

LUCHTGERELATEERDE EMISSIES VANUIT RWZI'S IN HET KADER VAN DE I-PRTR



LUCHTGERELATEERDE EMISSIES VANUIT RWZI'S
IN HET KADER VAN DE I-PRTR

RAPPORT

2014

09

ISBN 978.90.5773.633.9



COLOFON

UITGAVE Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer
Postbus 2180
3800 CD Amersfoort

AUTEURS
Ing. J.J.M. Baltussen (BACO-adviesbureau BV)
Ir. M.S.M. Geurts van Kessel (Miltech), auteur bijlage 7

BEGELEIDINGSCOMMISSIE
Dr. K.J. Appeldoorn (Hoogheemraadschap van Delfland)
Ir. C. Baas (CBS)
Ing. B. van den Bogaard (Omgevingsdienst Midden- en West-Brabant)
Drs. R. van Doorn (Waterschap Vallei en Veluwe)
Ing. M. Heijink (Omgevingsdienst Achterhoek)
Ing. J. Janssen (Provincie Limburg)
Ing. K. Peek (RIVM)
Ing. D. Roes (Waterschap Rijn en IJssel)
Ing. A. Sengers (Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard)

ONTWERP OMSLAG
M.G. Baltussen, J.J.M. Baltussen

DRUK Kruyt Grafisch Adviesbureau
STOWA STOWA 2014-09
ISBN 978.90.5773.633.9

COPYRIGHT De informatie uit dit rapport mag worden overgenomen, mits met bronvermelding. De in het rapport ontwikkelde, dan wel verzamelde kennis is om niet verkrijgbaar. De eventuele kosten die STOWA voor publicaties in rekening brengt, zijn uitsluitend kosten voor het vormgeven, vermenigvuldigen en verzenden.

DISCLAIMER Dit rapport is gebaseerd op de meest recente inzichten in het vakgebied. Desalniettemin moeten bij toepassing ervan de resultaten te allen tijde kritisch worden beschouwd. De auteurs en STOWA kunnen niet aansprakelijk worden gesteld voor eventuele schade die ontstaat door toepassing van het gedachtegoed uit dit rapport.

TEN GELEIDE

Vanuit rwzi's vinden, naast watergerelateerde, ook luchtgerelateerde emissies plaats. Elk jaar dienen zuiveringbeheerders zowel de watergerelateerde als de luchtgerelateerde emissies te rapporteren. Deze emissiegegevens komen via het e-MJV (elektronisch Milieujaarverslag) in het Europees Emissieregister, dat toegankelijk is voor het publiek. Deze rapportageplicht geldt voor rwzi's die belast worden met meer dan 123.700 IE150 en/of voor rwzi's die afvalstoffen van buiten de inrichting verwerken. Het gaat daarbij om 70-100 rwzi's. De plicht is vastgelegd in de Europese verordening 166/2005 waarin, voor zover het luchtgerelateerde emissies betreft, 72 parameters betrokken zijn. Het bevoegd gezag valideert, vanuit haar toezichthoudende rol, jaarlijks de gerapporteerde emissies.

Enkele jaren geleden zijn, voor de watergerelateerde emissies, afspraken gemaakt met RWS Water Verkeer en Leefomgeving (voorheen RWS Waterdienst) als vertegenwoordiger van het grootste Waterwet bevoegd gezag). Dit heeft geresulteerd in een vierjaarlijks terugkerende monitoringsprogramma op een zestal rwzi's. De resultaten worden representatief gesteld voor de andere rapportageplichtige rwzi's en mogen telkens vier jaar worden gebruikt. Deze manier van werken bespaart veel werk en analysekosten.

Voor de luchtgerelateerde emissies bestond een dergelijke aanpak nog niet. Over het grootste deel van de 72 parameters was bovendien geen recente emissie-informatie beschikbaar. In het onderhavige rapport is van 72 parameters de best beschikbare informatie verzameld. Dit kunnen meetgegevens zijn maar ook berekende emissies. Van een klein groep parameters is de emissie op basis van expert judgement geschat. Op een eenduidige wijze zijn luchtgerelateerde emissies van veel parameters vanuit rwzi's in kaart gebracht. Daar waar mogelijk zijn voor parameters emissiefactoren bepaald. De emissies zijn nu beter inzichtelijk en het is duidelijk welke meet-inspanningen in de toekomst verricht moeten worden.

Zowel de aanpak als de resultaten zijn tot stand gekomen door een samenwerking tussen de Vereniging van Zuiveringbeheerders, Inter provinciaal overleg (IPO), het Centraal Bureau voor Statistiek (CBS) en het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM).

Genoemde partijen hebben daar allen voordeel bij. De toezichthouders kunnen ervan op aan dat alle zuiveringbeheerders dezelfde uitgangspunten en berekeningswijzen toepassen voor het bepalen van de luchtgerelateerde emissies. Het invullen van het elektronisch milieujaarverslag gebeurt door alle zuiveringbeheerders op dezelfde wijze. Het voorgaande vereenvoudigt in vergaande mate het toezicht en de validatie.

Ook zuiveringbeheerders hebben voordelen bij deze aanpak omdat door het gebruik van emissiefactoren emissies zich eenvoudiger laten berekenen. Voor alle betrokken partijen betekent dit lagere administratieve lasten.

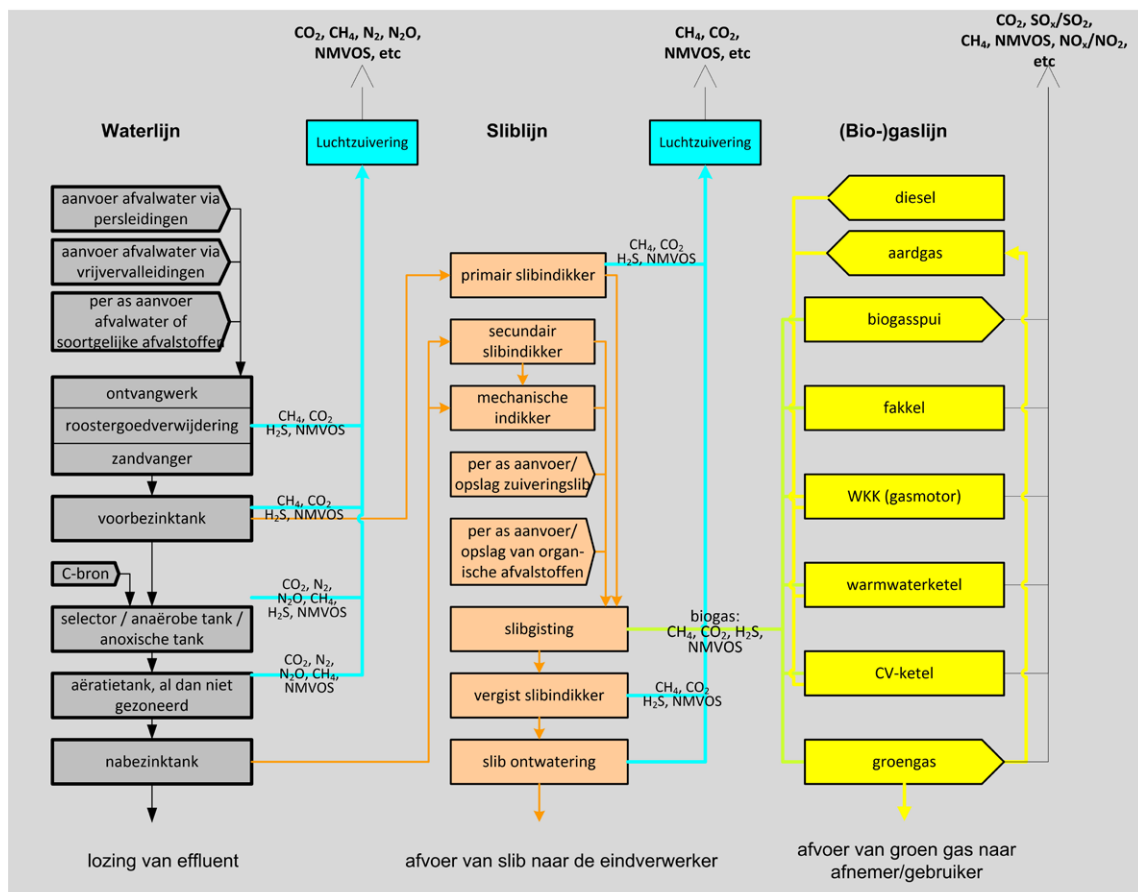
SAMENVATTING

Sinds 2010 zijn het milieujaarverslag en het E-PRTR-verslag geïntegreerd tot één integraal PRTR-verslag. PRTR-plichtige inrichtingen dienen hun emissies te rapporteren via het e-MJV-loket.

De PRTR-plicht geldt alleen voor rwzi's met een capaciteit groter dan 100.000 IE_{60gBZV}¹ en/of rwzi's die afval van buiten de inrichting verwerken met een capaciteit van 50 ton of meer per dag, waarbij het afval een verwijderingshandeling ondergaat. Het gaat daarbij om activiteiten genoemd onder categorie 5c en 5f van bijlage 1 van de Europese PRTR-verordening 166/2005. Naar schatting gaat het in Nederland om 70 – 100 rwzi's.

Zowel emissies naar water, lucht als bodem dienen gerapporteerd te worden. Ook overbrengen van afvalstoffen dienen gerapporteerd te worden.

In het onderhavige rapport komen alleen luchtgerelateerde emissies vanuit rwzi's aan de orde. In onderstaand blokschema zijn deze schematisch weergegeven. De in het schema weergegeven processen hoeven niet allemaal op een rwzi aanwezig te zijn.



1 Voor de definitie van een I.E. (inwonerequivalent) is uitgegaan van art 2 lid 6 van de Europese richtlijn (91/271/EEG) 'Behandeling van stedelijk afvalwater': de biologisch afbreekbare organische belasting met een biochemisch zuurstofverbruik gedurende vijf dagen (BZV₅²⁰) van 60 g zuurstof per dag. In het geval van een IE₁₃₆ loopt de omrekening als volgt: 1 IE₁₃₆ bevat 44 g BZV₅²⁰. 1 IE₆₀ komt dus overeen met 60/44 = 1,364 IE₁₃₆. In het geval van een IE₁₅₀ loopt de omrekening als volgt: 1 IE₁₅₀ bevat 48,5 g BZV₅²⁰. 1 IE₆₀ komt dus overeen met 60/48,5 = 1,237 IE₁₅₀.

De aanpak ten aanzien van watergerelateerde emissies is reeds in 2007 afgestemd met RWS Water, Verkeer en Leefomgeving (voorheen Waterdienst), als grootste vertegenwoordiger van het Waterwet-bevoegd gezag. Om de vier jaar wordt onderzoek uitgevoerd naar watergerelateerde emissies. De resultaten daarvan, waaronder emissiefactoren, worden vastgelegd in een rapport. Het meest recente rapport is door STOWA gepubliceerd in 2013 (STOWA 2013-W01). De titel daarvan is 'Watergerelateerde emissies vanuit rwzi's in het kader van het PRTR (jaar 2011/2012)'. Alle zuiveringbeheerders maken daar gebruik van.

Naar analogie met de watergerelateerde emissies is door de vereniging van Zuiveringbeheerders, in overleg met het IPO, RIVM en CBS, dezelfde aanpak voor de luchtgerelateerde emissies gehanteerd. Hiervan is het onderhavige rapport het resultaat. Door zuiveringbeheerders kan het rapport gebruikt worden om op eenduidige wijze emissiegegevens te verkrijgen die nodig zijn om e-MJV in te vullen. Voorts is een rekentool opgesteld. Het betreft een spreadsheet (RWZI-rekentool v2015) waarmee zuiveringbeheerders op eenvoudige wijze met behulp van emissiefactoren en procesvariabelen de water- én luchtgerelateerde emissies vanuit een rwzi kunnen berekenen. Bij de Rekentool hoort een Handleiding 'RWZI-rekentool v2015 en e-MJV voor Zuiveringbeheerders'. De RWZI-rekentool v2015 alsmede de Handleiding kunnen vanaf de e-MJV website gedownload worden.

Het bevoegd gezag kan dit rapport gebruiken om het e-MJV-verslag te beoordelen.

De wijze waarop de emissies van de i-PRTR-stoffen² (72 parameters) wordt vastgesteld dient te voldoen aan eisen genoemd in het document 'Richtsnoeren voor de totstandbrenging van het Europees PRTR'. Belangrijke elementen daarin zijn:

- de methode van informatievergaring. Dit kan zijn meting (*Measurement*), berekening (*Calculation*) of schatting (*Estimation*);
- een risico-analyse. Aan de hand van een analyse moet het risico vast komen te staan dat een emissiebepaling onderschat of overschat wordt.

Deze methodes zijn in het rapport uitgewerkt en toegepast.

Voor een drietal parameters, methaan³ [1], koolzuurgas [3] en distikstofoxide [5], zijn concrete emissiefactoren (uitgedrukt in stofhoeveelheid per IE_{150wb} per jaar) vastgesteld (zie tabel). Deze collectieve emissiefactoren kunnen door zuiveringbeheerders worden gebruikt om de luchtgerelateerde emissies vanuit rwzi's te berekenen. Afhankelijk van de grootte van de rwzi zal de berekende emissie de i-PRTR-drempelwaarde wel of niet overschrijden.

