnemer:	Hoogheemraadschap Amstel Gooi en Vecht	
Voortgang:	stuks Uitgevoerd: 1	Motivering:
Toelichting: **) in totaal 1 stuks voor het beheergebied waterbeheerder. Een gebiedsbreed project voor alle waterlichamen		

Overige maatregelen uitgevoerd in de periode t/m 2015

Er zijn geen overige maatregelen uitgevoerd in de periode t/m 2015

Maatregelen gepland voor de periode 2016 - 2021

Oorspronkelijke naam:	Aansluiten ongerioleerde woonboten	Omvang: 1 stuks
SGBP omschrijving:	opheffen ongezuiverde lozingen	
Initiatiefnemer:	Hoogheemraadschap Amstel, Gooi en Vecht	
Andere richtlijn:		
Toelichting:	Het gaat om het aansluiten van ongeveer 2300 ongerioleerde woonboten in de watergangen binnen de gemeente Amsterdam. Het gaat om de afronding van de maatregel uit de SGBP 1-periode	
Oorspronkelijke naam:	Ecologische onderhoud oevers hoofdwaters - fase 2	Omvang: **) km
SGBP omschrijving:	uitvoeren op waterkwaliteit gericht onderhouds-/maaibeheer (water en natte oever)	
Initiatiefnemer:	Hoogheemraadschap Amstel Gooi en Vecht	
Andere richtlijn:		
Toelichting:	**) in totaal 325 km voor het beheergebied waterbeheerder.	
Oorspronkelijke naam:	Onderzoek achterblijven herstel vispopulaties	Omvang: **) stuks
SGBP omschrijving:	uitvoeren onderzoek	
Initiatiefnemer:	Hoogheemraadschap Amstel, Gooi en Vecht	
Andere richtlijn:		
Toelichting:	**) in totaal 1 stuks voor het beheergebied waterbeheerder.	
Oorspronkelijke naam:	Onderzoek achterblijvende soortendiversiteit waterflora (planten)	Omvang: **) stuks
SGBP omschrijving:	uitvoeren onderzoek	
Initiatiefnemer:	Hoogheemraadschap Amstel, Gooi en Vecht	
Andere richtlijn:	Vogelrichtlijngebied, Habitatrichtlijn gebied	
Toelichting:	**) in totaal 1 stuks voor het beheergebied waterbeheerder.	
Oorspronkelijke naam:	Onderzoek woekeren waterplanten in vaarten en sloten	Omvang: **) stuks
SGBP omschrijving:	uitvoeren onderzoek	
Initiatiefnemer:	Hoogheemraadschap Amstel, Gooi en Vecht	
Andere richtlijn:		
Toelichting:	**) in totaal 1 stuks voor het beheergebied waterbeheerder.	
Oorspronkelijke naam:	Volgen en sturen	Omvang: **) stuks
SGBP omschrijving:	overige beheersmaatregelen	
Initiatiefnemer:	Hoogheemraadschap Amstel, Gooi en Vecht	
Andere richtlijn:	Vogelrichtlijngebied, Habitatrichtlijn gebied	
Toelichting:	**) in totaal 1 stuks voor het beheergebied waterbeheerder.	

Maatregelen gepland voor de periode 2022 - 2027

Er zijn geen maatregelen gepland in de periode 2022-2027.

Toelichting:

Zie de toelichting op de belastingen eerder in deze factsheet. De extra KRW-maatregelen zijn gericht op het verminderen van de belasting met nutriënten door bronnen aan te pakken.

5. Toepassing uitzonderingen

Als de toestand niet aan de doelen voldoet kunnen aanvullende maatregelen nodig zijn, maar er kan ook van een uitzondering gebruik gemaakt worden (R). De KRW biedt ruimte om af te wijken van de doelen. Zo kan de realisatie van doelen worden gefaseerd en kunnen doelen worden verlaagd. Ook mag rekening worden gehouden met bepaalde nieuwe ontwikkelingen. Dit alles moet wel passen binnen de randvoorwaarden van de richtlijn. Het gebruik van deze uitzonderingen en de motiveringen hierbij worden hier weergegeven.

Fasering van doelbereik tot na 2021

Voor alle stoffen en kwaliteitselementen waarvoor in onderdeel '3. Doelen en toestand' is aangegeven dat de prognose voor 2021 niet "goed" is, is fasering aan de orde.

Natuurlijke omstandigheden	Macrofauna-kwaliteit, Overige waterflora, Vis-kwaliteit
----------------------------	---

Motivering per motiveringsgrond:

Natuurlijke omstandigheden Uit onderzoek is gebleken dat het een aantal jaar kan duren voordat het ecosysteem zich volledig heeft aangepast aan een nieuwe situatie, bijvoorbeeld omdat het tijd kost voor bepaalde soorten om nieuw habitat te koloniseren. Om deze redenen worden effecten van getroffen maatregelen pas later zichtbaar. Geforceerd ingrijpen in de biologie zelf is – voor zover al uitvoerbaar – kostbaar en roept vaak veel maatschappelijke weerstand op. Daardoor wordt het doel vooralsnog niet bereikt.

Doelverlaging

Conform beleidsafspraken wordt voor 2021 niet overgegaan tot doelverlaging.

Tijdelijke achteruitgang

Wordt er beroep gedaan op art. 4.6 KRW m.b.t. tijdelijke achteruitgang?

Er wordt geen beroep gedaan op art. 4.6 KRW.

Nieuwe ontwikkelingen

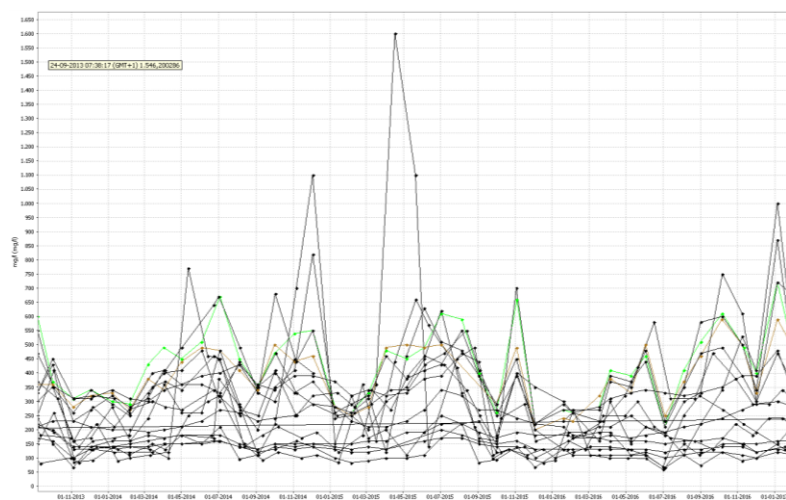
Wordt er beroep gedaan op art. 4.7 KRW m.b.t. nieuwe veranderingen in fysische omstandigheden van het waterlichaam?

Er wordt geen beroep gedaan op art. 4.7 KRW.

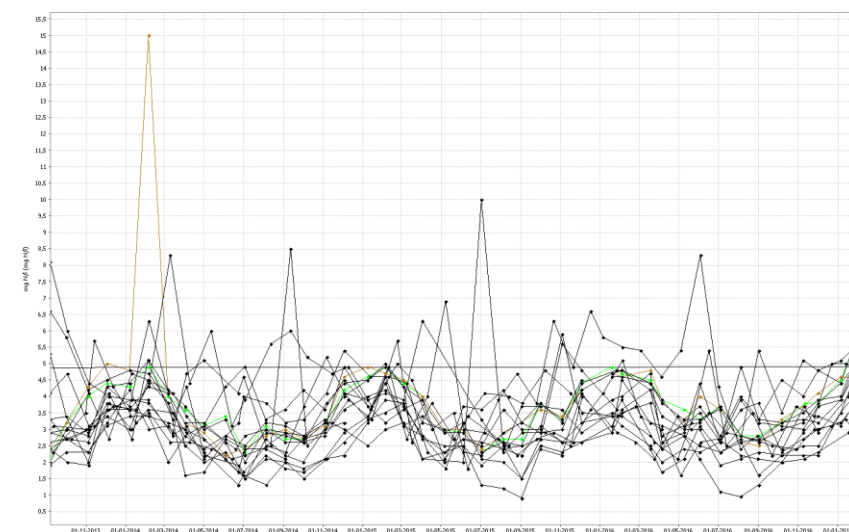
Bijlage 6: concentraties chloride, totaal-stikstof en totaal-fosfor 2014 t/m 2017

Bron: (Deltares, 2016)

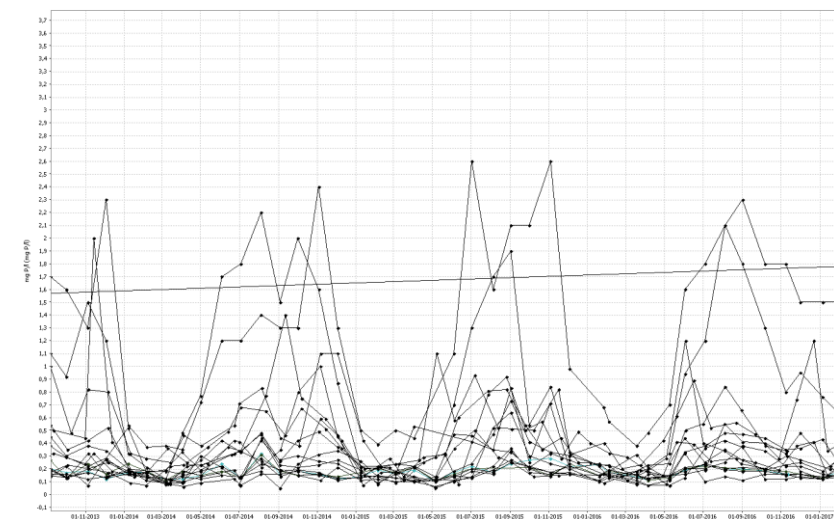
Chloride:



Totaal-stikstof:



Totaal-fosfor:



Bijlage 7: concentraties chloride, ammonium en totaal-fosfor t.o.v. diepte onderkant filter (TNO)

Bron: (TNO, 2017)



Bijlage 8: resultaten bemonsteringen handhaving in relatie met de filterdiepte

Bron: (Moes, 2017)

