



## Risicoschatting FRD-903 in drinkwater in het voorzieningsgebied van drie oevergrondwaterproductielocaties

BIJLAGE 1 bij brief 097/2017/M&V/EvS/AV aan IenM

### Samenvatting

Deze risicoschatting vergelijkt de berekende gehalten FRD-903 bij drie oevergrondwaterproductielocaties voor drie lozingsscenario's met de richtwaarde voor drinkwater.

Hieruit blijkt dat bij het laagste lozingsscenario de berekende concentraties FRD-903 in drinkwater het niveau van de richtwaarde (0,15 microgram/Liter) bij twee van de drie winningen *net niet* zal overschrijden.

Voor de hogere lozingsscenario's wordt het niveau van de richtwaarde rond het jaar 2030 overschreden. Voor de derde winning geldt dat de concentratie bij de drie lozingsscenario's onder het niveau van de richtwaarde blijft. De berekeningen lopen door tot het jaar 2090.

Aanbevolen wordt om regelmatig met behulp van monitoring de berekeningen van de concentraties FRD-903 in drinkwater te actualiseren.

Tenslotte zijn de marges tussen de richtwaarde en berekende concentraties op lange termijn heel klein. Om toekomstige ontwikkelingen (bijvoorbeeld andere bronnen van de stof, verandering in de rivierafvoer door klimaatveranderingen en aangescherpte normering) mee te nemen is een bepaalde veiligheidsmarge nodig welke ervoor moet zorgen dat ook op lange termijn de concentratie FRD-903 onder de richtwaarde blijft. Dit pleit ervoor dat de emissie van FRD-903 naar oppervlaktewater verder wordt verlaagd.

### Inleiding

Tussen 1970 en 2012 heeft de chemiefabriek DuPont/Chemours in Dordrecht de stof perfluor-octaanzuur (PFOA) naar de omgevingslucht en het oppervlaktewater uitgestoten. Hierdoor zijn direct omwonenden van deze fabriek decennialang via de lucht aan deze stof blootgesteld geweest (Zeilmaker et al, 2016). Deze stof is eveneens aanwezig in het drinkwater van productielocaties ten noorden van de Merwede in concentraties lager dan de veilig geachte grenswaarde in drinkwater (Bijlage bij brief 0150/2016/M&V/EvS/AV).

In 2012 is de betreffende chemiefabriek voor de productie van stoffen overgegaan op de zogenoemde GenX-technologie. Bij het toepassen van deze technologie komt tijdens de productie de stof ammonium 2,3,3,3-tetrafluoro-2-(heptafluoropropoxy)propanoate (codenaam FRD-902) vrij. FRD-902 is een zout; in water na de afsplitsing van ammonium komt het als anion voor (codenaam FRD-903). Tevens komt een vluchtig omzettingsproduct met codenaam E1 vrij, welk in principe niet via het

A. van Leeuwenhoeklaan 9  
3721 MA Bilthoven  
Postbus 1  
3720 BA Bilthoven  
www.rivm.nl

T 030 274 91 11  
F 030 274 29 71  
info@rivm.nl

**Auteur**  
J.F.M. Versteegh  
T 030 274 23 21

water wordt geloosd. De betreffende chemiefabriek heeft sinds 2013 een vergunning om maximaal 6400 kg/jr van FRD-903 te lozen op de rioolwaterzuivering (rwzi) van Dordrecht. Via het effluent van de rwzi vindt indirecte lozing, op de Beneden Merwede plaats. In de aangepaste omgevingsvergunning van april 2017 is de toegestane hoeveelheid FRD-903 verlaagd naar 2035 kg/jr.

Het RIVM (Beekman et al, 2016) heeft een evaluatie uitgevoerd van de perfluorverbindingen die bij de GenX-technologie vrijkomen (FRD-902, FRD-903 en E1). De toxiciteitsstudies zijn uitgevoerd met het zout (FRD-902). Het is gerechtvaardigd om deze data te gebruiken voor het anion (FRD-903) omdat de effecten in het organisme door het anion worden veroorzaakt. Gesteld wordt dat alle drie de stoffen vrijwel zeker zeer slecht in het milieu worden afgebroken omdat het perfluorverbindingen zijn (sterke binding tussen fluor- en koolstofatomen). Aangezien FRD-902 en FRD-903 in proefdieren sneller dan PFOA het lichaam verlaten, wordt verwacht dat beide stoffen een geringere bioaccumulatie in de mens vertonen dan PFOA. Maar omdat data ontbreken over de eliminatiesnelheid van FRD-902 en/of FRD-903 bij de mens kan hierover geen definitieve conclusie worden getrokken.