² De 'E' van E-PRTR is vervangen door de 'i' om aan te geven dat het sinds 2010 een integraal PRTR-verslag betreft.

³ Nummers genoemd tussen de vierkante haken refereren aan de PRTR-volgnnummers van de betreffende parameter.

PRTR-volgnr	Parameter	Emissiefactor
[1]	Methaan (CH ₄) bij een rwzi <u>zonder</u> slibgisting	8,75 g CH₄/(kg CZV_{aanvoer} - kg CZV_{slib vanuit water- naar sliblijn}) 1,9 g CH₄/Nm³ aardgas, dat verbrand wordt in een gasverbrandingstoestel
[1]	Methaan (CH ₄) bij een rwzi <u>met</u> slibgisting	8,75 g CH₄/(kg CZV_{aanvoer} - kg CZV_{slib vanuit water- naar sliblijn}) 1,9 g CH₄/Nm³ aardgas dat verbrand wordt in een gasverbrandingstoestel - met daarbij opgeteld: 27,86 g CH₄/Nm³ gevormd biogas 9,36 g CH₄/Nm³ biogas dat met behulp van een turbo gasmotor wordt verbrand 7,48 g CH₄/Nm³ biogas dat met behulp van een atmosferische gasmotor of fakkel wordt verbrand 464,3 g CH₄/Nm³ biogas dat direct gespuist is en dus niet verbrand is in een gasverbrandingstoestel
[3]	Koolzuurgas (CO ₂)	Bepaal de hoeveelheid CZV, afgebroken/verwijderd in de waterlijn, en vermenigvuldig die met 1,2 kg CO₂/kg CZV om de hoeveelheid geproduceerde CO₂ (kg) te berekenen. Houd daarbij zo nodig rekening met de eventueel gedoseerd C-bron of afvalwater/slib per as aangevoerd in de waterlijn. Bepaal de hoeveelheid geproduceerd biogas en vermenigvuldig die met 0,6875 kg CO₂/Nm³ biogas om de hoeveelheid CO₂ (kg) te bepalen die in het biogas aanwezig is. Bepaal van de hoeveelheid geproduceerde biogas het CH₄-aandeel dat verbrand is (houd daarbij rekening met de biogas die onverbrand de gasverbrandingsapparatuur verlaat). Bepaal de hoeveelheid verbrand CH₄ (door de hoeveelheid biogas te vermenigvuldigen met 0,4643 kg CH₄/Nm³ biogas) en vermenigvuldig vervolgens met 2,75 kg CO₂/kg CH₄. Dit resulteert in de hoeveelheid CO₂ (kg) die gevormd is ten gevolge van de verbranding van CH₄ uit het biogas. Vermenigvuldig de verbrande hoeveelheid aardgas (Nm³/j) met 1,788 kg CO₂/Nm³ aardgas. Vermenigvuldig de verbrande hoeveelheid diesel (kg/j) met 3,173 kg CO₂/kg diesel. Sommeer alle CO₂-hoeveelheden en rapporteer de hoeveelheid CO₂ (kg).
[5]	Distikstofoxide (N ₂ O) (lachgas)	3,2 g N ₂ O/IE _{150wb} /j

IE_{150wb}: inwonerequivalent op basis van 150 g TZV gebaseerd op de werkelijke belasting van de betreffende rwzi in een kalenderjaar

Tijdens de vierjaarlijkse keuringen van gasverbrandingstoestellen (zoals biogasmotoren) worden onder andere de concentraties CO [2], NO_x/NO₂ [8] in rookgassen gemeten. Het wordt aangeraden om deze meetgegevens te gebruiken voor het berekenen van de emissie per rwzi en vervolgens deze resultaten te gebruiken voor het e-MJV. In het onderhavige rapport zijn voor deze parameters weliswaar collectieve emissiefactoren opgenomen. Die mogen alleen gebruikt worden als individuele metingen ontbreken. Voor zowel CO [2] en NO_x/NO₂ [8] is er een reële kans dat de i-PRTR-drempel wordt overschreden.

Voor drie andere parameters (distikstofoxide [5], dioxines/furanen [47] en blauwzuur [85]) is gebleken, dat er een geringe kans is dat de i-PRTR-drempelwaarde wordt overschreden.

Op basis van de risicoanalyse en aanvullende overwegingen dient binnen een termijn van vier jaar bekeken te worden of er betere en/of aanvullende informatie te verkrijgen is en/of aanvullend onderzoek verricht moet worden naar de parameters CH₄ [1], N₂O [5], dioxines/furanen [47] en blauwzuur [85].

Van de volgende parameters is onvoldoende informatie bekend om tot een consistent oordeel te komen. Het gaat daarbij om fenolen [71], zwevende deeltjes [86], acroleïne [92], acrylonitril [93], formaldehyde [95] en styreen [96]. Ook voor deze stoffen geldt dat binnen een termijn vier jaar nader onderzoek verricht dient te worden en zijn aanbevelingen opgenomen.

Voor NMVOS [7] is uitgelegd dat beter uitgegaan kan worden van de individuele emissiefactoren van de onderliggende stoffen dan de 'Standaard onderverdeling Aardgas' van het e-MJV. Reden daarvoor is dat door de 'Standaard onderverdeling Aardgas' waarschijnlijk te lage CH_4 -emissies worden berekend en te hoge emissies van toluen, benzeen en etheen.

Van 58 parameters is gebleken dat het zeer onwaarschijnlijk is dat de i-PRTR-drempelwaarde wordt overschreden. Deze parameters hoeven ook in de toekomst niet nader beschouwd te worden tenzij nieuwe inzichten daartoe aanleiding geven. Tijdens de vierjaarlijkse keuring van gasverbrandingstoestellen (zoals biogasmotoren) wordt ook het gehalte aan SO_x/SO_2 gemeten. De emissie is dermate gering dat de i-PRTR-drempelwaarde niet wordt overschreden. Toch wordt aangeraden om de SO_x/SO_2 -emissie te rapporteren. Indien de SO_x/SO_2 -emissie gerapporteerd is het beter om uit te gaan van de frequent in het biogas gemeten H_2S -waarden. Dit geeft namelijk een beter beeld dan de vierjaarlijks in de rookgassen gemeten SO_x/SO_2 -concentratie. Alleen als H_2S -waarnemingen ontbreken, kan gebruik gemaakt worden van de gemeten SO_x/SO_2 -concentratie.

DE STOWA IN HET KORT

STOWA is het kenniscentrum van de regionale waterbeheerders (veelal de waterschappen) in Nederland. STOWA ontwikkelt, vergaart, verspreidt en implementeert toegepaste kennis die de waterbeheerders nodig hebben om de opgaven waar zij in hun werk voor staan, goed uit te voeren. Deze kennis kan liggen op toegestap technisch, natuurwetenschappelijk, bestuurlijk-juridisch of sociaalwetenschappelijk gebied.

STOWA werkt in hoge mate vraaggestuurd. We inventariseren nauwgezet welke kennisvragen waterschappen hebben en zetten die vragen uit bij de juiste kennisleveranciers. Het initiatief daarvoor ligt veelal bij de kennisvragende waterbeheerders, maar soms ook bij kennisinstellingen en het bedrijfsleven. Dit tweerichtingsverkeer stimuleert vernieuwing en innovatie. Vraaggestuurd werken betekent ook dat we zelf voortdurend op zoek zijn naar de 'kennisvragen van morgen' – de vragen die we graag op de agenda zetten nog voordat iemand ze gesteld heeft – om optimaal voorbereid te zijn op de toekomst.

STOWA ontzorgt de waterbeheerders. Wij nemen de aanbesteding en begeleiding van de gezamenlijke kennisprojecten op ons. Wij zorgen ervoor dat waterbeheerders verbonden blijven met deze projecten en er ook 'eigenaar' van zijn. Dit om te waarborgen dat de juiste kennisvragen worden beantwoord. De projecten worden begeleid door commissies waar regionale waterbeheerders zelf deel van uitmaken. De grote onderzoekslijnen worden per werkveld uitgezet en verantwoord door speciale programmacommissies. Ook hierin hebben de regionale waterbeheerders zitting.

STOWA verbindt niet alleen kennisvragers en kennisleveranciers, maar ook de regionale waterbeheerders onderling. Door de samenwerking van de waterbeheerders binnen STOWA zijn zij samen verantwoordelijk voor de programmering, zetten zij gezamenlijk de koers uit, worden meerdere waterschappen bij één en het zelfde onderzoek betrokken en komen de resultaten sneller ten goede van alle waterschappen.

De grondbeginselen van STOWA zijn verwoord in onze missie:

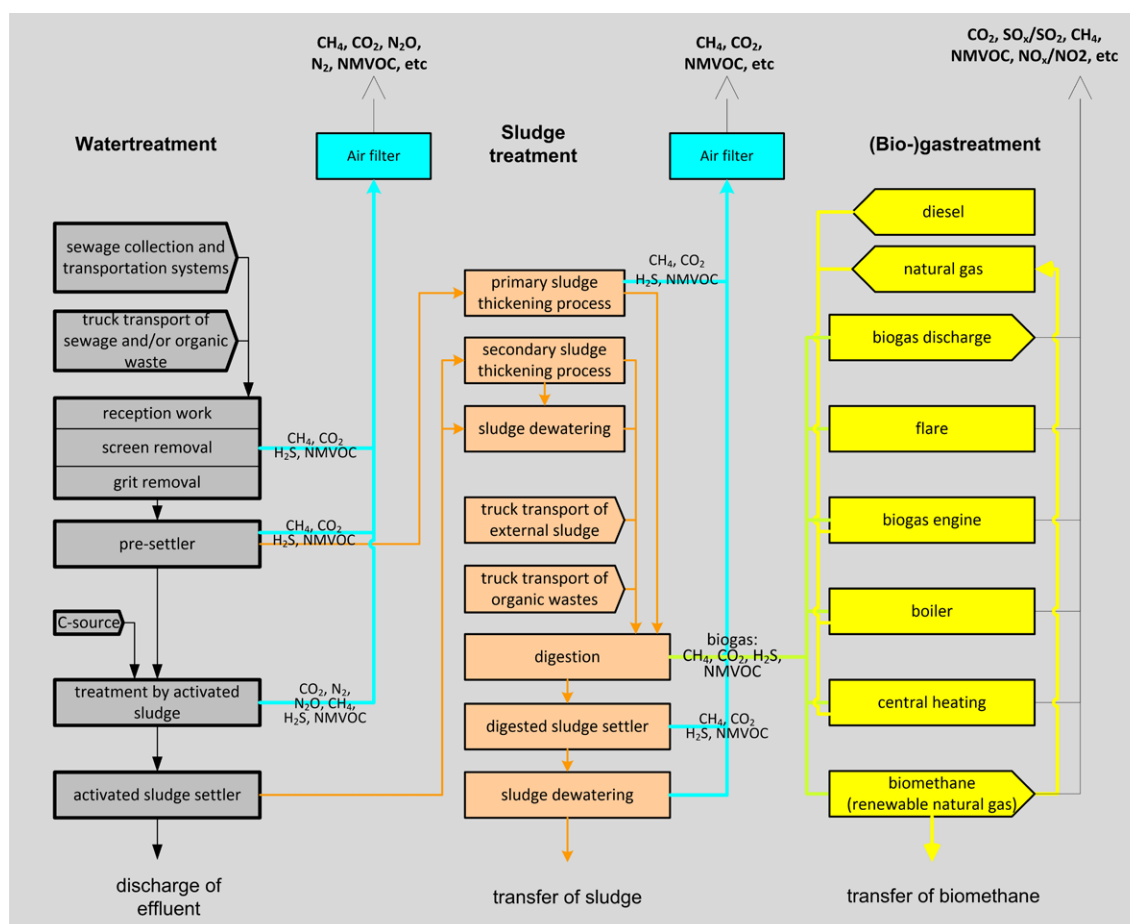
Het samen met regionale waterbeheerders definiëren van hun kennisbehoeften op het gebied van het waterbeheer en het voor én met deze beheerders (laten) ontwikkelen, bijeenbrengen, beschikbaar maken, delen, verankeren en implementeren van de benodigde kennis.

SUMMARY

Since 2010, the Dutch environmental annual report (MJV) and the European Pollutant Release and Transfer Register (E-PRTR) have been integrated into a comprehensive integrated PRTR-report (i-PRTR). Sewage waste water treatment plants (swwtp) within the scope of E-PRTR are obliged to report their emissions in the electronic MJV.

The i-PRTR-obligation only applies to swwtp which have a capacity higher than 100,000 PE_{60 g BOD}⁴ and/or sewage waste water treatment plants (swwtp) which dispose non-hazardous waste with a capacity of 50 tonnes per day or more (Activities 5c and 5f mentioned in Annex 1 of Regulation (EC) 166/2005). It is estimated that in the Netherlands 70-100 sewage waste water treatment plants are affected by the i-PRTR. Emission to air, water, soil and transfers of waste should be reported.

In this report, only air-related emissions from swwtp's are discussed. In the block diagram air-related emissions are illustrated. The listed activities may not all be present at all swwtp's.