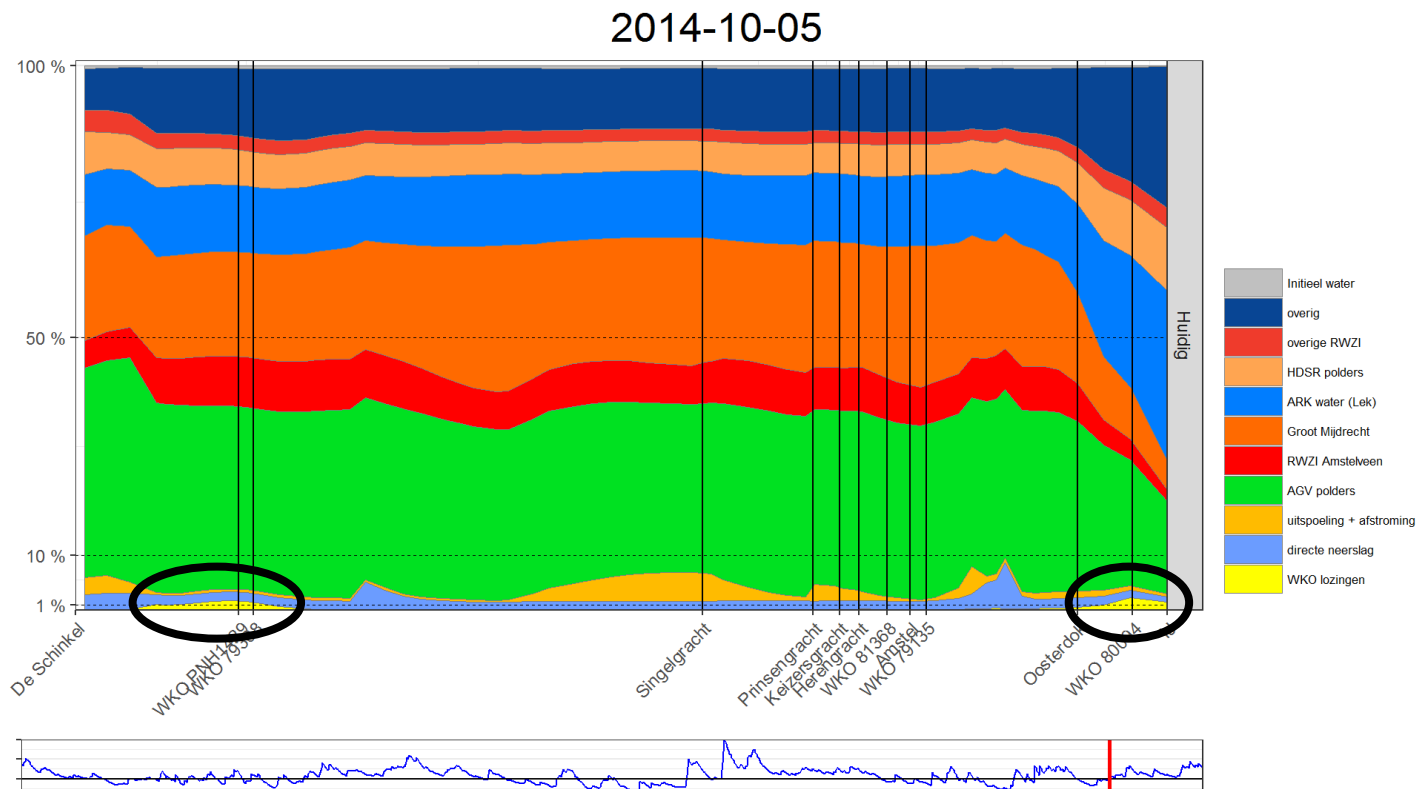
Kenmerk ▼	Filterafstelling onderkant ▼	Chloride (mg/l) ▼	NKJ (mg/l) ▼	P-tot (mg/l) ▼
Luchtvaartstraat	-200	6200		0,19
STAAM0053	-145	7900	10	0,17
TELAM0003	-150	6300	6,5	0,07
HIDAM0002	-70	6000	6,5	0,12
OLYAM0001	-210	6100	7,9	0,13
RIVAM0001	-110	7400	7,3	0,16
RIVAM0001	-110	7100	7,7	0,2
Waternet	-160	7000	6,1	0,12
Waternet	-160	7300	7,5	0,13
Waternet	-160	6900	6,6	0,13
VALAM0003	-105	5300	8	0,34
NBMAM0001	-140	6700	8,1	0,19
CORAM0005 Corendon	-146	9000	10	0,18
SCHAM0026	-170	8900		
QUEAM0001	-122	6400	7,9	0,2
BANAM0002	-140	7800	10	0,32
NBMAM0001	-140	7600	11	0,19
ODEAM0001	-180	8900	9	0,15
TEDAM0001 (stedelijk)	-200	8300	12	0,21
LONAM0001	-153	4200	3,9	0,12
UVAAM0003	-178	6700	6,7	0,1
Gem		7048	8,04	0,17
Hoogste		9000	12,0	0,34
laagste		4200	3,90	0,07
MKN		200		2,8
Streefwaarde				1

Bijlage 9: figuur kwantitatieve bijdrage scenario 1

Bron: (Deltares, 2017) en (Voort, Boezemmodel, 2017)

Scenario 1 (huidige bodemenergiesystemen): datum (5 oktober 2014) met de best waarneembare fracties (zwarte cirkels) aan lozingen vanuit open bodemenergiesystemen in relatie met de overige fracties.

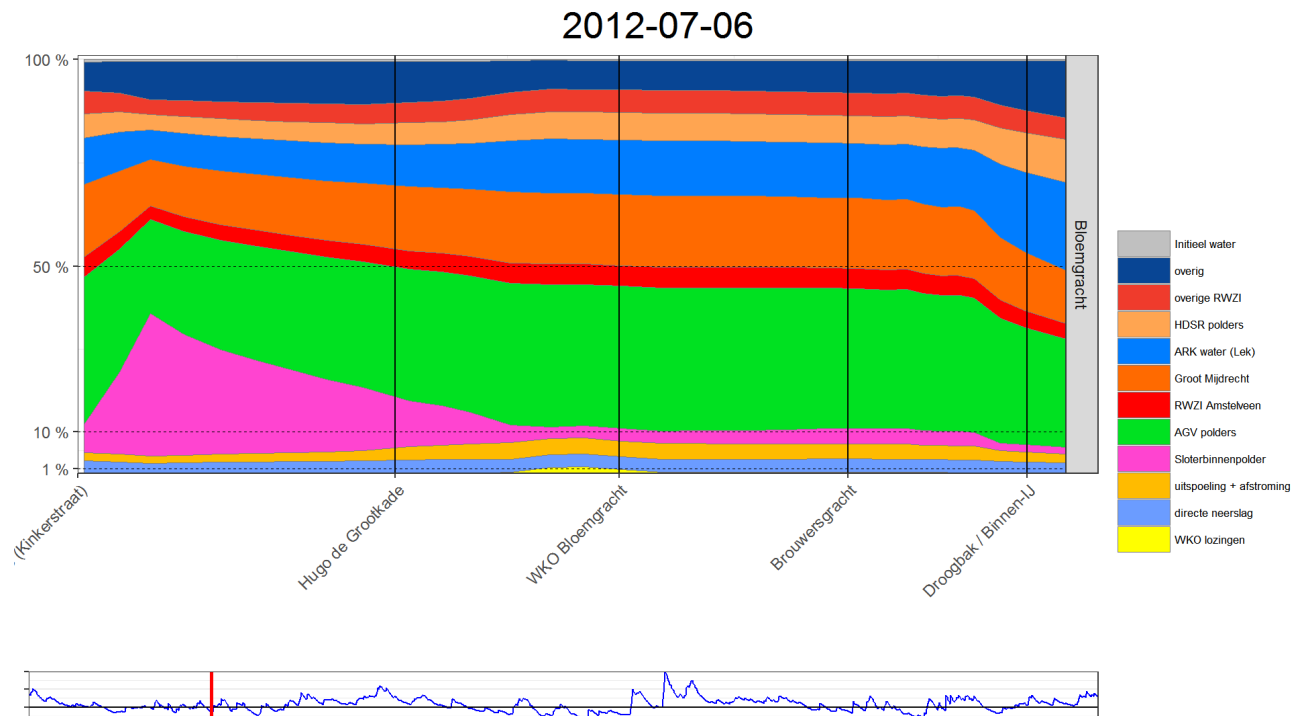
Onderaan de grafiek is de neerslagsom weer over de berekende jaren (2012 t/m 2014)



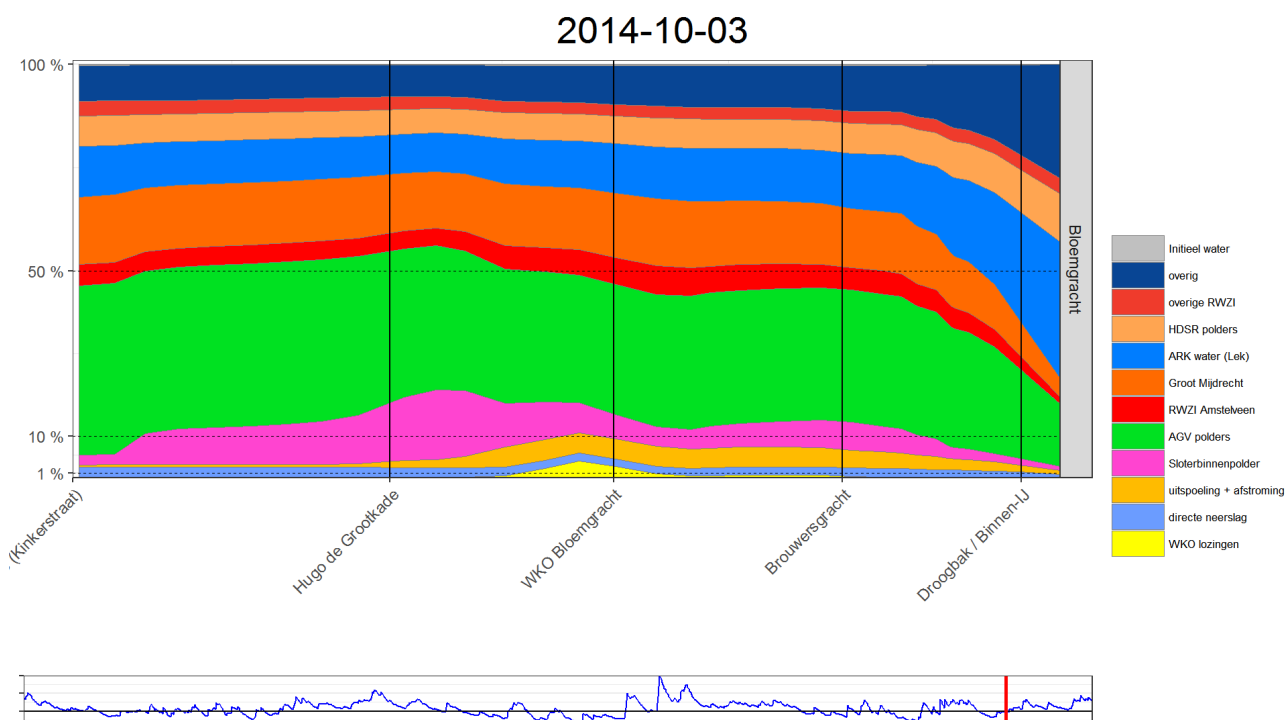
Bijlage 10: figuur kwantitatieve bijdrage scenario 2