In het RIVM-rapport van Beekman et al. (2016) wordt vermeld dat op basis van de beschikbare gegevens FRD-902 en 903 geclassificeerd zouden moeten worden als mogelijk kankerverwekkend voor de mens. In de beschikbare studies is geen mutageniteit aangetoond. De reproductietoxische effecten zijn beperkt en leiden in deze vorm niet tot een classificatie voor reproductietoxiciteit, dit in tegenstelling tot PFOA. De effecten op organen (lever en nier) bij de muis zijn lastig te beoordelen omdat de doseringen afwijken van de voorgeschreven doseringen in de Reach-richtlijnen. De effecten op organen die bij de rat zijn waargenomen zijn om dezelfde reden moeilijk te beoordelen. De effecten op de lever zijn bij FRD-902 en PFOA waargenomen bij ongeveer vergelijkbare doseringen.

### **Afleiding drinkwaterrichtwaarde voor FRD-903**

In het rapport van Beekman et al. (2016) wordt een limietwaarde voor de inhalatie van FRD-903 voor de algemene populatie afgeleid, gebaseerd op een orale NOAEL (No Observed Adverse Effect Level) van 0,1 mg/kg lichaamsgewicht/dag. Deze NOAEL is afkomstig uit een orale chronische rattenstudie met de stof FRD-902. Dezelfde NOAEL kan gebruikt worden voor het afleiden van een Toelaatbare Dagelijkse Inname (TDI) voor FRD-903.

Om de NOAEL uit de proefdierstudie ter vertalen naar een TDI voor de mens zijn conform de Europees geldende REACH-richtlijnen, assessmentfactoren gebruikt voor inter- en intraspecies extrapolatie. Bovendien werd een extra factor toegepast voor mogelijke bioaccumulatie in de mens. (zie Bijlage bij brief 0150/2016/M&V/EvS/AV). Dit leidt tot een voorlopige TDI voor FRD-903 van 21 ng/kg lichaamsgewicht/dag. De TDI is voorlopig vanwege de onzekerheid over bioaccumulatie in de mens. Met additionele informatie op dit punt is mogelijk een definitieve TDI af te leiden. De voorlopige richtwaarde voor drinkwater is berekend op basis van de voorlopige TDI waarbij 20% van de blootstelling wordt

toegerekend aan drinkwater voor een persoon van 70 kg en een consumptie van 2 liter drinkwater per dag.

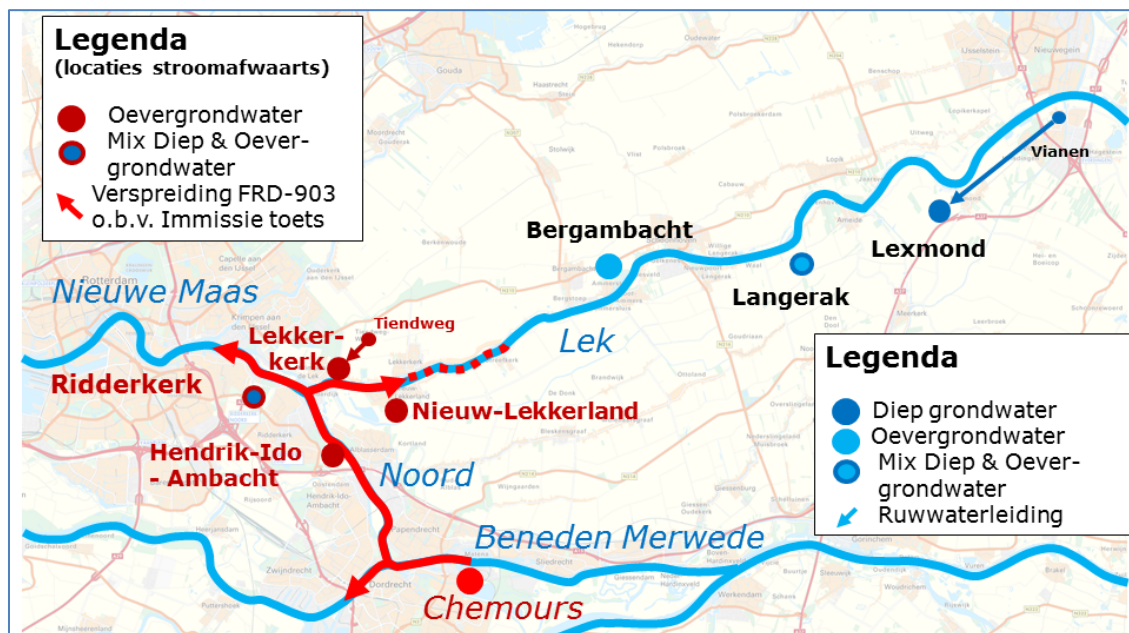
De voorlopige richtwaarde voor FRD-903 in drinkwater is volgens deze berekening 0,15 microgram per liter.