In 2007, consent was given to the approach with respect to the water-related emission by Rijkswaterstaat Water Management, as the most important competent authority in the Netherlands with respect to supervision of the water legislation. Every four years, investigations will be performed into water-related emissions. The results, including the emission factors, shall be published in a report. The latest report was published in 2013 by

⁴ Pollution equivalents based on 60 g BOD per day, according to European Directive 91/271/EEG.

STOWA (STOWA 2013 - W01). The title is "Water related emissions from sewage treatment plants under the PRTR". All waterboards make use of it to fulfill their legal requirements. By analogy with the water-related emissions, the same approach has been chosen by the waterboards for air-related emissions. The whole process has been performed in consultation with the Provinces, the National Institute for Public Health and the Environment and CBS Statistics Netherlands as most important supervisors with respect to the Environmental Law. The results of the approach for the air-related releases are presented in this report. This report can be used by swwtp operators (for their e-MJV report), as well authorities to evaluate e-MJV reports. In addition a calculation tool (V2015) and users manual has been developed. It helps operators to determine the emissions based on emission factors and swwtp specific information.

Methods to determine the emissions of air pollutants (72 i-PRTR-parameters)⁵ have to meet the requirements that are specified in the Guidance documents of the EPRTR. Key elements include:

- The method of data collection. This can be measurement, calculation or estimation;
- A risk analysis combined with a decision tree, to be used to determine whether or not the emission of a parameter has been under or overestimated.
- These methods have been developed and applied in the report.

For three parameters, CH₄ [1]⁶, CO₂ [3] and N₂O [5], specific emission values (in terms of the amount of parameter per PE₁₅₀⁷ per year) are determined. These collective emission values can be used by the waterboards to estimate the emission loads and whether or not, these parameters exceed their specific threshold levels. In case threshold levels are exceeded, the emission values can be taken as representative and have to be reported in the annual E-PRTR report (in the e-MJV).

PRTR-no.	Pollutant	Specific emission value
[1]	Methane (CH ₄) at swwtp without sludge digestion	• 8.75 g CH₄/(kg CZV_{income waterline} - kg CZV_{sludge produced in the waterline}) emission from waterline • 1.9 g CH₄/Nm³ natural gas, residual emission of a atmospheric engine, furnace or flare or pressurized (turbo) engine
[1]	Methane (CH ₄) at swwtp with sludge digestion	• Methane release of swwtp: • 8.75 g CH₄/(kg CZV_{income waterline} - kg CZV_{sludge produced in the waterline}) emission from waterline • 1.9 g CH₄/Nm³ natural gas⁸, residual emission of a atmospheric engine, furnace or flare or pressurized engine • In addition, swwtp's with sludge digestion should add: • 27.86 g CH₄/Nm³ biogas⁹ (produced in the digestion) • 9.36 g CH₄/Nm³ biogas, residual emission pressurized (turbo) engine • 7.48 g CH₄/Nm³ biogas, residual emission of a atmospheric engine, furnace or flare • 464.3 g CH₄/Nm³ biogas, directly released
[3]	Carbon dioxide (CO ₂)	Determine the amount of COD removed on the waterline of the swwtp. Multiply the COD-amount with 1.2 kg CO₂/kg COD. Determine the annually used external dosed C-source and calculate the amount of COD. Determine the amount of CO₂, part of biogas, by multiplying the amount of biogas with 0.688 kg CO₂/Nm³ biogas. Determine the part of biogas (Nm³) which is burned (take into account the CH₄ which left the gasburning devices unburned). Multiply this amount with 0.4643 kg CH₄/Nm³ biogas and 2.75 kg CO₂/kg CH₄, resulting in the amount of CO₂. Multiply the amount natural gas (Nm³) with 1.788 kg CO₂/m³ natural gas. Multiply the yearly used amount of diesel (kg) with 3.173 kg CO₂/kg diesel. Add up all CO₂-emissions and fulfill the e-MJV requirements.
[5]	Nitrous oxide (N ₂ O)	3.2 g N ₂ O/PE _{150wb} per year

5 The letter 'E' of E-PRTR is replaced by 'i' to refer to the integral PRTR-report (since 2010)

6 Numbers in brackets refer to PRTR-numbers

7 Pollution equivalent based on 150 g Total oxygen demand per day

8 The natural gas volume expressed as Nm³ (natural gas equivalent) can be described as the volume of 1,000 l natural gas at a temperature of 288.15 oK and 1.01325 bar (annex 1.1 and 1.2).

9 The biogas volume expressed as Nm³ (normal cubic metre) can be described as the volume of 1,000 l biogas at a temperature of 273.15 °K and 1.01325 bar (annex 1.1 and 1.2).

Collective emission values have been developed for CO [2] and NO_x/NO_2 [8]. During four-yearly inspections, concentrations of CO, NO_x/NO_2 [8] are measured in flue gases of gas engines and boilers. For i-PRTR-purposes it is recommended to use these individual measurements for calculating the emissions of CO [2] and NO_x/NO_2 [8] instead of the collective emission values. It is likely that the i-PRTR threshold value for CO [2] and NO_x/NO_2 [8] will be exceeded. For two other parameters (dioxins/furans [47] and hydrogen cyanide [85]), it has been shown that there is a slight chance that the i-PRTR threshold value might be exceeded.

According to the risk analysis and decision tree, it is concluded that, within a period of four years, additional information has to be obtained for the emission of CH_4 [1], N_2O [5], dioxins/furans [47] and hydrogencyanide [8].

There is a lack of information on the air emission of phenols [71], particulate matter (PM10) [86], acrolein [92], acrylonitrile [93], formaldehyde [95] and styrene [96]. Further investigation has to be conducted within a period of four years.

The risk analysis also shows that emission of CO [2] and NO_x/NO_2 [8] should be investigated. Since CO [2] and NO_x/NO_2 [8]-emissions are measured in flue gases every four years at every swwtp, further investigation is considered not useful.

As known, VOC and NMVOC [7] are not individual substances but substance groups. The Dutch approach for determining the combustion emission of NMVOC is different from the determination of other substances. According to this approach the VOC combustion emission is used to determine the combustion emissions of CH_4 and NMVOC. Thereafter the NMVOC combustion emission can be divided into individual NMVOC-substances. In contrast to combustion emissions, process emissions of methane and NMVOC can be specified separately. And of course, also the NMVOC process emissions can be divided into individual (NMVOC) substances.

In the case of the remaining 58 parameters, it is highly unlikely that the i-PRTR threshold value will be exceeded. At this moment investigation is not required unless new insights come to light.

During the four-yearly inspection of gasburning devices, also the concentrations of SO_x/SO_2 are measured. Although the emission is insignificant, it is advised to report the SO_x/SO_2 -emissions. Due to the high frequency of measurement, it is better to use H_2S -measurements in biogas rather than the quadrennial measured SO_x/SO_2 -concentration. Only if H_2S -measurements are missing the measured SO_x/SO_2 -concentration can be used to determine the emission.

DE STOWA IN BRIEF

The Foundation for Applied Water Research (in short, STOWA) is a research platform for Dutch water controllers. STOWA participants are all ground and surface water managers in rural and urban areas, managers of domestic wastewater treatment installations and dam inspectors.

The water controllers avail themselves of STOWA's facilities for the realisation of all kinds of applied technological, scientific, administrative legal and social scientific research activities that may be of communal importance. Research programmes are developed based on requirement reports generated by the institute's participants. Research suggestions proposed by third parties such as knowledge institutes and consultants, are more than welcome. After having received such suggestions STOWA then consults its participants in order to verify the need for such proposed research.

STOWA does not conduct any research itself, instead it commissions specialised bodies to do the required research. All the studies are supervised by supervisory boards composed of staff from the various participating organisations and, where necessary, experts are brought in.

The money required for research, development, information and other services is raised by the various participating parties. At the moment, this amounts to an annual budget of some 6,5 million euro.

For telephone contact number is: +31 (0)33 - 460 32 00.

The postal address is: STOWA, P.O. Box 2180, 3800 CD Amersfoort.

E-mail: stowa@stowa.nl.

Website: www.stowa.nl.

LUCHTGERELATEERDE EMISSIES VANUIT RWZI'S IN HET KADER VAN DE I-PRTR

INHOUD

	TEN GELEIDE	
	SAMENVATTING	
	STOWA IN HET KORT	
	SUMMARY	
	STOWA IN BRIEF	
1	INLEIDING	1
2	ACHTERGRONDINFORMATIE RAPPORTAGEPLICHT	3
3	I-PRTR-PARAMETERS	6
4	LUCHTGERELATEERDE EMISSIES VANUIT RWZI'S	9
5	BEPALING VAN LUCHTGERELATEERDE EMISSIES	11
5.1	Bepalingsmethode	12
5.2	Risicoanalyse	12
5.3	Gebruik van emissiefactoren	14

6	LUCHTGERELATEERDE EMISSIE PER PRTR-IPARAMETER	15
6.1	Gemeten emissies van vier i-PRTR-parameters	15
6.2	Berekende emissies van 42 i-PRTR-parameters	18
6.2.1	Emissie vanuit de waterlijn	18
6.2.2	Emissie vanuit de slib- en biogaslijn	19
6.2.3	Uitwerking 42 i-PRTR-parameters	19
6.3	Geschatte emissies van 26 i-PRTR-parameters	23
6.4	Emissiebepaling van VOS	24
6.4.1	VOS Verbrandingsemissies	25
6.4.2	VOS Procesemissies	26
6.5	Conclusie risico analyse	26
7	SAMENVATTING LUCHTGERELATEERDE EMISSIES VAN I-PRTR-PARAMETERS	27
7.1	Vier parameters met een emissie mogelijk groter dan de i-PRTR-drempelwaarde	27
7.2	Drie parameters die de i-PRTR-drempel overschrijden bij een belasting tussen 1.10E6 en 1.10E7 IE150wb	28
7.3	Zeven parameters met onvoldoende informatie	28
7.4	58 Parameters met een emissie lager dan de i-PRTR-drempelwaarde	29
8	LITERATUUR	31
	BIJLAGEN	
1	LIJST VAN AFKORTINGEN, BEGRIPPEN EN ACHTERGRONDINFORMATIE	35
2	DATASHEETS VAN PARAMETERS WAARVAN DE LUCHTGERELATEERDE EMISSIE DOOR METING IS VASTGESTELD	39
3	DATASHEETS PARAMETERS WAARVAN DE LUCHTGERELATEERDE EMISSIE DOOR BEREKENING IS VASTGESTELD	47
4	ACHTERGRONDINFORMATIE EMISSIES BEPAALD OP BASIS VAN EXPERT JUDGEMENT	73
5	KWALITEIT ROOKGASSEN VAN BIOGASMOTOREN RWZI'S	81
6	WAARNEMINGEN SLIBGISTINGEN VAN RWZI'S WAAR ALLEEN EIGEN SLIB WORDT VERGIST (PEILJAAR 2011)	85
7	LUCHTGERELATEERDE EMISSIES VANUIT BELUCHTE ACTIEFSLIBTANKS MET TOEPASSING VAN DE WET VAN HENR	89

1

INLEIDING

Beheerders van communale rioolwaterzuiveringsinrichtingen zijn verplicht om emissies vanuit rwzi's te rapporteren. Deze plicht is geregeld in Europese verordeningen (Pollutant Release and Transfer Register afgekort tot PRTR) en vastgelegd in de Wet milieubeheer. Het gaat daarbij emissies vanuit rwzi's naar bodem, water en lucht.

Emissies naar de bodem (zoals gedefinieerd in de Europese verordening) vinden niet plaats op rwzi's waardoor dit aspect geen nadere studie behoeft. Voor water- en luchtgerelateerde emissie ligt dit anders.

Hoe de watergerelateerde emissies in kaart gebracht moeten worden is in 2007 besproken met RWS Waterdienst als vertegenwoordiger van het grootste bevoegd gezag binnen de Waterwet. Dit is neergelegd in STOWA-rapport 2007-W10. Daarop is eind 2007 onderzoek uitgevoerd naar de emissie van een aantal stoffen waarover weinig bekend was. Dit onderzoek heeft plaatsgevonden op een zestal rwzi's. Deze zes worden verondersteld representatief te zijn voor de rest van de Nederlandse rwzi's. De rapportage van de emissieresultaten en de daarop gebaseerde emissiefactoren heeft plaatsgevonden in STOWA-rapport 2010-W07. Naar aanleiding van de resultaten is door RWS Waterdienst en de Vereniging van Zuiveringbeheerders de vervolgaanpak ten aanzien van de i-PRTR besproken. Dit heeft geleid tot een aangepast beslisschema om te bepalen of stoffen wel/niet in het vierjaarlijks terugkerende onderzoek meegenomen moeten worden. Het aangepaste beslisschema is opgenomen in STOWA-rapport 2010-W07.

In het in 2013 gepubliceerde Stowa-rapport 2013W01 'Watergerelateerde emissies vanuit rwzi's in het kader van de i-PRTR' zijn de resultaten weergegeven van het vierjaarlijks herhalingsonderzoek. Deze collectieve aanpak werkt bevredigend voor zowel vergunninghouders als het Waterwet bevoegd gezag.