Bron: (Deltares, 2017) en (Voort, Boezemmodel, 2017)

Scenario 2 (een bodemenergiesystemen): datum (6 juli 2012) met de best waarneembare fractie tijdens het ontwikkelen van de bronnen.



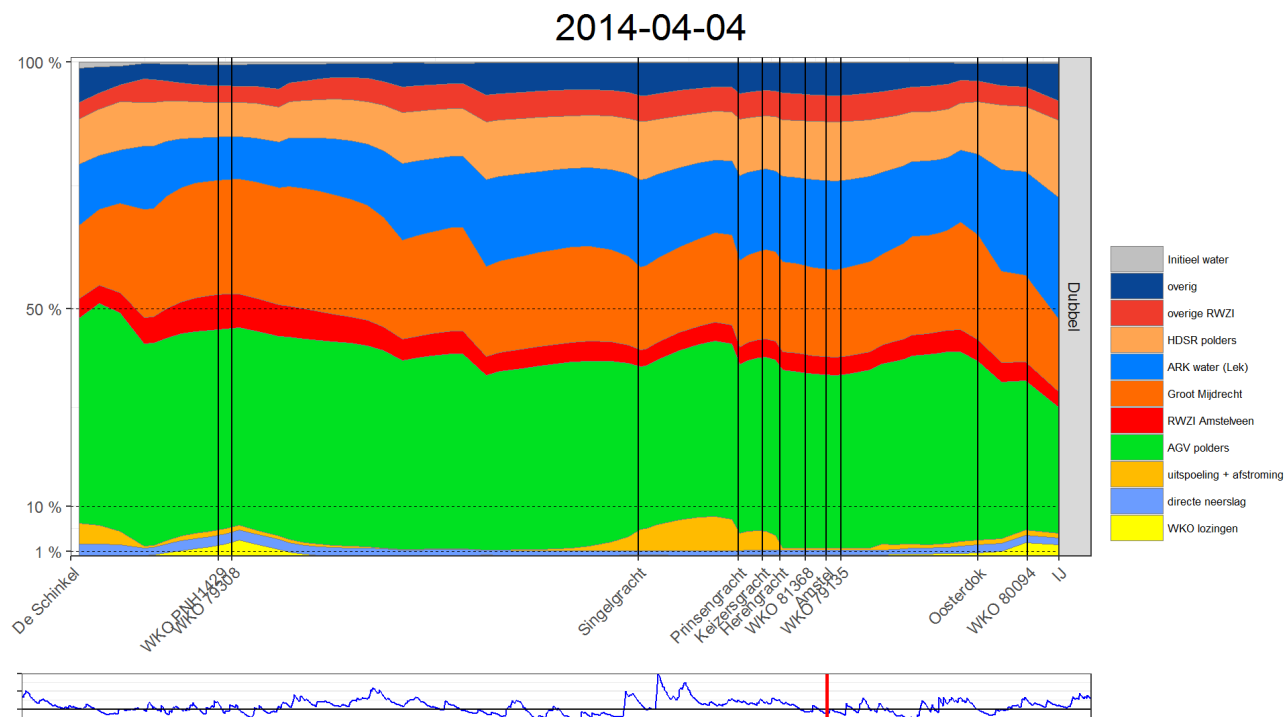
Scenario 2 (een bodemenergiesystemen): datum (3 oktober 2014) met de best waarneembare fractie tijdens het onderhoud van de bronnen



Bijlage 11: figuur kwantitatieve bijdrage scenario 3

Bron: (Deltares, 2017) en (Voort, Boezemmodel, 2017)

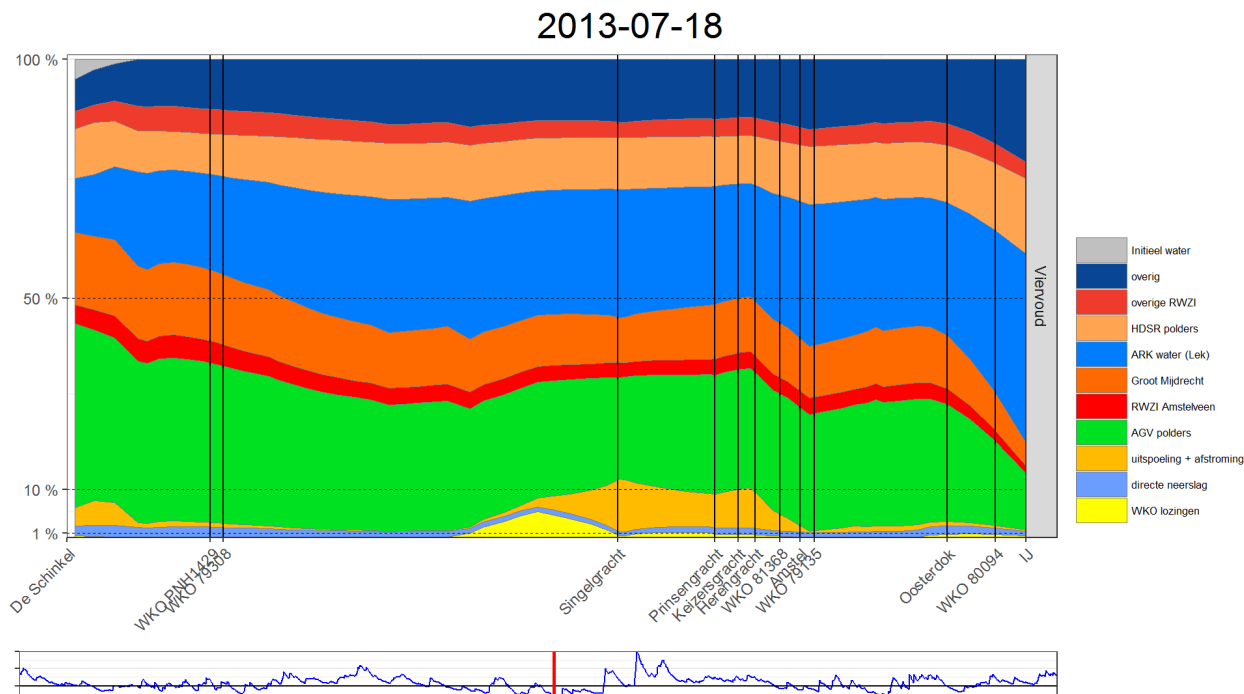
Scenario 3 (verdubbeling bodemenergiesystemen): datum (4 april 2014) met de best waarneembare fractie tijdens het onderhoud van de bronnen. De ontwikkelozingen zijn niet waarneembaar.



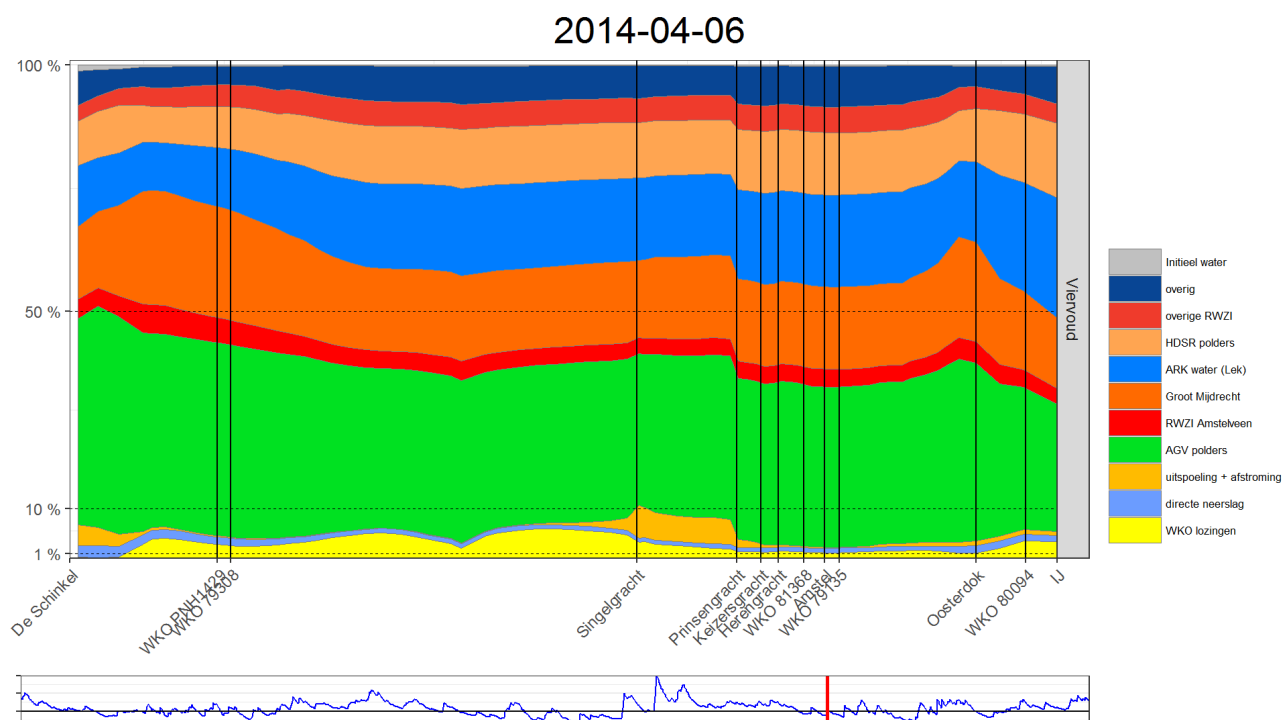
Bijlage 12: figuur kwantitatieve bijdrage scenario 4

Bron: (Deltares, 2017) en (Voort, Boezemmodel, 2017)

Scenario 4 (verviervoudiging bodemenergiesystemen): datum (18 juli 2013) met de best waarneembare fractie tijdens het lozen van ontwikkelwater voor een doublet nabij de Hobbemakade.