### FRD-903 in oevergrondwater

Het drinkwaterbedrijf Oasen maakt gebruik van oevergrondwaterwinningen voor de drinkwaterproductie. Deze oevergrondwaterwinningen liggen langs de Noord, de Nieuwe Maas en de (monding) van de Lek welke in verbinding staan met de Beneden Merwede, benedenstreams van de fabriek van Dupont/Chemours. In deze winningen is onderzoek naar de aanwezigheid van PFOA uitgevoerd (Oasen, 2016). Nadat bekend was dat de opvolger van PFOA, FRD-903 eveneens aantoonbaar was in het ruwwater van de oevergrondwaterwinningen heeft Oasen verder onderzoek gedaan naar het effect van de lozing van FRD-903 op deze winningen (Oasen, 2017).

### FRD-903 in drinkwater

Er zijn drie productielocaties (Hendrik-Ido Ambacht/Ridderkerk; Lekkerkerk; Nieuw-Lekkerland ) waar FRD-903 in drinkwater is aangetoond (februari 2017: 0,021 -0,045 microgram per liter). Op basis van de berekeningen van de concentraties in de bijbehorende winningen kan de te verwachten concentratie in drinkwater worden weergegeven.



Figuur 1: Ligging zuiveringsstations stroomafwaarts van Chemours. Het ruwwater van Hendrik-Ido Ambacht wordt in Ridderkerk gezuiverd. Bron (Oasen, 2017.)

### **Toekomstige FRD-903 concentraties in oevergrondwater bij verschillende lozingsscenario's**

De betrokken partijen hebben besloten een viertal lozingsscenario's door te rekenen. De scenario's zijn weergegeven in tabel 1.

In combinatie met de rivierafvoer wordt inzicht verkregen in toekomstige concentraties FRD-903 in de winningen en dus in drinkwater.

*Tabel 1: Scenario's die zijn doorgerekend door Rijkswaterstaat. Bron (Oasen, 2017).*

| <b>Scenario</b>                           | <b>Lozing (kg/jr)</b> |
|---|-----------------------|
| Huidige vergunning                        | 6400                  |
| Aanvraag Chemours                         | 3600                  |
| Voorstel beschikking OZHZ <sup>1</sup>    | 2700                  |
| Definitieve beschikking OZHZ <sup>1</sup> | 2035*                 |

*\* Advies RWS: Voor dit scenario is de door RIVM afgeleide richtwaarde van 0,15 µg/L voor FRD-903 als vertrekpunt gehanteerd. 2035 kg/jr is op advies van Rijkswaterstaat in april 2017 in de beschikking van de omgevingsdienst (OZHZ) vastgelegd.<sup>1</sup> Omgevingsdienst Zuid-Holland Zuid*

RWS heeft voor deze scenario's de gemiddelde concentraties in het rivierwater berekend voor de Noord, de monding van de Noord, en de monding van de Hollandse IJssel voor twee verschillende afvoeren van de rivieren, namelijk:

1. Maatgevende Lage Afvoer (MLA)
2. Tijdgemiddelde Modale Afvoer (TMA)

De Maatgevende Lage Afvoer (MLA) wordt standaard door RWS als afvoerscenario gebruikt voor het bepalen van de waterbezwaarlijkheid van stoffen via de immissietoets. De Tijdgemiddelde Modale Afvoer geeft een goed beeld van de gemiddelde situatie. De verwachting is dat de, met deze beide afvoeren, berekende concentraties een goede indicatie geven van de realistisch te verwachten concentraties in de rivier.

Aansluitend heeft Oasen deze concentraties gebruikt om met modellen te berekenen hoe de concentraties in het opgepompte oevergrondwater zich zal ontwikkelen.

In het rapport (Oasen, 2017) worden de onzekerheden besproken en wordt een aantal uitgangspunten voor de berekening in het oevergrondwater genoemd.