De zuiveringbeheerders hebben in het jaar 2000 gezamenlijk een Achtergronddocument¹⁰ opgesteld waarin niet alleen watergerelateerde maar ook luchtgerelateerde emissies vanuit rwzi's aan de orde zijn gekomen. In dit document werden niet alle i-PRTR-parameters behandeld. Sindsdien zijn er nieuwe inzichten ontstaan in luchtgerelateerde emissies vanuit rwzi's en voldoet het Achtergronddocument niet meer aan de Europese wet- en regelgeving, die een andere methodiek vereist. Een en ander is reden geweest om het Achtergronddocument te actualiseren. Een collectieve aanpak ter zake heeft als voordeel dat individuele zuiveringbeheerders zich niet hoeven te verdiepen in de betreffende wet- en regelgeving. Tevens hoeft niet op individuele basis en/of afzonderlijk onderzoek verricht te worden aan de eigen rwzi's.

10 Appeldoorn, K., Doorn, R. van, Duin, J.O.J en Proost, A. (2000) Achtergronddocument milieujaarverslag rioolwaterzuiveringsinrichtingen

De Vereniging van Zuiveringbeheerders (VvZB) heeft aan BACO-adviesbureau BV opdracht gegeven om het Achtergrond document te actualiseren, waar het onderhavige rapport het product van is, en te voorzien in een RWZI-rekentool v2015 met Handleiding.

Om zowel bij de zuiveringbeheerders als het bevoegd gezag draagvlak te creëren is een begeleidingscommissie ingesteld. Deze bestaat uit vertegenwoordigers van de zuiveringbeheerders en het Inter Provinciaal Overleg (IPO). Om de inhoud van rapport in overeenstemming te brengen met internationale afspraken (IPCC-guidelines) zijn bij de totstandkoming ook het CBS en RIVM betrokken. Het IPO heeft ingestemd met het onderhavige rapport. De wijze waarop emissies zijn bepaald is getoetst en voldoet aan de internationale afspraken.

In het onderhavige rapport komen alle i-PRTR-parameters, die relevant zijn voor het luchtcompartiment, aan bod en is per parameter een risicoanalyse uitgevoerd die voldoet aan daarvoor geldende methodieken zoals genoemd in het Europese Referentiedocument 'Principles of Monitoring'. Voorts is voor alle i-PRTR^{relevante} parameters, als het mogelijk was, een emissiefactor opgesteld. De emissiefactoren zijn opgenomen in een RWZI-rekentool v2015. Het betreft een spreadsheet, speciaal ontwikkeld voor zuiveringbeheerders. Door het invullen van specifieke rwzi-informatie wordt met behulp van de emissiefactoren de jaaremissie berekend van een aantal relevante stoffen. Daarbij is tevens aangegeven of de i-PRTR-rapportagedrempel wel/niet wordt overschreden. De RWZI-rekentool v2015 bevat een tabblad voor luchtgerelateerde emissies en een tabblad voor watergerelateerde emissies. In de 'Handleiding RWZI-rekentool v2015 en e-MJV voor zuiveringbeheerders' is niet alleen beschreven op welke wijze gebruik kan worden gemaakt van de RWZI-rekentool v2015 maar ook hoe de gegevens in het e-MJV opgegeven kunnen worden. De RWZI-rekentool v2015 en de Handleiding maken geen deel uit van het onderhavige rapport en zijn separaat gepubliceerd via de e-MJV website.

2

ACHTERGRONDINFORMATIE

RAPPORTAGEPLICHT

Sinds 2006 is een Europese verordening van kracht. Hierin is bepaald dat bepaalde type inrichtingen verplicht zijn om hun emissies te rapporteren. Deze verordening heet 'European Pollutant Release Transfer Register' is genoemd. Dit wordt afgekort tot E-PRTR.

Vanaf 2010 zijn het Milieujaarverslag en E-PRTR-verslag geïntegreerd tot één zogenaamd integraal PRTR-verslag (let op, de 'E' van 'E-PRTR' is hiermee in de aanduiding vervangen door de 'i'). Dit is bij wet vastgelegd in artikel 12.18 tot en met 12.30 van hoofdstuk 12 van de Wet milieubeheer. Het uitvoeringsbesluit EG-verordening PRTR bevat de minimale vereisten waaraan een rapportage moet voldoen. Per land kunnen aanvullende eisen worden gesteld (art 12.20a en 12.28a van de Wet milieubeheer).

In artikel 5 van de Verordening (EG) nr. 166/2005 van 18 januari 2006, betreffende de instelling van een Europees register inzake de uitstoot en overbrenging van verontreinigende stoffen, is geregeld over welke bedrijfsactiviteiten gerapporteerd moet worden. Het betreft activiteiten, genoemd in bijlage 1 van de verordening, die een bepaalde capaciteit overschrijden.

De volgende activiteiten zijn voor rwzi's van belang:

- activiteit 5c. Installaties voor de verwijdering van niet gevaarlijk afval met een capaciteit van 50 ton of meer per dag;
- activiteit 5f. Installaties voor de behandeling van stedelijk afvalwater met een capaciteit van 100.000 IE_{60 g BZV}¹¹ of meer.

Ingevolge artikel 5, lid 5 van de EG-verordening PRTR dient een exploitant van een inrichting gedurende een periode van vijf jaar (bewaartermijn), te rekenen vanaf het einde van het betrokken verslagjaar, de documentatie van de gegevens waarop de gerapporteerd informatie is gebaseerd, ter beschikking te houden voor de bevoegde instanties van de lidstaat. Die documentatie bevat ook een beschrijving van de voor de gegevensinzameling gebruikte methodiek.

In STOWA-verband zijn in 2007 de PRTR-verplichtingen voor zuiveringbeheerders voor de verschillende milieucompartmenten uitgewerkt in het STOWA-rapport 2007-W10. Zoals eerder vermeld zijn emissies naar het bodemcompartiment vanuit rwzi's niet relevant. Voor de emissies naar het watercompartiment zijn in 2007 goede afspraken gemaakt met RWS Waterdienst die neergelegd zijn in STOWA-rapport 2007-W10. In STOWA-rapport 2010-W07 is de aanpak zoals beschreven in STOWA-rapport 2007-W10, met instemming van RWS Water-

11 Voor de definitie van een IE (inwonerequivalent) is uitgegaan van art 2 lid 6 van de Europese richtlijn (91/271/EEG) 'Behandeling van stedelijk afvalwater': de biologisch afbreekbare organische belasting met een biochemisch zuurstofverbruik gedurende vijf dagen (BZV₅²⁰) van 60 g zuurstof per dag. In het geval van een IE₁₃₆ loopt de omrekening als volgt: 1 IE₁₃₆ bevat 44 g BZV₅²⁰. 1 IE₆₀ komt dus overeen met 60/44 = 1,364 IE₁₃₆. In het geval van een IE₁₅₀ loopt de omrekening als volgt: 1 IE₁₅₀ bevat 48,5 g BZV₅²⁰. 1 IE₆₀ komt dus overeen met 60/48,5 = 1,237 IE₁₅₀.

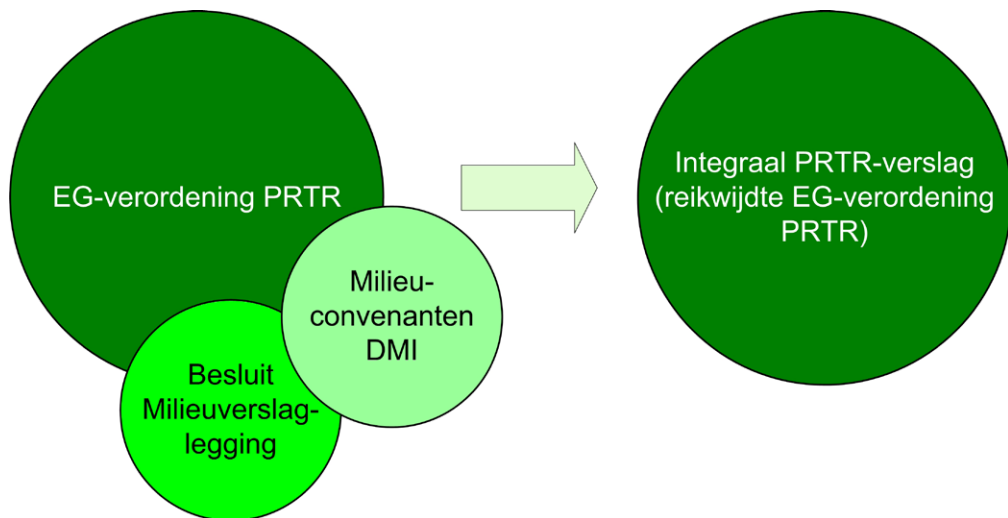
dienst, aangepast, waarmee STOWA-rapport 2010-W07 qua aanpak voor het watercompartiment leidend is. De hierin voorgestelde aanpak/methode is ook in het onderhavige rapport toegepast.

Sinds 2010 (verslagjaar 2009) is het gebruik van het e-MJV (elektronisch milieujaarverslag) verplicht voor het integraal PRTR-verslag. Het i-PRTR-verslag is een samensmelting van het voormalige MJV en de PRTR-verordening. Sommige stoffen uit het MJV zijn gehandhaafd. In het geval dat er verschillen waren tussen drempelwaardes tussen MJV en de PRTR-verordening geldt de hoogste drempelwaarde met uitzondering van 16 stoffen die voor het milieubeleid belangrijk zijn.

In de volgende figuur is de voormalige en huidige situatie schematisch weergegeven.

FIGUUR 1

VOORMALIGE EN HUIDIGE SITUATIE RAPPORTAGEPLICHT (BRON: MINISTERIE VAN INFRASTRUCTUUR EN MILIEU)



Met het i-PRTR-verslag zijn ook diverse bepalingen/plichten gaan gelden voor vergunninghouders:

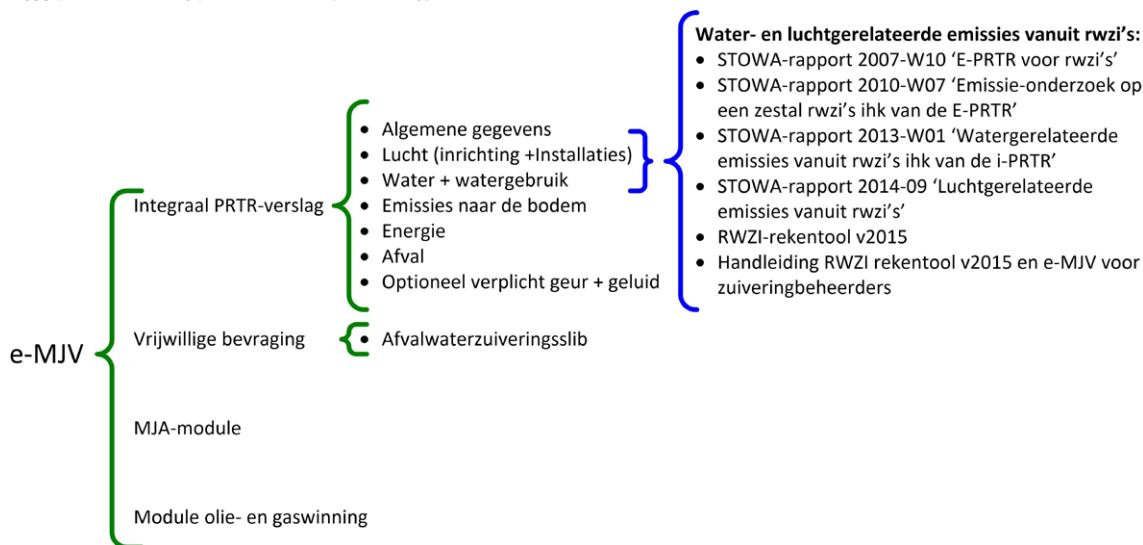
- de inhoud van het i-PRTR-verslag dient volledig, consistent en betrouwbaar te zijn;
- de beste beschikbare informatie dient geleverd te worden;
- de wijze waarop gegevens vergaard worden dienen in beginsel in overeenstemming te zijn met internationaal aanvaarde methodieken;
- de methode te vermelden waarop de gerapporteerde emissie- of afvalhoeveelheid is gebaseerd;
- de documentatie van de gegevens waarop de gerapporteerde informatie is gebaseerd, waaronder een beschrijving van het meet- en registratiesysteem, vijf jaar te bewaren;
- terapporterenoverdetotalenvandeemissiesendeoverbrengingvanafvalstoffen,diehetresultaat zijn van alle opzettelijke, accidentele, routinematige en niet-routinematige activiteiten. Overigens hoeven alleen de emissies als gevolg van activiteiten uit bijlage 1 van de EG-verordening PRTR te worden gerapporteerd; emissies die voortvloeien uit andere activiteiten hoeven niet te worden meegenomen.

Sinds enkele jaren is voor de rapportage een webapplicatie e-MJV in gebruik. In de volgende figuur is weergegeven welke informatie elementen hierin zijn opgenomen. Achter de blauwe accolades zijn de informatie elementen opgenomen, die specifiek bedoeld zijn voor zuivering-beheerders.

De STOWA-rapporten kunnen op de STOWA-site worden opgezocht en gedownload.

FIGUUR 2

INFORMATIE ELEMENTEN VAN HET E-MJV



De emissiegegevens worden opgeslagen in een database (beheerd door het RIVM) die toegankelijk is voor het publiek en tevens gebruikt wordt door het bevoegd gezag voor handhavingsdoeleinden.