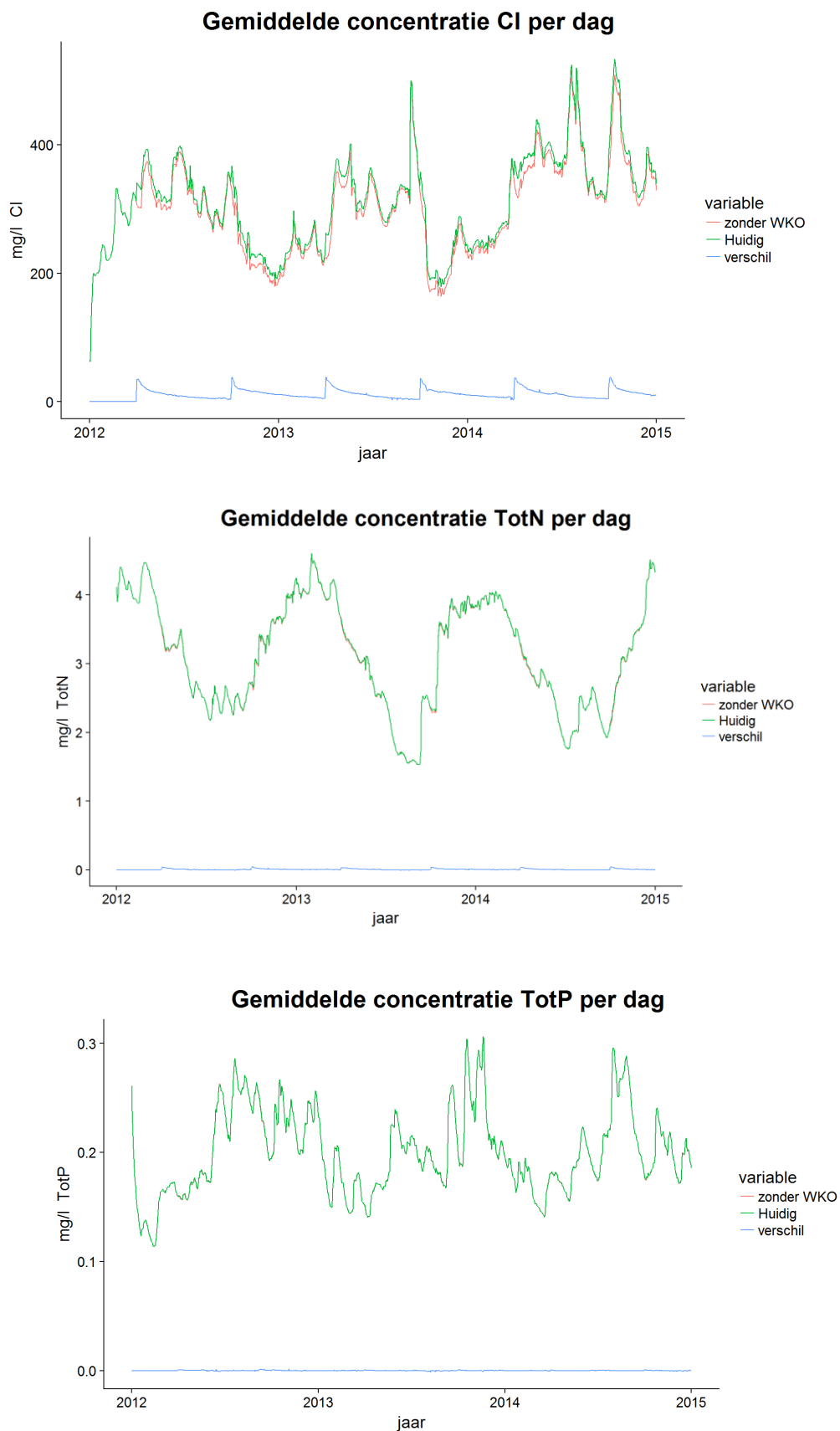


Scenario 4 (verviervoudiging bodemenergiesystemen): datum (6 april 2014) met de best waarneembare fractie tijdens de onderhoudslozingen



Bijlage 13: grafieken gemiddelde kwalitatieve bijdrage scenario 1

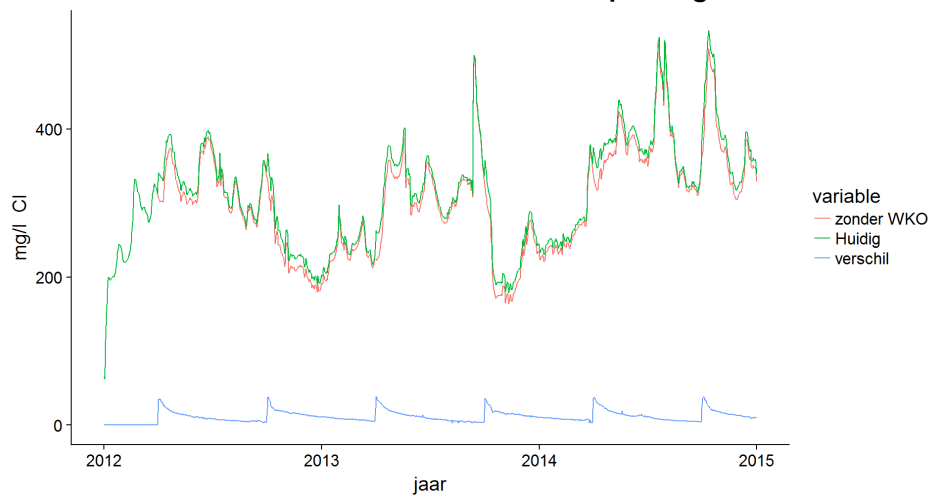
Bron: (Deltares, 2017) en (Voort, Boezemmodel, 2017)



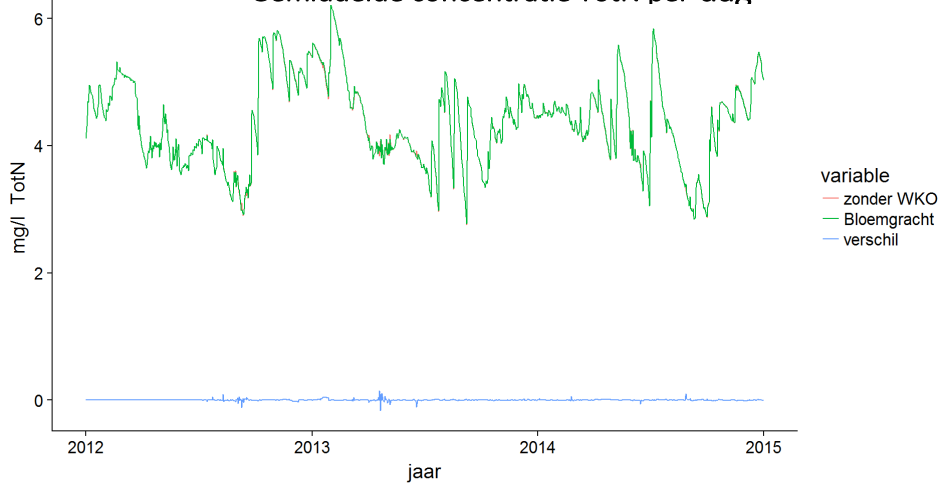
Bijlage 14: grafieken gemiddelde kwalitatieve bijdrage scenario 2

Bron: (Deltares, 2017) en (Voort, Boezemmodel, 2017)