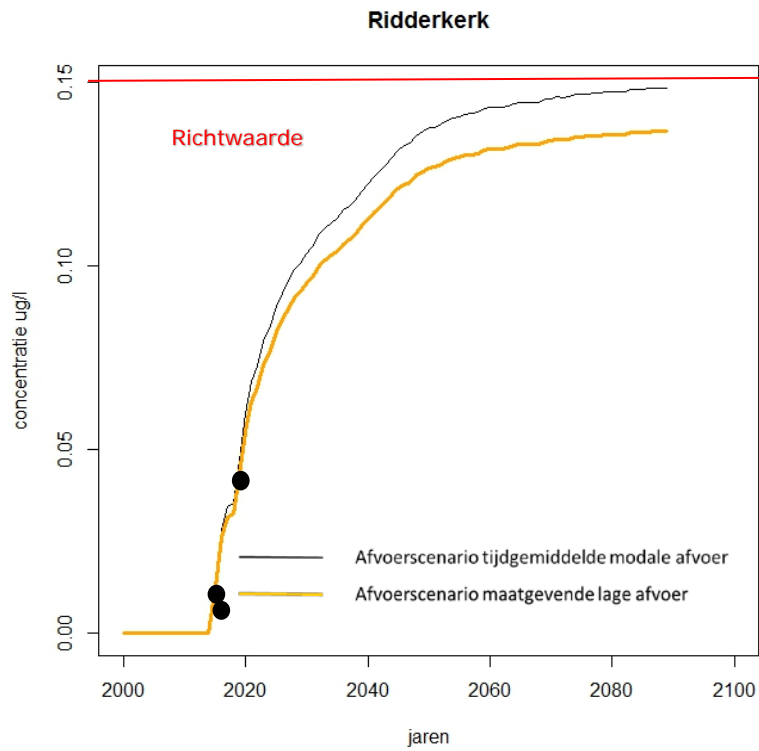
In het rapport wordt voor elk van de drie winningen in het gebied een berekening uitgevoerd voor de te verwachten concentratie FRD-903 in het ruwwater voor de periode 2000-2100 voor de lozingsscenario's: 3600, 2700, 2035 kg/jr en voor het scenario 2035 met een afbouw naar 20 kg/jr in vijf jaar (alleen Lekkerkerk). De door Rijkswaterstaat bepaalde concentraties bij een lozing van 6400 kg/jr is niet verder doorgerekend omdat deze variant in de loop van het onderzoek niet meer als realistisch werd gezien. De berekende concentraties zijn vervolgens vergeleken met de richtwaarde voor drinkwater van 0,15 µg/L. In tabel 2 zijn de resultaten weergegeven.

Tabel 2: Berekend moment van overschrijding richtwaarde FRD-903 (0,15 µg/L) in ruwwater per locatie per lozings-scenario. Bron (Oasen, 2017).

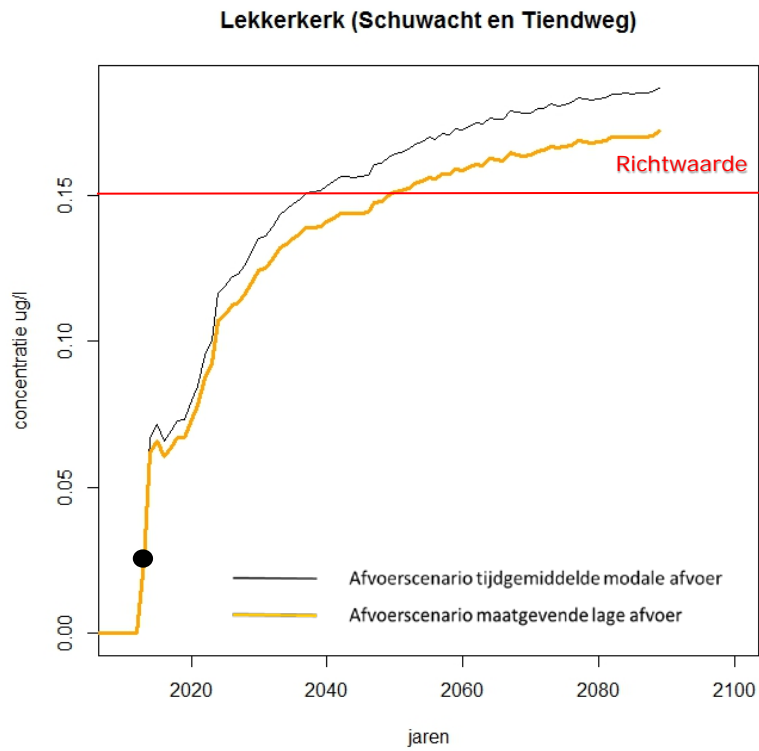
| Zuiveringsstation | Winvelden             | Lozingsscenario | Berekend moment overschrijding richtwaarde FRD-903 |
|-------------------|-----------------------|-----------------|--|
| Ridderkerk        | HIA en Ridderkerk     | 3600            | n.v.t. <sup>1</sup>                                |
| Ridderkerk        | HIA en Ridderkerk     | 2700            | n.v.t.   |
| Ridderkerk        | HIA en Ridderkerk     | 2035            | n.v.t.   |
| Lekkerkerk        | Schuwacht en Tiendweg | 3600            | 2025   |
| Lekkerkerk        | Schuwacht en Tiendweg | 2700            | 2040-2050  |
| Lekkerkerk        | Schuwacht en Tiendweg | 2035            | n.v.t. <sup>1</sup>                                |
| Nieuw-Lekkerland  | Nieuw-Lekkerland      | 3600            | 2023-2025  |
| Nieuw-Lekkerland  | Nieuw-Lekkerland      | 2700            | 2030-2045  |
| Nieuw-Lekkerland  | Nieuw-Lekkerland      | 2035            | n.v.t. <sup>1</sup>                                |