Uit het voorgaande blijkt dat niet alleen de te verstrekken informatie zelf van belang is maar ook de wijze waarop men aan die informatie komt (artikel 5 lid 1, 3 en 4 van de PRTR-verordening). Voorts dient de kwaliteit van de verstrekte informatie beoordeeld en geborgd te worden (artikel 9 lid 1 en 2).

Een en ander is door de Europese Commissie uitgewerkt in het document 'Richtsnoeren voor de totstandbrenging van het Europees PRTR'.

In paragraaf 1.1.11 van de PRTR is aangegeven dat rapportage plaats dient te vinden op basis van metingen (*Measurement*), berekeningen (*Calculation*) of ramingen (*Estimation*) van uitstoot en overbrengingen van het terrein naar elders. De rapportage moet worden gebaseerd op de beste beschikbare informatie die een passende kwaliteitsborging mogelijk maakt en die in overeenstemming is met internationaal aanvaarde methodieken, voor zover die voorhanden zijn.

Het richtsnoeren document geeft uitsluitsel over meetmethodieken. Voor wat betreft de algemene beginselen van monitoring wordt verwezen naar het Referentie document 'General principles of monitoring'. Een samenvatting van het Referentie-document is te vinden op de STOWA-site met de volgende weblink: [http://www.stowa.nl/projecten/Wet_Milieubeheer vergunningen_rwzi_s_-_IPPC_Europese_richtlijn_Integrated_Pollution_Prevention_and_Control_](http://www.stowa.nl/projecten/Wet_Milieubeheer_vergunningen_rwzi_s_-_IPPC_Europese_richtlijn_Integrated_Pollution_Prevention_and_Control_). U kunt ook zoeken op de STOWA-website met de zoekterm '432517-a'.

In het onderhavige rapport worden luchtgerelateerde emissies vanuit rwzi's uitgewerkt. Per parameter is aangegeven:

- op welke basis (*Measurement, Calculation, Estimation*) de informatie verkregen is;
- de uitkomst van een risicoanalyse, waarbij is berekend bij welke rwzi-grootte de i-PRTR-drempelwaarde waarschijnlijk wordt overschreden;
- de herkomst van de informatie.

3

I-PRTR-PARAMETERS

Het onderhavige rapport gaat alleen in op de luchtmissie gerelateerde i-PRTR-stoffen. In de volgende tabel is daarvan een overzicht opgenomen. Het overzicht is afkomstig uit het informatieblad 'Milieuverslaglegging en PRTR: veranderingen vanaf het jaar 2009 (okt 2009)', uitgebracht door het Ministerie VROM (thans I&M).

TABEL 1 OVERZICHT LIJST 72 LUCHTGERELATEERDE I-PRTR-PARAMETERS

PRTR-volgnr	CAS-no	Parameter	i-PRTR-drempelwaarde in kg/j voor het luchtcompartiment
[1]	74-82-8	Methaan (CH ₄)	100.000
[2]	630-08-0	Koolmonoxide (CO)	10.000
[3]	124-38-9	Kooldioxide (CO ₂)	100.000
[4]		Fluorkoolwaterstoffen (HFK's)	1
[5]	10024-97-2	Distikstofoxide (N ₂ O) (lachgas)	10.000
[6]	7664-41-7	Ammoniak (NH ₃)	10.000
[7]		Andere vluchtige organische stoffen dan methaan (NMVOS)	10.000
[8]		Stikstofoxiden (NO _x /NO ₂)	10.000
[9]		Perfluorkoolwaterstoffen (PFK's)	1
[10]	2551-62-4	Zwavelhexafluoride (SF ₆)	10
[11]		Zwaveloxiden (SO _x /SO ₂)	20.000
[14]		Chloorfluorkoolwaterstoffen (HCFK's)	1
[15]		Chloorfluorkoolwaterstoffen (CFK's)	1
[16]		Halonen	1
[17]	7440-38-2	Arseen en zijn verbindingen als As	20
[18]	7440-43-9	Cadmium en zijn verbindingen als Cd	1
[19]	7440-47-3	Chroom en zijn verbindingen als Cr	100
[20]	7440-50-8	Koper en zijn verbindingen als Cu	100
[21]	7439-97-6	Kwik en zijn verbindingen als Hg	1
[22]	7440-02-0	Nikkel en zijn verbindingen als Ni	50
[23]	7439-92-1	Lood en zijn verbindingen als Pb	50
[24]	7440-66-6	Zink en zijn verbindingen als Zn	200
[26]	309-00-2	Aldrin	1
[28]	57-74-9	Chloordaan	1
[29]	143-50-0	Chloordecon	1
[33]	50-29-3	DDT	1
[34]	107-06-2	1,2-dichloorethaan (EDC)	1.000
[35]	75-09-2	Dichloormethaan (DCM)	1.000
[36]	60-57-1	Dieldrin	1
[39]	72-20-8	Endrin	1
[41]	76-44-8	Heptachloor	1

PRTR-volgnr	CAS-no	Parameter	i-PRTR-drempelwaarde in kg/j voor het luchtcompartiment
[42]	118-74-1	Hexachloorbenzeen (HCB)	10
[44]	608-73-1	1,2,3,4,5,6-hexachloorcyclohexaan (HCH) som α , β , γ	10
[45]	58-89-9	Lindaan (γ -hexachloorcyclohexaan)	1
[46]	2385-85-5	Mirex	1
[47]		PCDD + PCDF (dioxinen + furanen) als Teq	1E-05
[48]	608-93-5	Pentachloorbenzeen	1
[49]	87-86-5	Pentachloorfenol (PCF = PCP)	10
[50]	1336-36-3	Polychloorbifenylen (PCB's)	0,1
[52]	127-18-4	Tetrachloorethyleen (PER)	2.000
[53]	56-23-5	Tetrachloormethaan (TCM)	100
[54]	12002-48-1	Trichloorbenzenen (TCB's) (alle isomeren)	10
[55]	71-55-6	1,1,1-trichloorethaan	100
[56]	79-34-5	1,1,2,2-tetrachloorethaan	50
[57]	79-01-6	Trichloorethyleen	2.000
[58]	67-66-3	Trichloormethaan	500
[59]	8001-35-2	Toxafeen	1
[60]	75-01-4	Vinylchloride	1.000
[61]	120-12-7	Antraceen	50
[62]	71-43-2	Benzeen	500
[66]	75-21-8	Ethyleenoxide	1.000
[68]	91-20-3	Naftaleen	100
[70]	117-81-7	Di(2-ethylhexyl)ftalaat (DEHP)	10
[71]	108-95-2	Fenolen (als totaal C)	100
[72]		Polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's)	1
[72.1]	50-32-8	Benzo(a)pyreen	1
[72.2]	205-99-2	Benzo(b)fluorantheen	1
[72.3]	207-08-9	Benzo(k)fluorantheen	1
[72.4]	193-39-5	Indeno(1,2,3-cd)pyreen	1
[73]	108-88-3	Tolueen	10.000
[80]		Chloor en zijn anorganische verbindingen (als HCl)	10.000
[81]	1332-21-4	Asbest	1
[84]		Fluor en zijn anorganische verbindingen (als HF)	5.000
[85]	74-90-8	Waterstofcyanide (HCN)	200
[86]		Zwevende deeltjes (PM10)	5.000
[90]	36355-01-8	Hexabroombifenyyl	0,1
[91]	191-24-2	Benzo(g,h,i)peryleen	1
[92]	107-02-8	Acroleïne (acrylaldehyde)	1
[93]	107-13-1	Acrylonitril (2-propeennitril)	100
[94]	74-85-1	Etheen	1.000
[95]	50-00-0	Formaldehyde (methanal)	100
[96]	100-42-5	Styreen	500

In de tabel zijn drie verschillende kleuren toegepast. Deze hebben betrekking op de wijze waarop de emissie is vastgesteld. Uitleg daarover is gegeven in paragraaf 5.2.

Het betreft in totaal 72 parameters. Sommige parameters bestaan uit meerdere stoffen, bijvoorbeeld α , β , γ -hexachloorcyclohexaan (PRTR-volgnummer [44]). γ -Hexachloorcyclohexaan is als individuele parameter ook genoemd in de i-PRTR als lindaan [45]. Met andere woorden de stof hexachloorcyclohexaan komt voor in twee parameters. Dit geldt ook bepaalde PAK's die zowel als individuele stof opgenomen zijn en in het palet van PAK's (i-PRTR-no [72]).

Om deze reden wordt in dit rapport onderscheid gemaakt tussen i-PRTR-parameters en stoffen. De i-PRTR-PAK's omvatten 'slechts' 4 individuele PAK's en wijkt daarmee dus af van andere PAK-paletten, zoals de PAK (6 van Borneff), PAK (10 van VROM), PAK (16 van EPA) of de PAK (8 van EPRTR).

De i-PRTR-nummering loopt door tot 96. In totaal betreft het 122 parameters (inclusief subnummers van fluorkoolwaterstoffen, perfluorkoolwaterstoffen, individuele PAK's en totaal stof).

Omdat voor 30 parameters geen luchtgerelateerde emissie opgegeven hoeft te worden, zijn deze niet opgenomen in tabel 1.

Alle nummers in het onderhavige rapport vermeld tussen vierkante haken [x] hebben betrekking op stofparameters en kunnen dus gelezen worden als i-PRTR-volgnommers.

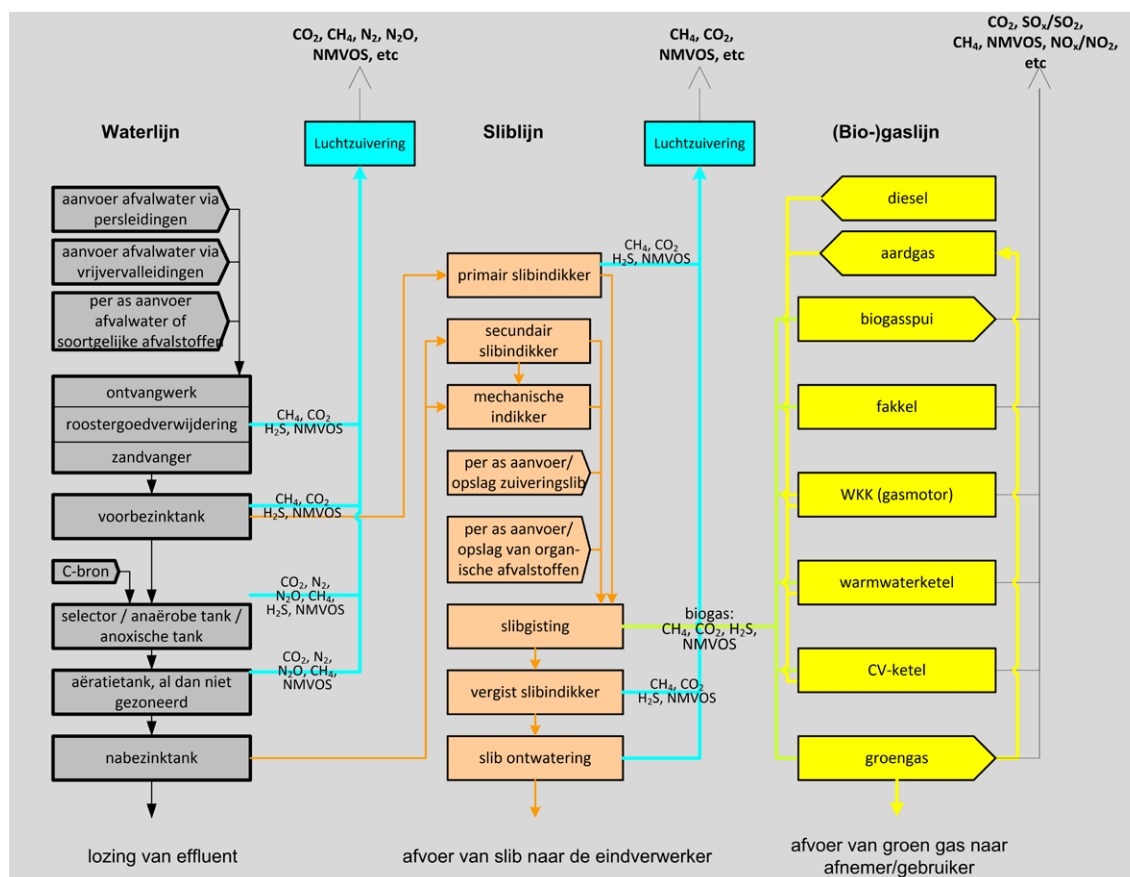
4

LUCHTGERELATEERDE EMISSIES

VANUIT RWZI'S

Een rwzi bestaat uit verscheidene procesunits. Zowel het aantal procesunits als het type kan per rwzi verschillen. De volgende afbeelding betreft een blokschema van een rwzi waarin de meest voorkomende procesunits zijn weergegeven. Bovendien is per procesunit aangegeven welke gasvormige stoffen mogelijkermits geëmitteerd kunnen worden. Er wordt op gewezen dat het overzicht voor wat betreft emissie-soorten niet volledig is. Alleen de belangrijkste emissies zijn vermeld.