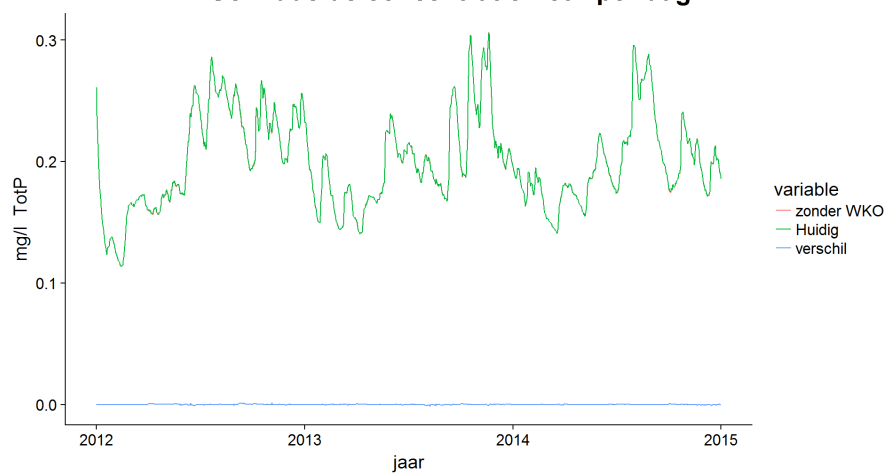
Gemiddelde concentratie CI per dag



Gemiddelde concentratie TotN per dag

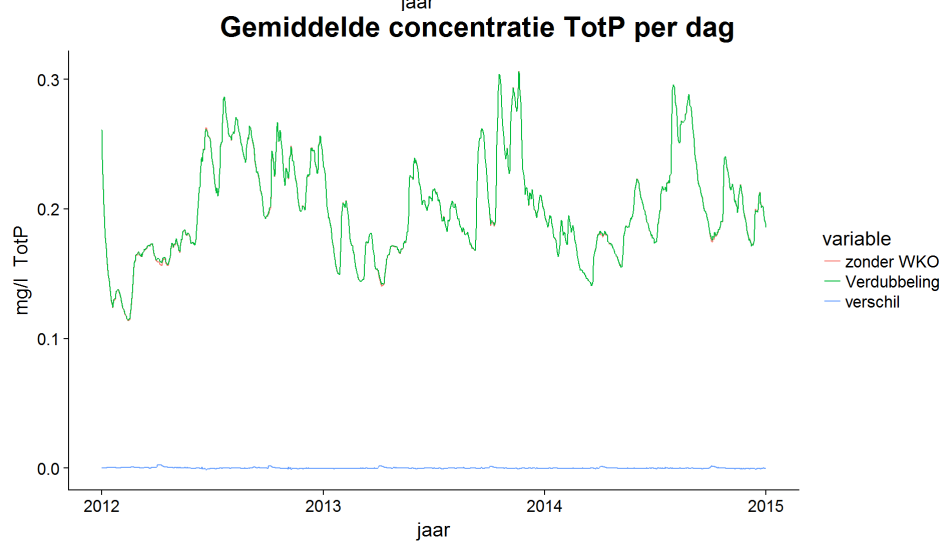
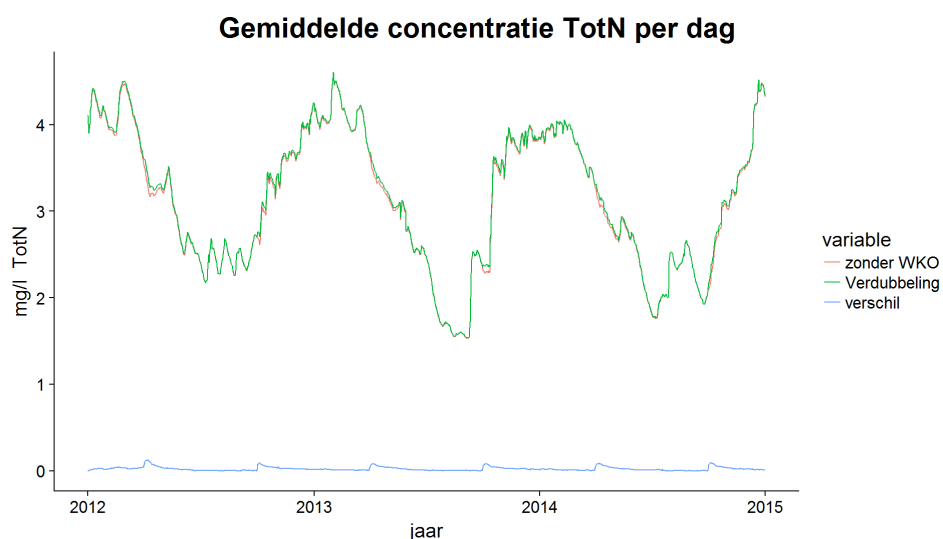
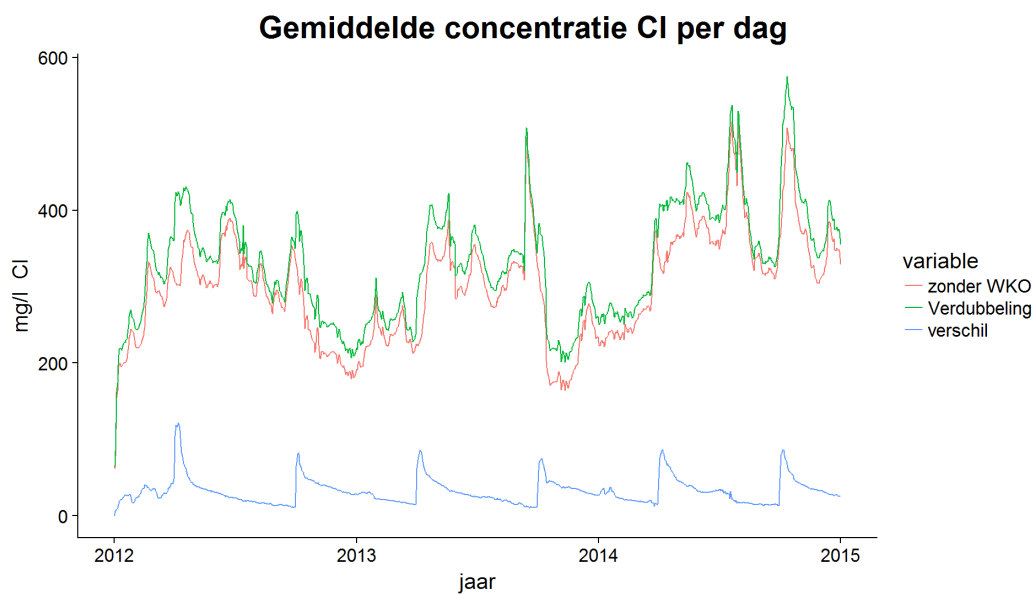


Gemiddelde concentratie TotP per dag



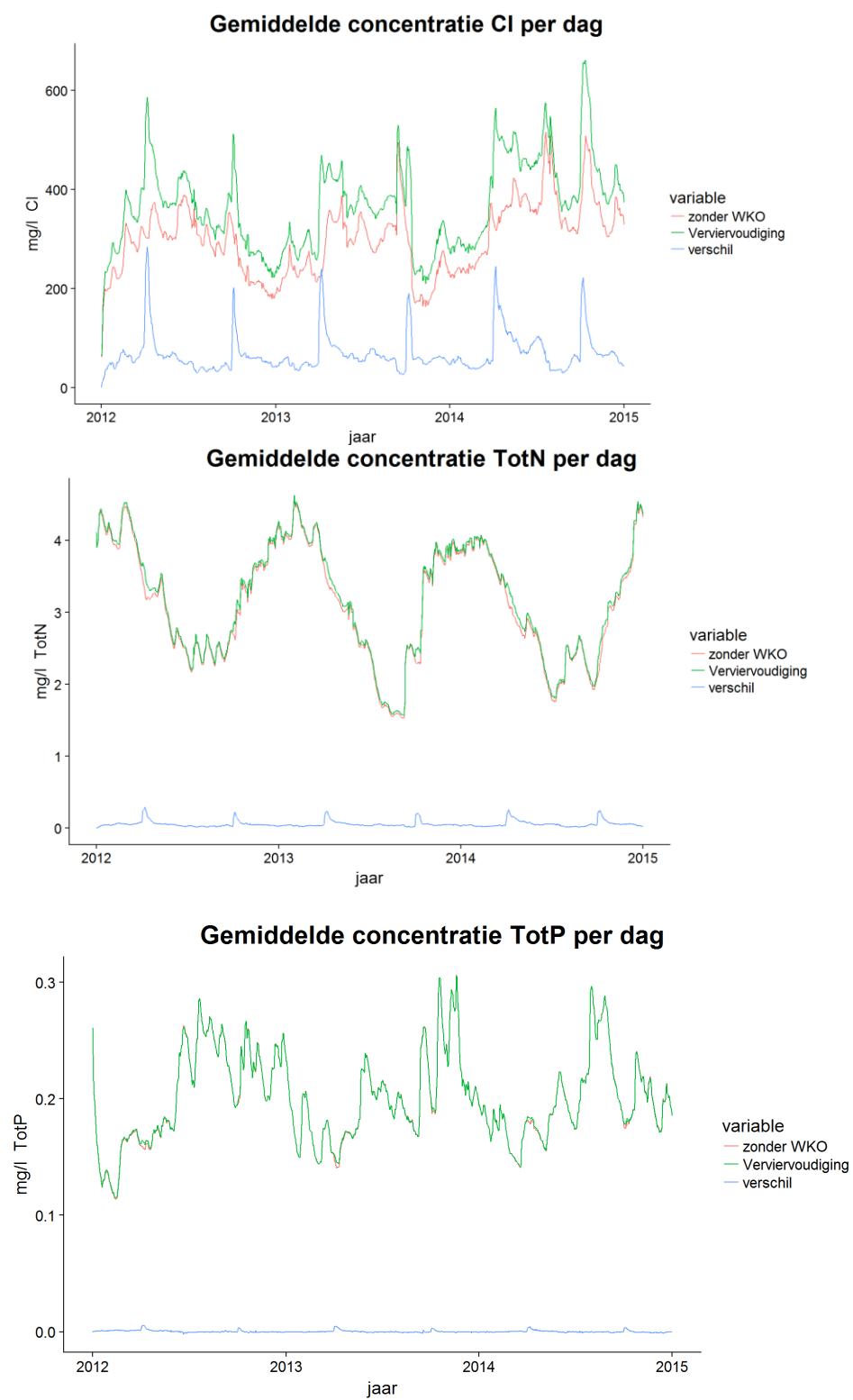
Bijlage 15: grafieken gemiddelde kwalitatieve bijdrage scenario 3

Bron: (Deltares, 2017) en (Voort, Boezemmodel, 2017)