<sup>1</sup> De hoogste berekende concentratie benadert op enig moment de grenswaarde als deze berekende concentratie ligt tussen 0,14 en 0,15 µg/L.

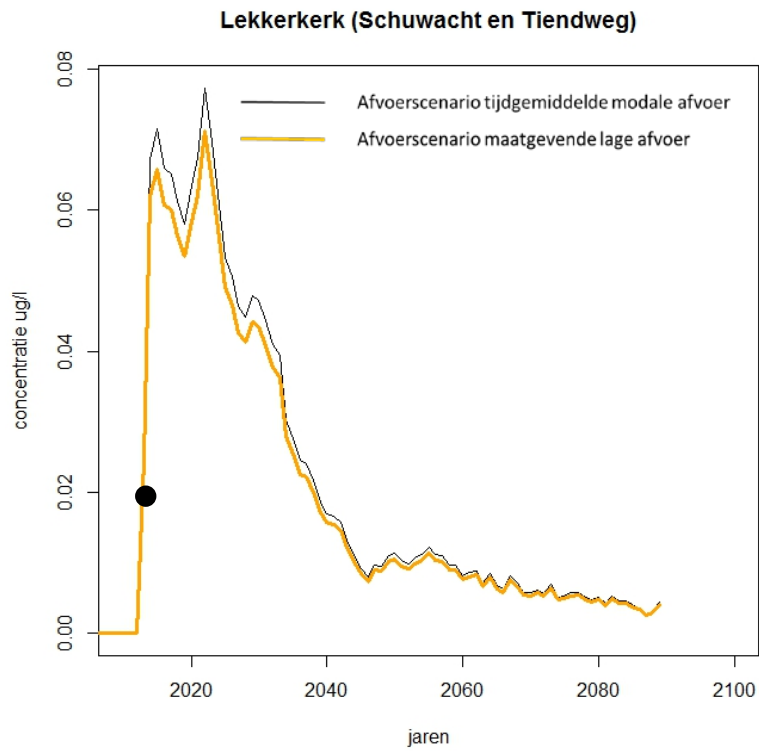
Hierna volgen enkele voorbeelden van de berekeningen van de concentraties in ruwwater bij een lozingsscenario.



*Figuur 2: Berekende concentratie FRD-903 in ruwwater van de gezamenlijke winvelden van de zuivering Ridderkerk voor het lozingsscenario 3600 kg/jr (●= meting). Bron: Oasen, 2017.*