FIGUUR 3 BLOKSCHEMA RWZI MET EMISSIEPUNTEN



De meeste procesunits van een rwzi vallen op door hun fysieke omvang. De grootste procesonderdelen zijn vaak niet afgedekt en worden gekenmerkt door grote oppervlakten van waaruit gasvormige stoffen geëmitteerd kunnen worden. Typische voorbeelden hiervan zijn aëratietanks en nabezinktanks. Het gaat daarbij al snel om duizenden vierkante meters oppervlak.

Vooral vanuit aëratietanks treden emissies op. In aëratietanks wordt een groot contactoppervlak gerealiseerd tussen lucht- en waterfase om zorg te dragen dat voldoende zuurstof uit lucht kan worden opgenomen. Dit gebeurt door de injectie van grote hoeveelheden lucht of door lucht en water intensief te mengen met zogenaamde oppervlaktebeluchters. Dit proces gaat uiteraard gepaard met emissies naar de luchtfase.

Onderdelen waar geuremissie kan optreden, zijn meestal wel afgedekt. Vaak zijn dit de onderdelen waar anaërobe of anoxische milieus in voorkomen. Voorbeelden hiervan zijn ontvangwerken, voorbezinktanks en bedrijfsonderdelen van de sliblijn. Om de emissie van geur te beperken wordt de lucht onder de afdekkingen vaak afgezogen en behandeld in luchtfilters. Slibgistingprocessen vinden plaats in afgesloten tanks. Het gevormde biogas wordt opgevangen en wordt nuttig aangewend (bijvoorbeeld in gasmotoren).

Samengevat zijn er vele plaatsen op een rwzi waar emissies naar de lucht kunnen optreden. Deze emissies kunnen zeer verschillend zijn in aard en omvang. Gezien het voorafgaande zal het duidelijk zijn dat luchtgerelateerde emissies vanuit rwzi's bijzonder lastig in kaart te brengen zijn.

De laatste jaren is er meer aandacht voor luchtgerelateerde emissies vanuit rwzi's. Dit heeft te maken met de klimaatdiscussie (broeikasgassen) en het feit dat zuiveringbeheerders daar hun verantwoordelijkheid in willen nemen.

Stoffen die daar een prominente rol in spelen zijn CO_2 , N_2O en CH_4 . Deze stoffen krijgen, samen met andere gasvormige stoffen, in dit rapport bijzondere aandacht. Van andere stoffen is het evident dat zij niet/nauwelijks een rol spelen in luchtgerelateerde emissies. Dat zijn bijvoorbeeld de metalen, maar ook asbest, fluoride en stofdeeltjes (PM_{10}).

Van een groot aantal stoffen is niet bekend of verwijdering plaatsvindt door microbiologische activiteit en/of adsorptie en/of absorptie aan slib en/of door een stripeffect. Voor deze stoffen, het betreft vaak organische micro-verontreinigingen, is weer een andere benadering gekozen. Uit de literatuur (vaak STOWA-rapporten) zijn gehalten in influent en effluent geïnventariseerd. Op basis van fysische en chemische eigenschappen is bepaald welk deel geëmitteerd kan worden naar de luchtfase. Voor de meeste stoffen is de aëratietank/actiefslibtank de belangrijkste emissiebron.

5

BEPALING VAN LUCHTGERELATEERDE EMISSIES

De plicht om emissies te rapporteren hangt samen met de omvang van een emissie. Wanneer een emissie hoger is dan de i-PRTR-drempelwaarde, is rapportage verplicht en dient de emissie gekwantificeerd te worden. Is de emissie lager dan hoeft niet gerapporteerd te worden. Wel dient in een dossier vastgelegd te worden op welke wijze de emissie is bepaald opdat controle mogelijk is. Met dit rapport wordt daar voor een belangrijk deel aan tegemoet gekomen.

In analogie met de rapportage van watergerelateerde emissies (rapporten STOWA 2007-W10, 2010-W07 en 2013-W01) zijn voor zoveel mogelijk parameters de emissie uitgedrukt in emissiefactoren (gewichtshoeveelheid stof per IE_{150wb} of per Nm^3 biogas). In paragraaf 5.1 is uitgelegd dat daarbij is uitgegaan van metingen, berekeningen of schattingen.

Voorts is ervan uitgegaan dat de emissiefactoren een generiek karakter voor rwzi's hebben. Om te voorkomen dat discussie ontstaat over de hoogte van de emissiefactor is bij de bepaling telkens uitgegaan van een *worst case* situatie.

Het voordeel van deze werkwijze is dat zuiveringbeheerders niet individueel aan de slag hoeven om een emissiefactor vast te stellen. Door bovendien een emissie uit te drukken in een 'emissiefactor', wordt het de zuiveringsbeheerder makkelijker gemaakt om de omvang van een emissie voor een bepaalde rwzi vast te stellen. Immers door de emissiefactor te vermenigvuldigen met de werkelijke belasting van een rwzi (uitgedrukt in IE_{150wb}) of een andere grondslag (bijvoorbeeld Nm^3 geproduceerd biogas) kan de emissie van een bepaalde stof/parameter vastgesteld worden.

Verder is het mogelijk om aan de hand van emissiefactoren te bepalen bij welke grootte van een rwzi (uitgedrukt in IE_{150wb}) de drempelwaarde wordt overschreden. Dit vormt onderdeel van de risicoanalyse (paragraaf 5.2).

Doorgaans worden biogasproducties op rwzi's gemeten in m^3 . Om eenduidige emissiefactoren te bepalen zijn de biogashoeveelheden geconverteerd naar Nm^3 waarbij rekening is gehouden met de gasdruk in een slibgisting en de temperatuur van het biogas ter plaatse van de gasmeter. De wijze waarop de conversie is uitgevoerd is weergegeven in bijlage 1.

5.1 BEPALINGSMETHODE

De wijze waarop de emissies zijn bepaald, is gecategoriseerd aan de hand van de principes uit het Referentie Document 'Principles of Monitoring'. In het referentiedocument wordt uitgegaan van:

- werkelijke metingen (*measurement*);
- berekeningen (*calculation*);
- schattingen (*estimation*).

Er bestaat een duidelijke voorkeursvolgorde. Werkelijke metingen in de luchtfase geven de meeste zekerheid en hebben daarom de voorkeur; schattingen daarentegen geven de minste zekerheid. Daarom mag alleen van schattingen worden uitgegaan als geen metingen voorhanden zijn en/of berekeningen kunnen worden uitgevoerd.

Voor de bepaling van de luchtemissie van een stof is aldus op de eerste plaats uitgegaan van **emissiemetingen**.

Zijn geen (betrouwbare) luchtemissie meetresultaten voorhanden dan worden **berekeningen** toegepast. Voor de berekeningsmethodiek wordt uitgegaan van stofconcentraties zoals die in de praktijk zijn gemeten in de waterfase (influent en effluent). Vervolgens is op basis van chemische en fysische eigenschappen (waaronder de Henry-coëfficiënt) de luchtgerelateerde emissie berekend. De luchtgerelateerde emissie is daarbij gebaseerd op de emissie vanuit een aëratietank. Er wordt vanuit gegaan dat, gezien het gestelde in hoofdstuk 4, de luchtgerelateerde emissies voornamelijk afkomstig zijn van aëratietanks.

Daarbij moet worden gerealiseerd dat in een aëratietank grote hoeveelheden lucht worden geïnjecteerd. Hierdoor ontstaat een groot contact oppervlak tussen water- en luchtfase. Aan de hand van berekeningen is vervolgens de maximale luchtgerelateerde emissie berekend. Uitgangspunt is dat de betreffende stof niet afgebroken wordt in een rwzi noch geadsorbeerd wordt aan het slib. Aldus kan gesteld worden dat het een *worst case* scenario betreft.

Van stoffen, waarvan geen luchtemissies bekend zijn, noch bekend is in welke concentratie zij voorkomen in de waterfase (influent en effluent), zijn **schattingen** uitgevoerd op basis van *expert judgement*.

5.2 RISICOANALYSE

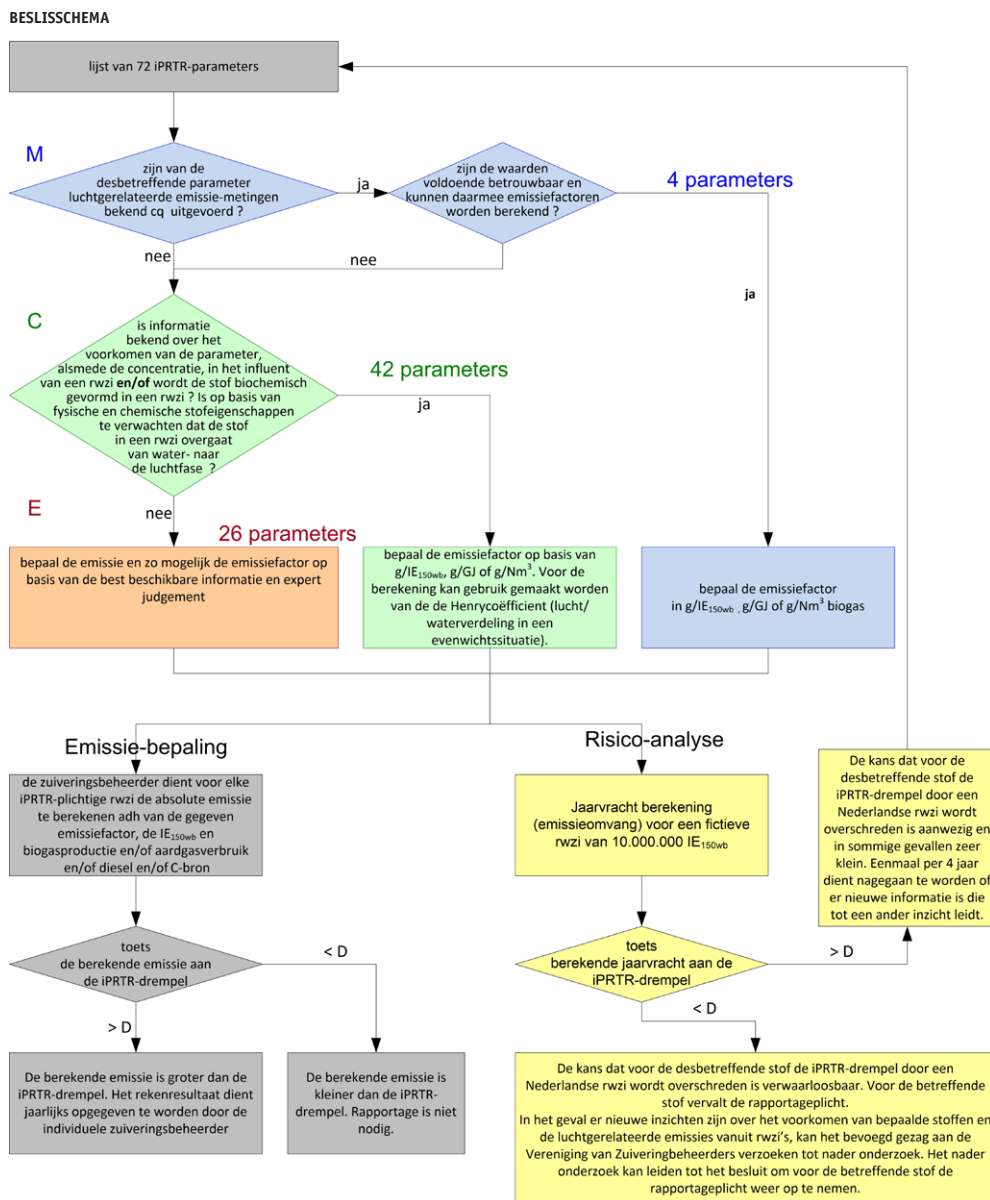
In het onderhavige rapport zijn emissiefactoren gebruikt om een risicoanalyse uit te voeren. Daarbij is uitgegaan van de volgende uitgangspunten:

- voor de bepaling van emissiefactoren is, zoals eerder vermeld, uitgegaan van *worst-case* situaties. De kans dat op individuele i-PRTR-plichtige rwzi's hogere emissies worden gevonden is vrijwel uitgesloten;
- er is een jaarvrachtberekening uitgevoerd voor een rwzi van 10.000.000 IE_{150wb}. Dit is ongeveer tienmaal de grootste rwzi van Nederland (rwzi Harnaspolder). Wanneer de berekende vracht voor een dergelijke grote rwzi kleiner is dan de drempelwaarde, is de kans op overschrijding van de drempelwaarde verwaarloosbaar. Dit betekent dat over de betreffende parameter niet meer gerapporteerd hoeft te worden. Dit zou betekenen dat de lijst van 72 parameters minder groot wordt. Wanneer nieuwe inzichten ontstaan over de emissie van bepaalde stoffen, kan het bevoegd gezag uiteraard aan de Vereniging van Zuiveringbeheerders verzoeken tot nader onderzoek. Het nader onderzoek kan leiden tot een besluit om voor de betreffende stof de onderzoeksplicht weer op te nemen. Wanneer de drempel voor een 10.000.000 IE_{150wb} -rwzi wel wordt gepasseerd, is overschrij-

ding van de drempelwaarde door een Nederlandse rwzi niet helemaal uit te sluiten maar niet waarschijnlijk. In dat geval dient eenmaal per vier jaar te worden nagegaan of er meer duidelijkheid over de betreffende emissie is (bijvoorbeeld doordat er emissie-metingen zijn uitgevoerd of doordat de inzichten hieromtrent zijn veranderd). Deze aanpak en de termijn van vier jaar is in overeenstemming met de herhalingstermijn van het watergerelateerde i-PRTR-onderzoek. Daarmee is de risico-aanpak analoog aan het watergerelateerde i-PRTR-onderzoek.