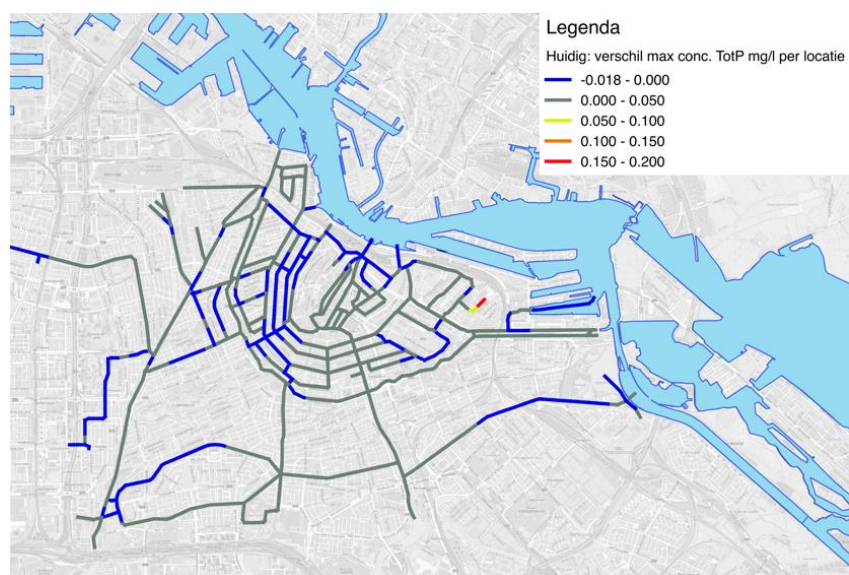
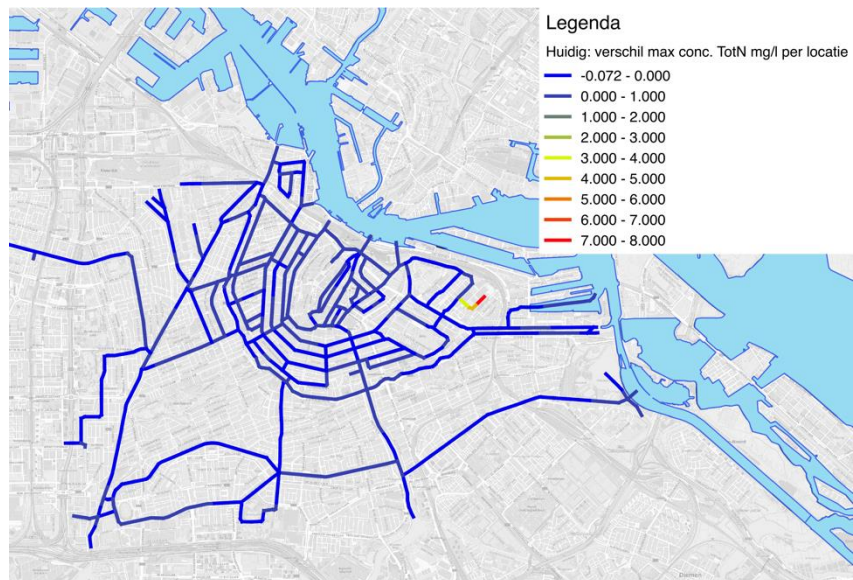
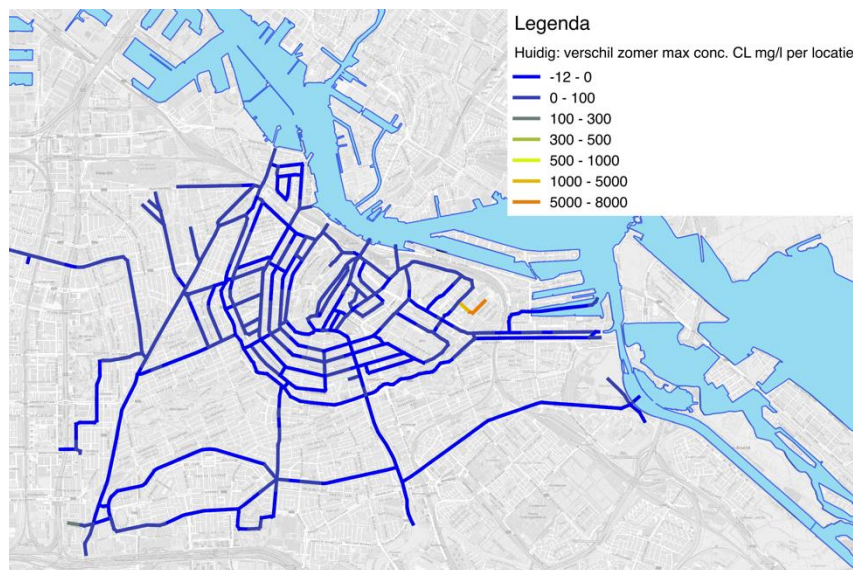
Bijlage 16: grafieken gemiddelde kwalitatieve bijdrage scenario 4

Bron: (Deltares, 2017) en (Voort, Boezemmodel, 2017)



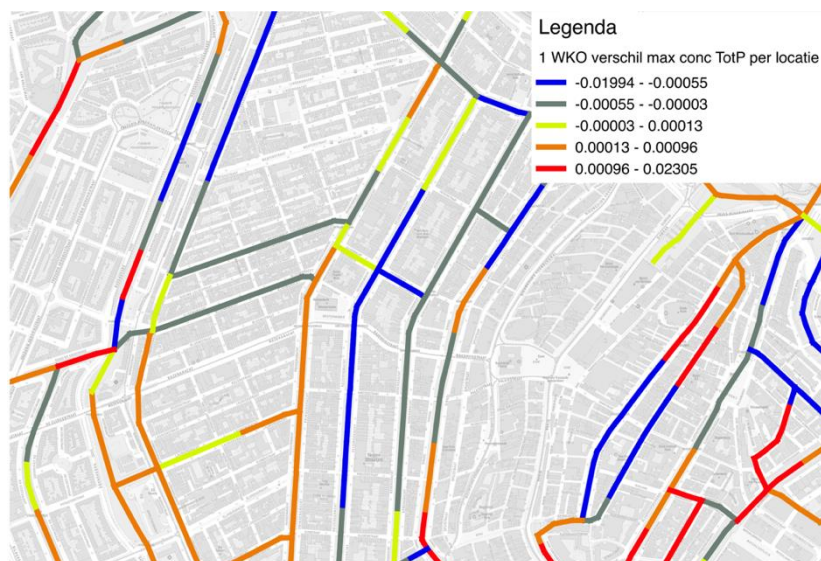
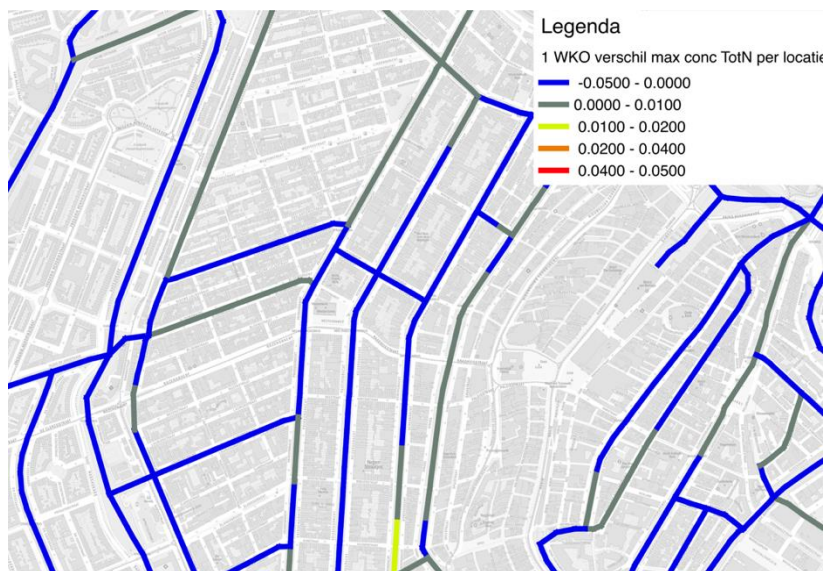
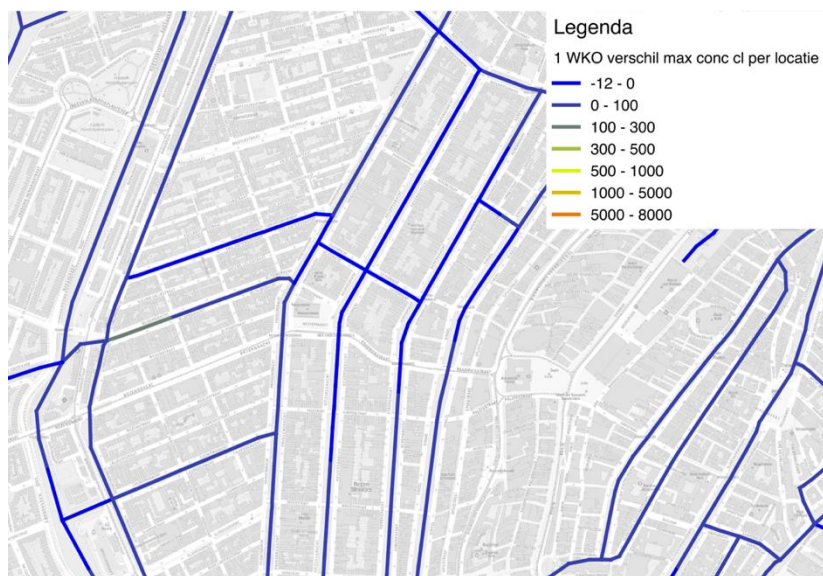
Bijlage 17: figuur maximale concentratie per locatie scenario 1

Bron: (Deltares, 2017) en (Voort, Boezemmodel, 2017)