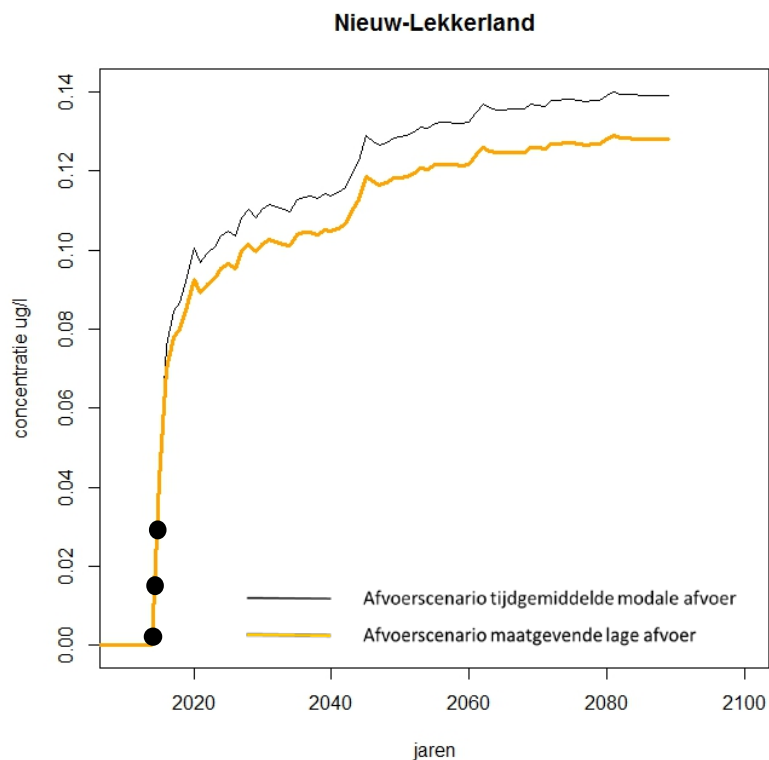


*Figuur 3: Berekende concentratie FRD-903 in ruwwater van Lekkerkerk voor het lozingsscenario 2700 kg/jr (●= meting). Bron: Oasen, 2017.*



*Figuur 4: Berekende concentratie FRD-903 in ruwwater van Lekkerkerk voor het lozingsscenario 2035 en afbouw naar 20 kg/jr in 5 jaar. Bron: Oasen, 2017.*





*Figuur 5: Berekende concentratie FRD-903 in ruwwater van Nieuw-Lekkerland voor het lozingsscenario 2035 kg/jr (●= meting). Bron: Oasen, 2017.*

Voor de locatie *Ridderkerk* is in figuur 2 het lozingsscenario 3600 kg/jr weergegeven. Uit de figuur blijkt dat bij het hoogste afvoerscenario (tijdgemiddelde modale afvoer) de maximale concentratie FRD-903 nog net onder de richtwaarde voor drinkwater (0,15  $\mu\text{g/L}$ ) blijft. In de overige lozingsscenario's is de maximale berekende concentratie ook lager dan de richtwaarde. Voor de locatie *Ridderkerk* is onder de drie doorgerekende lozingsscenario's geen concentratie in het ruwwater boven de richtwaarde te verwachten.

Voor de locatie *Lekkerkerk* is in figuur 3 het lozingsscenario 2700 kg/jr weergegeven. Uit de figuur blijkt dat bij het hoogste afvoerscenario (tijdgemiddelde modale afvoer) de drinkwaterrichtwaarde rond 2040 zal worden overschreden. In het hoogste lozingsscenario wordt de richtwaarde rond 2025 overschreden en in het laagste lozingsscenario (2035 kg/jr) wordt in 2090 deze nog net niet overschreden (0,14  $\mu\text{g/L}$ ). In figuur 4 is voor de locatie *Lekkerkerk* de concentratie FRD-903 weergegeven als het lozingsscenario 2035 kg/jr wordt afgebouwd naar 20 kg/jr in vijf jaar vanaf 2017. De spreiding van de verblijftijd van oevergrondwaterwinningen speelt hier een belangrijke rol. Kortdurende verontreinigingen zijn goed op te vangen, maar een langdurige lozing leidt tot langdurige verontreiniging van de bron. Hiervan zijn meerdere voorbeelden bekend.

Voor de locatie *Nieuw Lekkerland* is in figuur 5 het lozingsscenario 2035 kg/jr weergegeven. Uit de figuur blijkt dat rond 2090 de berekende concentratie FRD-903 (0,14 µg/L) de richtwaarde voor drinkwater nog juist niet overschrijdt. In de hogere lozingsscenario's wordt de richtwaarde vanaf respectievelijk 2023 en 2030 overschreden.

### **Risicoschatting blootstelling aan FRD-903 uit drinkwater**

In deze rapportage wordt een samenvatting gegeven van de berekende concentraties FRD-903 in het ruwwater van de drie productielocaties voor drie lozingsscenario's van de fabriek van Chemours op de rwzi van Dordrecht. Uit onderzoek uitgevoerd door Oasen (Oasen, 2017) blijkt dat FRD-903 tijdens de zuivering, ondanks de aanwezigheid van actieve koolfiltratie, niet wordt verwijderd. Dit betekent dat de toekomstige concentraties in het drinkwater gelijk zullen zijn aan die in het onttrokken oevergrondwater (ruwwater). Voor de risicoschatting voor de mens van FRD-903 uit drinkwater wordt daarom uitgegaan van de berekende concentraties in ruwwater.