De bepalingsmethodes en de risicoanalyse zijn in het volgende beslisschema weergegeven.

FIGUUR 4



Legenda:

IE_{150wb}: Inwonerequivalent op basis van 150 g TZV gemeten als werkelijke belasting

GJ: Gigajoule: energie-inhoud die gebruikt wordt als maat voor de hoeveelheid biogas, aardgas of diesel die wordt verbrand (in een ketel en/of gasmotor en/of fakkelt)

M: emissiegegevens gebaseerd op metingen (*Measurement*)

C: emissiegegevens gebaseerd op berekeningen (*Calculation*)

E: emissiegegevens gebaseerd op niet-gestandaardiseerde ramingen aan de hand van beste aannames of *expert judgement* (*Estimation*)

D: rapportage drempelwaarde gehanteerd in de i-PRTR voor een bepaalde parameter

De kleuren blauw, groen en rood van het stroomschema worden in hoofdstuk 6 gebruikt om te duiden of het een stof betreft waarvan de emissie is **gemeten** (*measurement*), **berekend** (*calculation*) of **geschat** (*estimation*). Deze kleurstelling is ook in tabel 1 op de parameters toegepast. Het **geel** gekleurde deel van het beslisschema betreft de risicoanalyse.

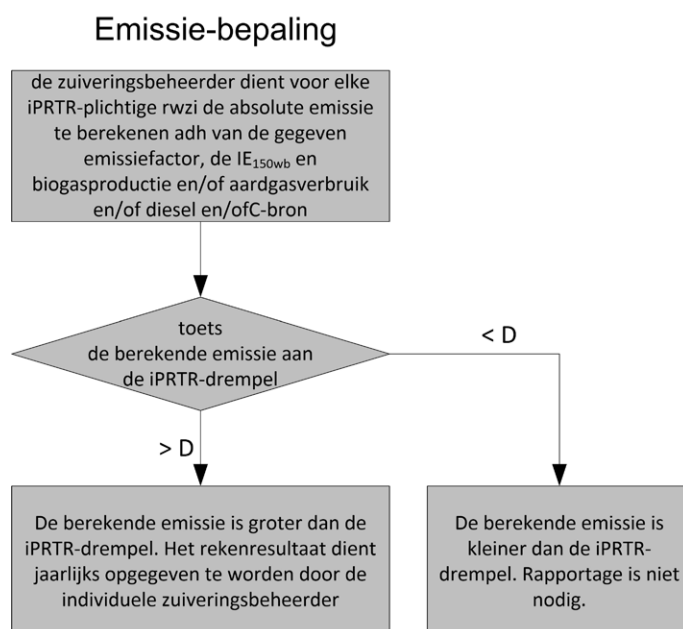
5.3 GEBRUIK VAN EMISSIEFACTOREN

Alle bepalingsmethodes, zoals uitgelegd in paragraaf 5.1, resulteren in emissiefactoren. Conform het schema (figuur 4) dienen de emissiefactoren op de eerste plaats gebruikt te worden om de omvang van een luchtgerelateerde emissie van een individuele rwzi vast te stellen. Een en ander zoals in de volgende figuur schematisch is weergegeven (betreft een deel van figuur 4).

Afhankelijk van de omvang van de emissie dient wel/niet gerapporteerd te worden.

FIGUUR 5

SCHEMA 'GEBRUIK EMISSIEFACTOR'



De emissiefactoren mogen voor vier rapportagejaren worden gebruikt. Het eerste gebruik van deze factoren is in 2015 en geldt voor het rapportagejaar 2014.

Wanneer in 2018 blijkt dat ten aanzien van de lijst van de i-PRTR-parameters geen nieuwe inzichten zijn ontstaan, kunnen dezelfde emissiefactoren gebruikt worden voor de rapportagejaren daarop volgend, dat wil zeggen 2018, 2019, 2020 en 2021. Wanneer tussentijds voor sommige parameters/stoffen nieuwe inzichten ontstaan, dient de emissiefactor wellicht bijgesteld te worden.

Voor de volledigheid wordt vermeld dat in de rapportage zowel reguliere als accidentele emissies meegenomen dienen te worden.

6

LUCHTGERELATEERDE EMISSIE PER PRTR-IPARAMETER

De uitwerking van de luchtgerelateerde i-PRTR-parameters is, gezien het grote aantal, zoveel mogelijk groepsgewijs uitgevoerd.

Daarvoor is een indeling aangehouden die overeenkomt met de wijze van emissiebepaling, zoals uitgelegd in paragraaf 5.1. Het betreft de emissiebepaling volgens *metingen*, *berekeningen* of *schattingen*. De uitwerking van de emissies is opgenomen in bijlagen. Daar waar wenselijk zijn emissies van parameters individueel uitgewerkt.

In de paragrafen 6.1 en 6.2 is tabelgewijs per stof de emissiefactor gegeven en een belasting van de rwzi (in IE_{150wb}) waarbij de i-PRTR-drempel wordt overschreden. In paragraaf 6.2 is eenzelfde tabel opgenomen voor parameters waarvoor de luchtgerelateerde emissie is ingeschat (op basis van *expert judgement*).

Vervolgens is per stof een conclusie getrokken ten aanzien van het risico dat de i-PRTR-drempel wordt overschreden. Voor sommige parameters is dat risico zeer gering of nihil en voor andere is dat reëel.

Door de IE-belasting en/of de biogasproductie en/of aardgasverbruik van de rwzi te vermenigvuldigen met de specifieke emissiefactor wordt de geëmitteerde jaarvracht verkregen. Deze kan getoetst worden aan de i-PRTR-drempel. Is het rekenresultaat lager dan hoeft de vracht niet gerapporteerd te worden. Is het rekenresultaat hoger dan dient het resultaat opgenomen te worden in het e-MJV.

6.1 GEMETEN EMISSIES VAN VIER I-PRTR-PARAMETERS

Van vier parameters is de emissie werkelijk gemeten. Het betreffen de volgende stoffen: CO, N₂O, NO_x/NO₂ en SO_x/SO₂. De achtergrond van deze metingen en de conversie naar emissiefactor is beschreven in bijlage 2.

TABEL 2 OVERZICHTSLIJST STOFFEN WAARVAN DE EMISSIE GEMETEN IS

PRTR-volgnr	Parameter	Emissiefactor	IE _{150wb} -belasting waarbij de i-PRTR-drempel wordt overschreden	Conclusie ten aanzien van het risico dat de i-PRTR-drempel (D) wordt overschreden	Uitwerking
[2]	Koolmonoxide (CO)	Voor de bepaling van de CO-emissie dient uitgegaan te worden van de meetresultaten van de vierjaarlijkse keuring uitgevoerd aan gasverbrandingstoestellen. De collectieve emissiefactoren mogen alleen gebruikt worden als er geen meetgegevens beschikbaar zijn. De collectieve emissiefactoren zijn voor turbo en atmosferische gasmotoren respectievelijk 9,65 g CO/Nm ³ biogas en 7,71 g CO/Nm ³ biogas. Voor aardgas en diesel gestookte apparatuur worden emissiefactoren gebruikt uit het e-MJV, respectievelijk 1,58 g CO/Nm ³ ae en 5,38 CO/l diesel.	187.500	Er bestaat een reëel risico dat de drempel wordt overschreden. Per i-PRTR-plichtige rwzi dient de jaaremissie berekend en getoetst te worden aan de i-PRTR-drempel	bijlage 2.1
[5]	Distikstofoxide (N ₂ O) (lachgas)	3,2 g N ₂ O/IE _{150wb} /J	3.125.000	Op basis van de internationaal aanvaarde emissiefactor wordt de drempelwaarde door de i-PRTR-plichtige rwzi's niet overschreden.	bijlage 2.2
[8]	Stikstofoxiden NO _x /NO ₂	Emissie geschiedt alleen vanuit rwzi's die uitgevoerd zijn met een slibgisting waarvan het biogas wordt verbrand. Voor de bepaling van de NO _x /NO ₂ -emissie dient uitgegaan te worden van de meetresultaten die tijdens de vierjaarlijkse keuringen worden uitgevoerd aan de gasverbrandingstoestellen. De onderstaande emissiefactoren mogen alleen gebruikt worden als er geen meetgegevens beschikbaar zijn: biogas: 139 g NO _x /NO ₂ per GJ of 3,24 g NO _x /NO ₂ per Nm ³ biogas aardgas: 100 g NO _x /NO ₂ per GJ of 3,17 g NO _x /NO ₂ per Nm ³ ae diesel: 130 g NO _x /NO ₂ per GJ of 4,66 g NO _x /NO ₂ per liter diesel	529.000	Het risico van drempel overschrijding is aanwezig voor rwzi's die niet alleen het eigen slib maar ook slib vergisten dat per as wordt aangevoerd. Per individuele rwzi dient de NO _x /NO ₂ -emissie berekend en getoetst te worden aan de i-PRTR-drempel.	bijlage 2.3
[11]	Zwaveloxiden (SO _x /SO ₂)	Emissie geschiedt alleen vanuit rwzi's die uitgevoerd zijn met een slibgisting waarvan het geproduceerde biogas verbrand wordt. Voor de bepaling van de SO _x /SO ₂ -emissie dient uitgegaan te worden van de meetresultaten van de H ₂ S-metingen in het biogas. Wanneer geen meetresultaten beschikbaar zijn, mag uitgegaan worden van de collectieve emissiefactor. Uitgaande van een gehalte in biogas van 50 ppm H ₂ S bedraagt de emissiefactor 143,1 mg SO ₂ /Nm ³ biogas die verbrand is in een gasverbrandingstoestel. Alhoewel de PRTR-drempelwaarde niet wordt overschreden, wordt aanbevolen om de hoeveelheid geëmitteerde SO _x /SO ₂ te rapporteren in het e-MJV.	24,1 miljoen bij een H ₂ S-gehalte in het biogas van 50 ppm	De kans dat de i-PRTR-drempel wordt overschreden is nihil.	bijlage 2.4

De emissie van CO, NO_x/NO₂ en SO_x/SO₂ vindt op rwzi's plaats vanuit verbrandingstoestellen. In deze verbrandingstoestellen (waartoe ook een gasmotor behoort) wordt biogas omgezet in verbrandingsproducten (H₂O, CO, CO₂, C_xH_y, NO_x/NO₂, SO_x/SO₂) die met de rookgassen geëmitteerd worden. Uitwerking van CO, NO_x/NO₂ en SO_x/SO₂-emissies is opgenomen in respectievelijk bijlage 2.1, 2.3 en 2.4.

De emissie van N₂O vindt plaats vanuit de waterlijn en is uitgewerkt in bijlage 2.2.

In de voorgaande tabel zijn een aantal collectieve emissiefactoren gegeven. De collectieve emissiefactoren van CO en NO_x/NO₂ zijn bepaald aan de hand van een groot aantal praktijkmetingen in rookgassen van gasmotoren op rwzi's. Gezien de concentratie van CO in rookgassen is er een reëel risico dat vanuit rwzi's de emissievracht hoger is dan de rapportagedrempel. Het SO_x/SO₂-gehalte wordt berekend op basis van een groot aantal H₂S-metingen in het biogas. Het is onwaarschijnlijk dat de SO_x/SO₂-emissievracht uitkomt boven de i-PRTR-drempel.

Op basis van de Activiteitenregeling (keuringsregiem) is het verplicht om vierjaarlijks de parameters NO_x/NO₂ en SO_x/SO₂ te meten. Tegelijkertijd wordt veelal ook het CO-gehalte gemeten. Het betreft echter geen verplichte meting.

Omdat individuele metingen, mits op de juiste wijze uitgevoerd, te verkiezen zijn boven het gebruik van collectieve emissiefactoren mogen deze alleen gebruikt worden als individuele meetgegevens ontbreken. Dit geldt voor de parameters CO, NO_x/NO₂ en SO_x/SO₂.

BESCHOUWING EN RESULTAAT RISICO ANALYSE

Van de vier bestudeerde parameters overschrijden een drietal parameters mogelijkserwijs de PRTR-drempelwaarde. Dit betreffen de stoffen CO, NO_x/NO₂ en N₂O.

Voor het bepalen N₂O-emissie kan uitgegaan worden van de in tabel 2 gegeven emissiefactor in combinatie met de IE_{150wb} belasting van de rwzi.

Voor bepaling van de CO-, en NO_x/NO₂-emissie kunnen de vierjaarlijkse meetgegevens (afkomstig van de rookgassen van gasverbrandingstoestellen op rwzi's) worden gebruikt.

Voor het e-MJV is het beter om uit te gaan van de frequente H₂S-metingen in het biogas (voor het berekenen van de SO_x/SO₂-uitstoot), dan de vierjaarlijkse SO_x/SO₂-metingen in de rookgassen. De kans dat de emissievracht van SO_x/SO₂ de i-PRTR-drempel overschrijdt is bijzonder klein.