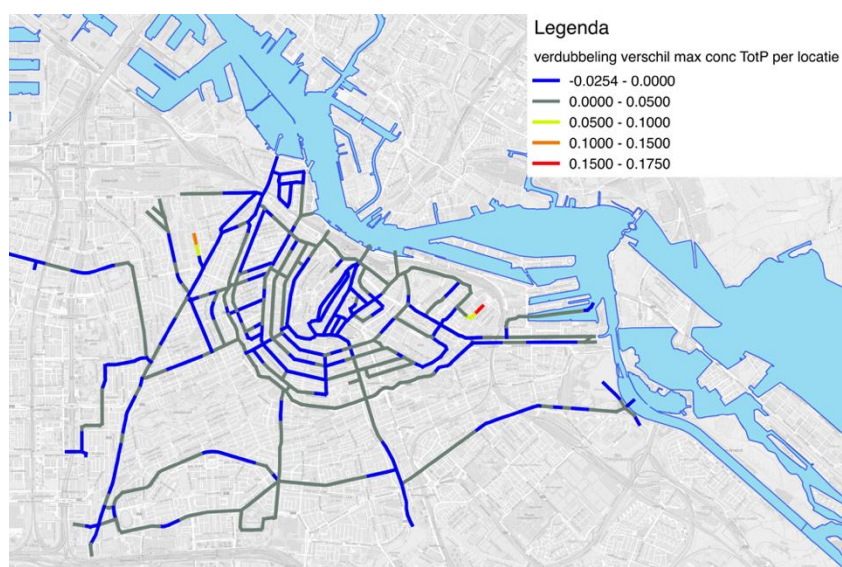
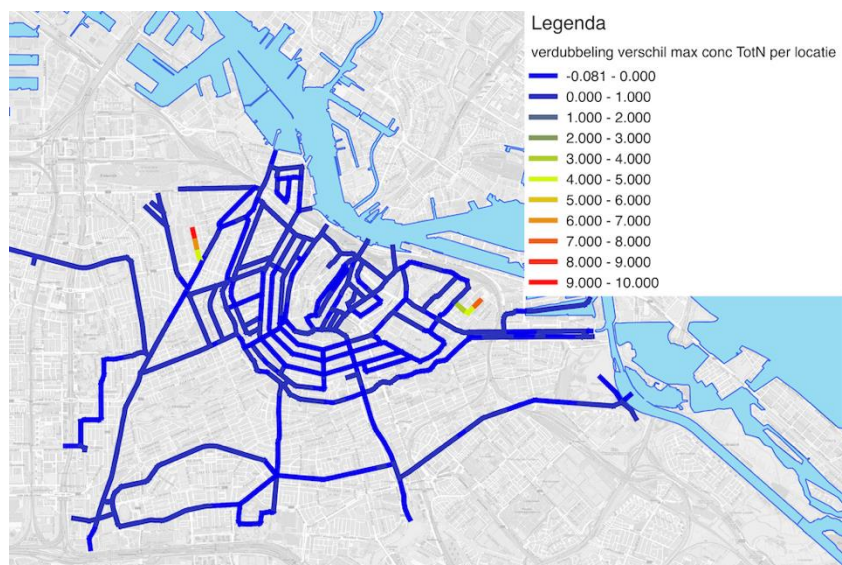
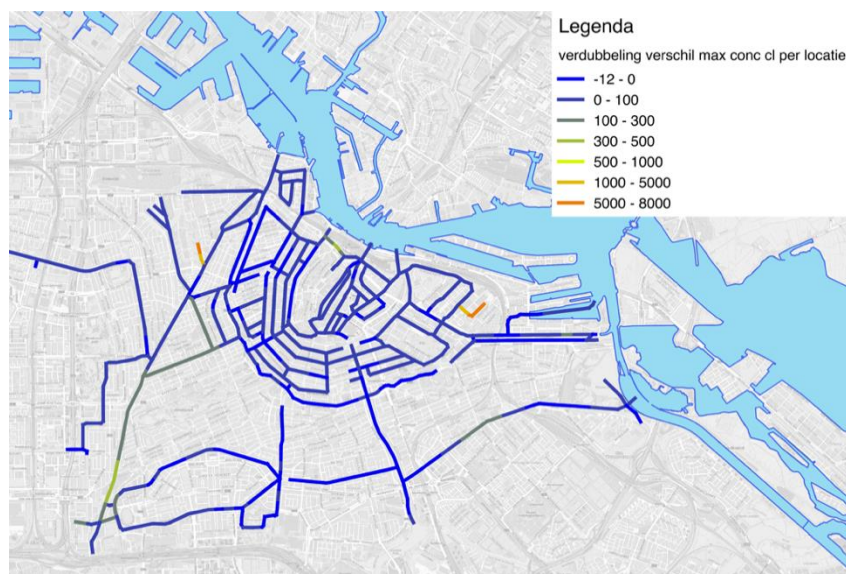
Bijlage 18: figuur maximale concentratie per locatie scenario 2

Bron: (Deltares, 2017) en (Voort, Boezemmodel, 2017)



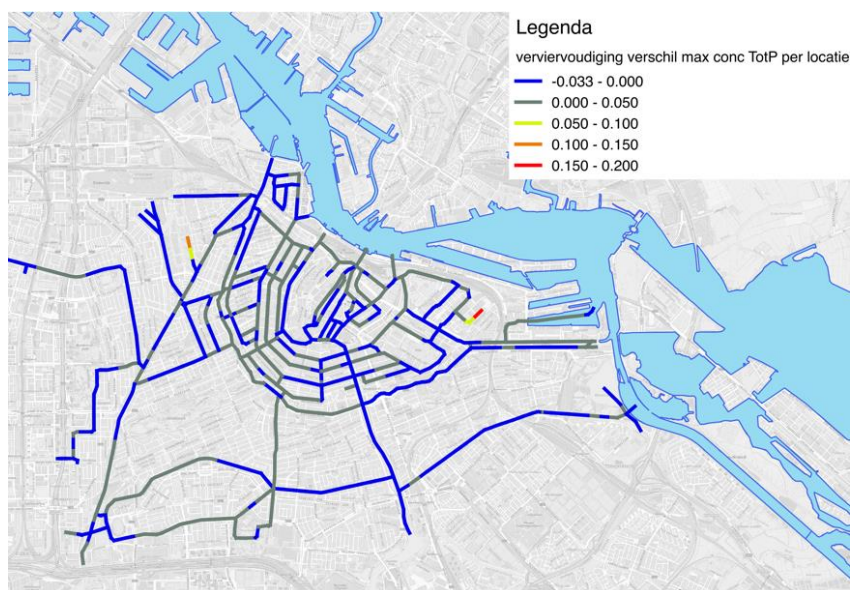
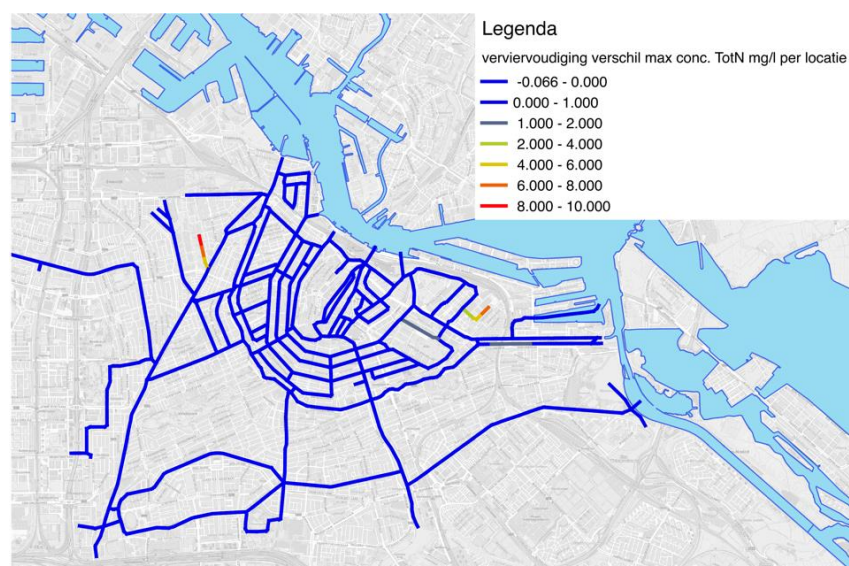
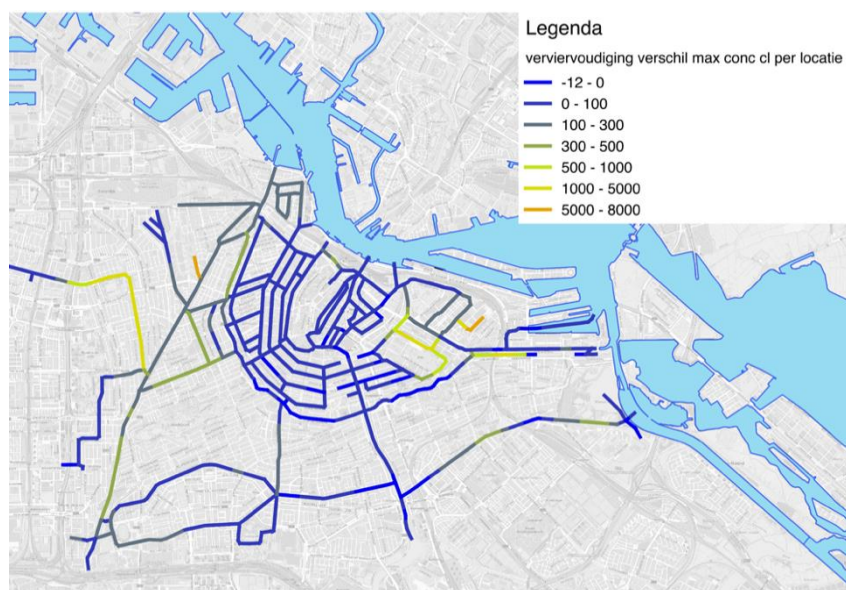
Bijlage 19: figuur maximale concentratie per locatie scenario 3

Bron: (Deltares, 2017) en (Voort, Boezemmodel, 2017)



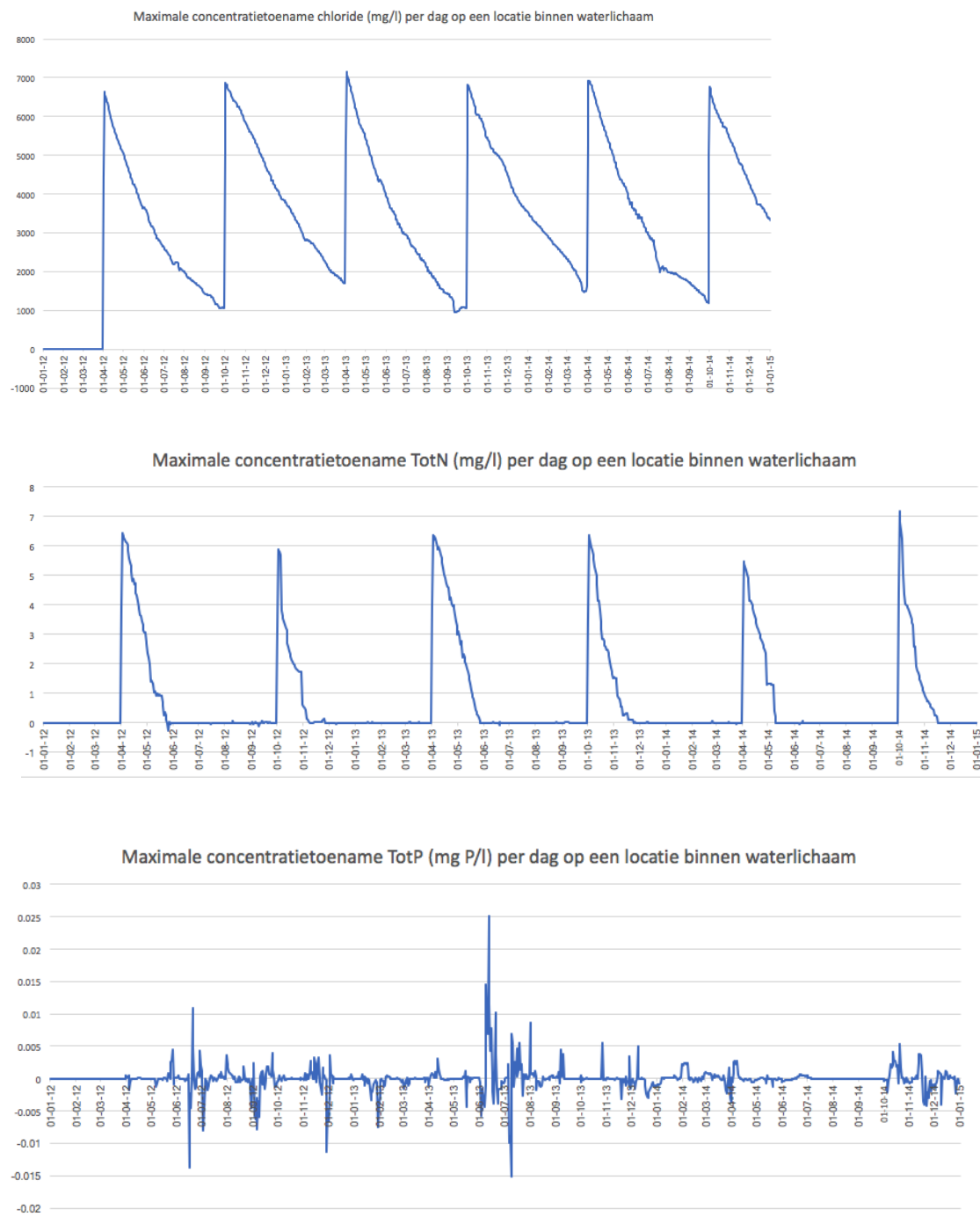
Bijlage 20: figuur maximale concentratie per locatie scenario 4