Om vast te stellen of er sprake is van een risico van FRD-903 via de consumptie van drinkwater worden de berekende concentraties vergeleken met de voorlopige richtwaarde van 0,15 µg/L.

Uit tabel 1 blijkt voor de locatie *Ridderkerk* dat deze richtwaarde bij geen van de drie lozingsscenario's wordt overschreden, al wordt de richtwaarde bij het hoogste lozingsscenario wel benaderd in 2090 (zie figuur 2).

Voor de locatie *Lekkerkerk* wordt de richtwaarde voor de twee hoogste lozingsscenario's in respectievelijk 2025 (figuur 3) en 2040-2050 overschreden. Voor het laagste lozingsscenario geldt dat de richtwaarde in 2090 wordt benaderd.

Voor de locatie *Nieuw-Lekkerland* wordt de richtwaarde voor de twee hoogste lozingsscenario's eveneens overschreden in 2023-2025 respectievelijk 2030-2045 en in het laagste lozingsscenario benaderd in 2090 (figuur 5). Het benaderen van de richtwaarde houdt in dat de berekende concentratie tussen de 0,14 en 0,15 µg/L ligt.

### **Onzekerheden**

In het onderzoek (Oasen, 2017) is de concentratie FRD-903 in de rivier berekend voor de verschillende lozingsscenario's. Er is gekozen voor twee afvoerscenario's (maatgevende lage afvoer en tijdgemiddelde afvoer) welke vooral bij het laagste lozingsscenario minder afhankelijk zijn van afvoeraannames en dus robuust zijn. Gelet op de complexe geografische ligging van de waterwegen in het gebied en de aannames die zijn gedaan als bijvoorbeeld volledige menging, gaan de auteurs er van uit dat met de gehanteerde uitgangspunten een 'realistic worst case' beeld is verkregen van de concentraties FRD-903 in de betreffende winningen.

Voor de voorlopige richtwaarde in drinkwater van FRD-903 geldt dat deze gebaseerd is op de gegevens die op dat moment (eind 2016) beschikbaar waren. Het is niet uit te sluiten dat deze waarde in de toekomst kan worden gewijzigd (zowel omhoog als omlaag) als er nieuwe onderzoeksgegevens beschikbaar komen.

In deze notitie wordt alleen de blootstelling aan FRD-903 via drinkwater besproken; de blootstelling via de lucht in de betreffende voorzieningsgebieden van de winningen is waarschijnlijk zeer laag (RIVM,2017). Overigens is bij de afleiding van de richtwaarde voor drinkwater al rekening gehouden met blootstelling via andere bronnen. In het drinkwater van de betreffende winningen kunnen nog zeer lage concentraties PFOA aanwezig zijn, die beneden de veilig geachte waarde zullen liggen (Bijlage bij brief 0150/2016/M&V/EvS/AV). Het is niet bekend of er een gecombineerd effect van PFOA en FRD-903 kan zijn.

De modelberekeningen geven in vier gevallen aan dat de drinkwaterrichtwaarde wordt benaderd. Gelet op de onzekerheden in de berekeningen verdienen deze locaties meer aandacht in de komende jaren bijvoorbeeld om via het verzamelen van meer monitoringsgegevens de berekeningen te optimaliseren. Voor oevergrondwaterwinningen geldt dat nadat de emissie van een verontreiniging op de rivier is gestopt er nog jarenlang nalevering van de stof vanuit de bodem naar de winputten plaats vindt.

### **Conclusies en aanbevelingen**

De vergunningverlener heeft in april 2017 in de beschikking voor de toekomstige lozingsvergunning van FRD-903 de waarde bepaald op 2035 kg/jr.

Bij dit *lozingsscenario* geldt voor de winningen:

- *Lekkerkerk en Nieuw-Lekkerland* dat de berekende concentratie op lange termijn de *richtwaarde in drinkwater (0,15 µg/L)* zal benaderen (ofwel net niet zal overschrijden). De maximale concentraties worden rond 2090 bereikt.
- *Ridderkerk* dat de berekende concentratie in drinkwater *ruim onder de richtwaarde* blijft.

Opgemerkt wordt dat er onzekerheden aanwezig zijn in de berekening van de concentraties in het rivierwater en het ruwwater van de drinkwaterwinningen, maar ook in de beschikbare toxicologische gegevens die ten grondslag liggen aan het tot stand komen van de richtwaarde voor FRD-903 in drinkwater.

Er is geen rekening gehouden met andere bronnen van Gen-X, nu of in de toekomst. De afvoerscenario's van de rivier kunnen op de lange termijn wijzigen mede onder invloed van klimaatverandering waardoor de waterafvoer lager wordt en de concentraties van stoffen hoger worden. Uit het onderzoek (Oasen, 2017) blijkt dat op de lange termijn de marge tussen de drinkwaterrichtwaarde en de berekende concentraties in de winningen erg klein is. Om de kans op het overschrijden van de richtwaarde op de langere termijn te voorkomen is een veiligheidsmarge gewenst. Deze veiligheidsmarge zal ertoe leiden dat de emissie van FRD-903 (en/of FRD-902) verminderd dient te worden.

Hieruit volgen de volgende aanbevelingen:

- Het regelmatig in beeld brengen van de actuele situatie via het monitoren van FRD-903 op diverse punten in de drinkwaterketen uit te voeren door de betrokken partijen.

- Het met enige regelmaat updaten van de modelmatige berekeningen door de waterbeheerder en het drinkwaterbedrijf met behulp van actuele metingen zodat de onzekerheden in de berekeningen op lange termijn verkleind kunnen worden.
- Om toekomstige ontwikkelingen (bijvoorbeeld andere bronnen, klimaatveranderingen) mee te nemen is een bepaalde veiligheidsmarge nodig welke ervoor moet zorgen dat ook op lange termijn de concentratie FRD-903 onder de richtwaarde blijft. De marges op lange termijn zijn nu heel klein. Dit pleit ervoor dat de emissie van FRD-903 naar oppervlaktewater in de toekomst verder wordt verlaagd.
- Het uitvoeren van toxicologisch onderzoek om meer inzicht te verkrijgen in de gezondheidsaspecten van FRD-903 en verwante stoffen uit de GenX-technologie. Dit traject is inmiddels gestart in het kader van REACH.

## Literatuur

Oasen . 2016.

Het effect van de industriële lozing van Chemours op de aanwezigheid van PFOA in (oever)grondwater .

Oasen, 2017

Het effect van de industriële lozing van Chemours op de aanwezigheid van FRD-903 in oevergrondwater.

Beekman et al, 2016.

Evaluation of substances used in the GenX technology by Chemours, Dordrecht

RIVM report 2016-0174.

[http://www.rivm.nl/Documenten\\_en\\_publicaties/Wetenschappelijk/Rapporten/2016/december/Evaluation\\_of\\_substances\\_used\\_in\\_the\\_GenX\\_technology\\_by\\_Chemours\\_Dordrecht](http://www.rivm.nl/Documenten_en_publicaties/Wetenschappelijk/Rapporten/2016/december/Evaluation_of_substances_used_in_the_GenX_technology_by_Chemours_Dordrecht) laatst geraadpleegd 2017-06-20

Bijlage bij brief 0150/2016/M&V/EvS/AV

[http://www.rivm.nl/Documenten\\_en\\_publicaties/Algemeen\\_Actueel/Nieuwsberichten/2016/Verhoging\\_PFOA\\_in\\_drinkwater\\_leidde\\_niet\\_tot\\_overschrijding\\_veilige\\_waarde](http://www.rivm.nl/Documenten_en_publicaties/Algemeen_Actueel/Nieuwsberichten/2016/Verhoging_PFOA_in_drinkwater_leidde_niet_tot_overschrijding_veilige_waarde) laatst geraadpleegd 2017-06-20

RIVM-brief 0148/2016/M&V/EvS/AV

Advies richtwaarde drinkwater voor GenX technologie (FRD-903)

Bijlage afleiding richtwaarde FRD-903 in drinkwater definitief revisie januari 2017.

RIVM, 2017.

<http://rivm.nl/Onderwerpen/G/GenX laatst geraadpleegd 20-07-2017>

Zeilmaker, MJ, Jansen P, Versteegh A, Pul A van, Vries W de, Bokkers B, Wuijts S, Oomen A, Herremans J. 2016. Risicoschatting emissie PFOA voor omwonenden. Locatie: DuPont/Chemours, Dordrecht, Nederland. RIVM rapport 2016-0049.