Bron: (Deltares, 2017) en (Voort, Boezemmodel, 2017)



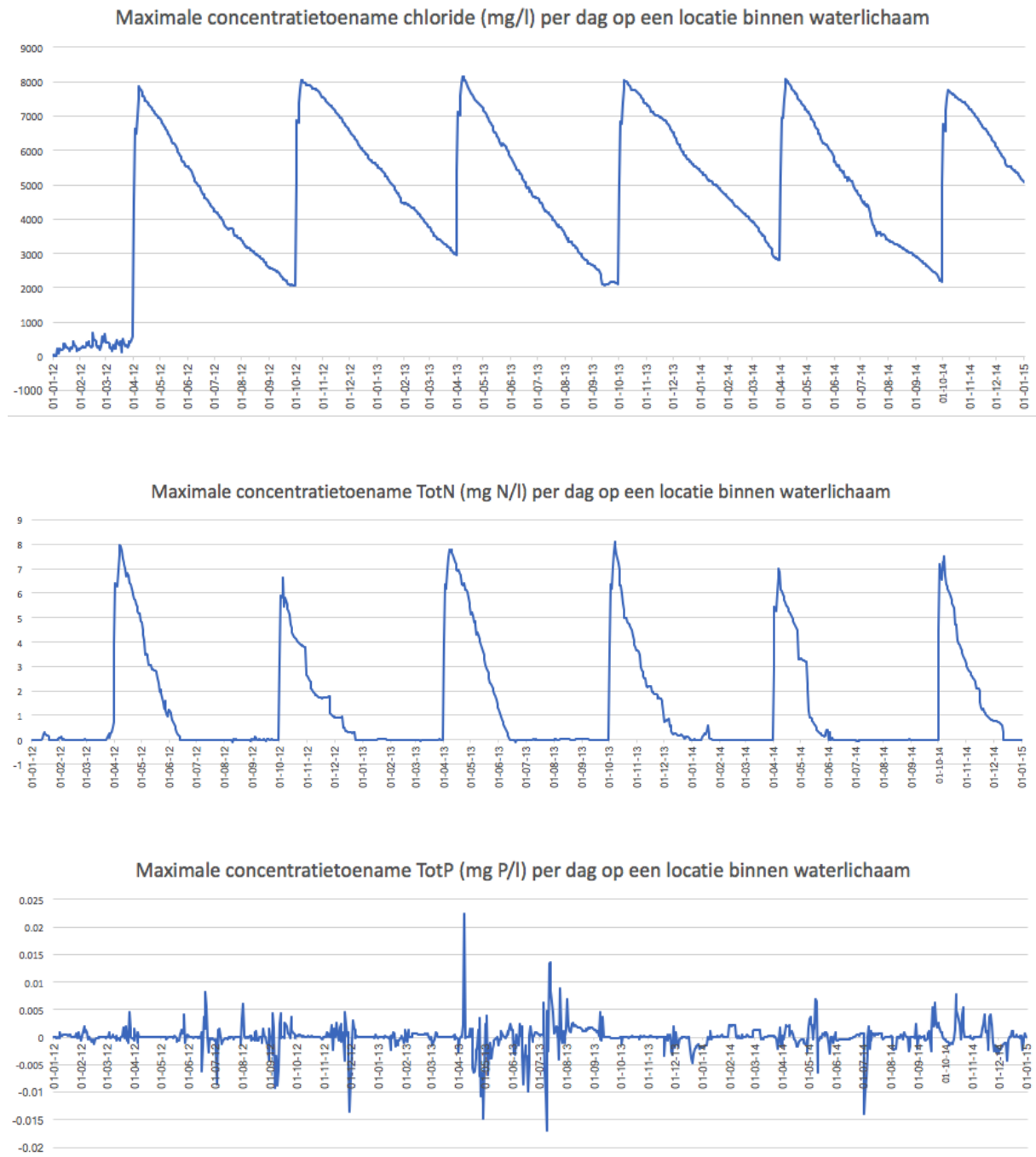
Bijlage 21: grafieken maximale concentratietoename per dag scenario 1

Bron: (Deltares, 2017) en (Voort, Boezemmodel, 2017)



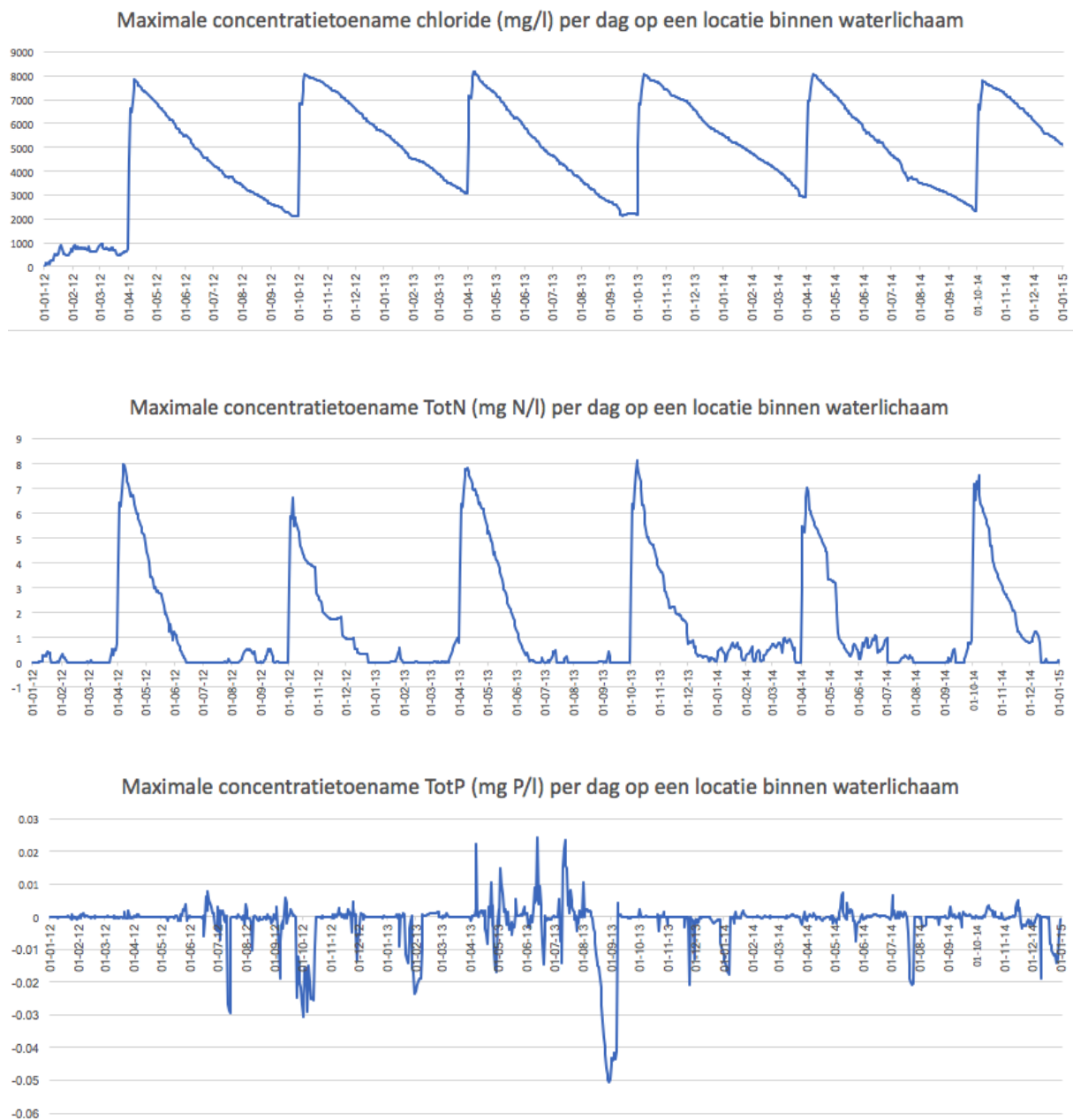
Bijlage 22: grafieken maximale concentratietoename per dag scenario 3

Bron: (Deltares, 2017) en (Voort, Boezemmodel, 2017)



Bijlage 23: grafieken maximale concentratietoename per dag scenario 4

Bron: (Deltares, 2017) en (Voort, Boezemmodel, 2017)



“Het is jammer te bedenken dat de natuur spreekt
maar dat de mensheid niet luistert”

Victor Hugo