VIERJAARLIJKSE UPDATE

De uitkomst van de risicoanalyse laat zien dat de emissiefactoren van CO, N₂O en NO_x/NO₂ in principe om de vier jaar opnieuw beoordeeld dienen te worden. Omdat voor de parameters CO en NO_x/NO₂ uitgegaan wordt van de individueel uitgevoerde metingen aan rookgassen is nader onderzoek weinig zinvol. Naar verwachting zullen de collectieve emissiefactoren voor deze twee parameters niet of nauwelijks hoeven te worden toegepast.

Voor SO_x/SO₂ is nader onderzoek niet nodig gezien de zeer geringe kans op overschrijding van de i-PRTR-drempel.

Het komt erop neer dat alleen voor de parameters CH₄ en N₂O binnen vier jaar nagegaan moet worden of er dusdanige nieuwe inzichten zijn, dat de collectieve emissiefactoren moeten worden aangepast. Het wordt aanbevolen om dit af te stemmen met het IPO Monitoringsplatform omdat rapportages en de wijze waarop een en ander wordt uitgevoerd dient te voldoen aan internationale afspraken.

6.2 BEREKENDE EMISSIES VAN 42 I-PRTR-PARAMETERS

Wanneer luchtgerelateerde emissies niet door middel van metingen zijn vast te stellen dient op een andere wijze de emissie bepaald te worden. Dergelijke emissies dienen dan berekend te worden. In deze paragraaf worden een 42-tal parameters behandeld waarvan de luchtgerelateerde emissie berekend is.

6.2.1 EMISSIE VANUIT DE WATERLIJN

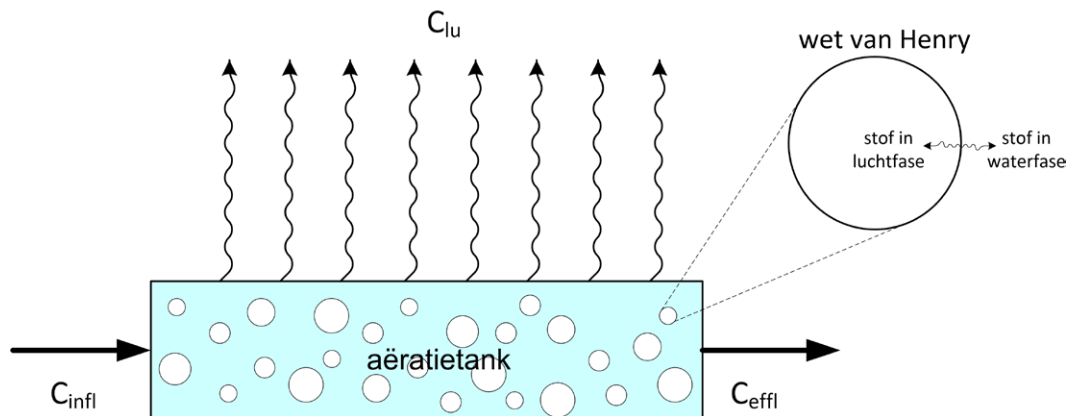
De emissie van stoffen uit de waterfase is afhankelijk van een aantal factoren. Op de eerste plaats is vooral het **contact tussen lucht en water** van belang. Een eventueel stripeffect of verdampingseffect wordt bevorderd als het contactoppervlak tussen de water- en de luchtfase wordt vergroot.

In zijn algemeenheid geldt dat het contactoppervlakte tussen lucht en water in een aëratietank van een rwzi vele malen groter is dan in een voorbezinktank, nabezinktank of andere tanks. Met andere woorden op een rwzi is de aëratietank voor de meeste stoffen maatgevend voor luchtgerelateerde emissies.

Dit kan het beste geïllustreerd worden met het gegeven dat een kubieke meter aëratietank in een rwzi dagelijks belucht wordt met 4 – 8 Nm³ lucht (in geval van een bellenbeluchting). Per IE_{150wb} wordt per jaar ongeveer 300 Nm³ lucht geïnjecteerd in een aëratietank. In het geval van puntbeluchters kan weliswaar niet gesproken worden over ingebrachte luchthoeveelheden maar het contactoppervlak tussen water en lucht is ook hier zeer fors.

Het evenwicht tussen een stofconcentratie in de waterfase en de luchtfase wordt beschreven met de Wet van Henry, schematisch weergegeven in de volgende figuur.

FIGUUR 6 SCHEMATISCHE WEERGAVE VAN LUCHTGERELATEERDE EMISSIE VANUIT EEN AËRATIE-TANK



Voorts is van belang de **stofconcentratie in de waterfase** van de aëratietank. De concentratie van stoffen in de waterfase is afhankelijk van de influentconcentratie minus de biochemische afbraak minus ad/absorptie aan actiefslib en minus verdamping. Wat resteert, is de stofconcentratie in de waterfase in het effluent. De aan- en afvoer posten zijn in de volgende tabel weergegeven.

TABEL 3

MASSABALANS VAN STOFFEN IN EEN AËRATietANK

Aanvoer	Afvoer
influent	adsorptie en/of absorptie aan actief slib dat gespuid wordt
biochemische vorming	biochemische omzetting
	verdamping
	effluent

In welke vorm sommige stoffen voorkomen in de waterfase hangt mede samen met de pH. De evenwichtsconstante (dissociatieconstante) bepaalt samen met de heersende pH of de stof in gedissocieerde vorm dan wel in een ongedissocieerde vorm voorkomt. Dit speelt bijvoorbeeld voor N-NH_4^+ en N-NH_3 en minder bij organische stoffen (deze vormen het merendeel van de i-PRTR-lijst). Kortom ook de **fysisch/chemische eigenschappen** van stoffen zijn van belang.

Daarnaast is een groot aantal stoffen onderhevig aan **biochemische reacties**. Het is ondoenlijk om per stof alle mechanismen inzichtelijk te maken en daarmee de luchtgerelateerde emissie te berekenen.

6.2.2 EMISSIE VANUIT DE SLIB- EN BIOGASLIJN

Van bepaalde stoffen vindt niet alleen emissie plaats vanuit de waterlijn maar ook de slib- en biogaslijn. Dat geldt voor CH_4 , CO_2 (als bestanddeel van biogas) en NH_3 . CH_4 wordt vanuit de sliblijn (slibindikkers en slibbuffers, lagunes) geëmitteerd door nagisting en door de uitstoot van onverbrand methaan vanuit gasverbrandingstoestellen.

6.2.3 UITWERKING 42 I-PRTR-PARAMETERS

De uitwerking van 42 i-PRTR-parameters is opgenomen in bijlage 3.

Ten aanzien van CH_4 wordt het volgende opgemerkt. In het onderhavige rapport is CH_4 ingedeeld bij de stoffen waarvan de emissie is bepaald aan de hand van berekening. Dit is echter niet helemaal juist. De emissie van CH_4 uit gasverbrandingstoestellen is bijvoorbeeld vastgesteld aan de hand van metingen. Omdat het grootste deel van de CH_4 -emissie is bepaald met behulp van berekeningen is CH_4 ingedeeld bij de categorie 'Berekende emissies' (C) en niet bij 'Gemeten emissies' (M).

Overigens blijkt uit literatuur en onderzoek dat CH_4 -emissies vanuit rwzi's lastig in kaart te brengen zijn en de meetresultaten niet eenduidig zijn. Om deze reden wordt voor de CH_4 -emissiebepaling vooralsnog uitgegaan van de IPPC-emissiefactoren uitgewerkt in bijlage 3.1 en samengevat in tabel 4. Daarbij is bijzondere aandacht besteed aan de categorie rwzi's met slibgistingen waarvan een substantieel deel bestaat uit rwzi's die slib van andere rwzi's mee-vergisten.

Voor het bepalen van de CH_4 -emissie dient niet alleen de belasting van de rwzi te worden betrokken maar ook de biogasproductie (doordat op sommige rwzi's slib of andere organische materialen wordt vergist dat per as wordt aangevoerd).

Voor de emissie van CO_2 [3] is uitgegaan van oxidatieve omzettingen van organische stof ten gevolge van biochemische of verbrandingsprocessen. Een uitwerking van de CO_2 -emissie is gegeven in bijlage 3.2.

In bijlage 3.3 is de emissie van NH_3 [6] uitgewerkt, waarbij zowel dissociatieconstanten als de wet van Henry is toegepast. Analooq met de uitwerking voor $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$ is de emissie van HCN/CN^- [85] uitgewerkt (bijlage 3.4).

De resterende 38 i-PRTR-parameters zijn opgenomen in bijlage 3.5. Aan de hand van literatuur is per i-PRTR-parameter bepaald welke concentratie voorkomt in de waterfase van een aëratie-

tank. In een aparte studie 'Luchtgerelateerde emissies vanuit beluchte actiefslibtanks met toepassing van de wet van Henry' (bijlage 7) is een methode uitgewerkt aan de hand waarvan een luchtgerelateerde emissie berekend kan worden. Met behulp van een dimensieloze Henry-coëfficiënt is vervolgens voor de relevante parameters de stofhoeveelheid berekend die naar de luchtfase geëmitteerd kan worden ten gevolge van het beluchtingsproces.

De appendices van bijlage 7 bevatten van de relevante i-PRTR-parameters Henry-coëfficiënten alsmede andere fysisch/chemische eigenschappen. Tevens worden een aantal rekenvoorbeelden gegeven (appendix 2) gebaseerd op de stoffen naftaleen [68] en DEHP [70]. De berekeningen voor de andere stoffen lopen analoog hieraan.

In de volgende tabel zijn van de 42 stoffen de rekenresultaten opgenomen, onderscheiden in:

- emissiefactor (stofhoeveelheid per IE_{150wb} /jaar en/of stofhoeveelheid per Nm^3 biogas of aardgas);
- een berekende IE_{150wb} -belasting waarbij de i-PRTR-drempel wordt overschreden. In de naastgelegen kolom is aangegeven of er een reële kans is op overschrijding van deze drempel.

TABEL 4 OVERZICHTSLIJST 42 PARAMETERS WAARVAN DE EMISSIE BEREKEND IS

PRTR-volgnr	Parameter	Emissiefactor	IE-belasting (in IE_{150}) waarbij de i-PRTR-drempel wordt overschreden	Conclusie tav het risico dat de i-PRTR-drempel (D) wordt overschreden
[1]	Methaan (CH_4) bij een rwzi zonder slibgisting	8,75 g CH_4 /(kg CZV _{aanvoer} - kg CZV _{slib vanuit water- naar sliblijn}) 1,9 g CH_4 /Nm ³ aardgas, dat verbrand wordt in een gasverbrandingstoestel	463.000	Er bestaat een reëel risico dat de drempel wordt overschreden.
[1]	Methaan (CH_4) bij een rwzi met slibgisting	8,75 g CH_4 /(kg CZV _{aanvoer} - kg CZV _{slib vanuit water- naar sliblijn}) 1,9 g CH_4 /Nm ³ aardgas dat verbrand wordt in een gasverbrandingstoestel met daarbij opgeteld: 27,86 g CH_4 /Nm ³ gevormd biogas 9,36 g CH_4 /Nm ³ biogas dat met behulp van een turbo gasmotor wordt verbrand 7,48 g CH_4 /Nm ³ biogas dat met behulp van een atmosferische gasmotor of fakkel wordt verbrand 464,3 g CH_4 /Nm ³ biogas dat direct gespuist is en dus niet verbrand is in een gasverbrandingstoestel	463.000 of zoveel lager ten gevolge van de extra CH_4 -emissie ten gevolge van het vergistingproces en verbrandings-toestellen	Per i-PRTR-plichtige rwzi dient de jaaremissie berekend en getoetst te worden
[3]	Koolzuurgas (CO_2)	Bepaal de hoeveelheid CZV, afgebroken/verwijderd in de waterlijn, en vermenigvuldig die met 1,2 kg CO_2 /kg CZV om de hoeveelheid geproduceerde CO_2 (kg) te berekenen. Houd daarbij zo nodig rekening met de eventueel gedoseerd C-bron of afvalwater/slib per as aangevoerd in de waterlijn. Bepaal de hoeveelheid geproduceerd biogas en vermenigvuldig die met 0,688 kg CO_2 /Nm ³ biogas om de hoeveelheid CO_2 (kg) te bepalen die in het biogas aanwezig is. Bepaal van de hoeveelheid geproduceerde biogas het CH_4 -aandeel dat verbrand is (houd daarbij rekening met de biogas die onverbrand de gasverbrandingsapparatuur verlaat). Bepaal de hoeveelheid verbrand CH_4 (door de hoeveelheid biogas te vermenigvuldigen met 0,4643 kg CH_4 /Nm ³ biogas) en vermenigvuldig vervolgens met 2,75 kg CO_2 /kg CH_4 . Dit resulteert in de hoeveelheid CO_2 (kg) die gevormd is ten gevolge van de verbranding van CH_4 uit het biogas. Vermenigvuldig de verbrande hoeveelheid aardgas (Nm ³ /j) met 1,788 kg CO_2 /Nm ³ aardgas. Vermenigvuldig de verbrande hoeveelheid diesel (kg/j) met 3,173 kg CO_2 /kg diesel. Sommeer alle CO_2 -hoeveelheden en rapporteer de hoeveelheid CO_2 (kg).	1.920	alle rwzi's overschrijden de drempel

PRTR-volgnr	Parameter	Emissiefactor	IE-belasting (in IE150) waarbij de i-PRTR-drempel wordt overschreden	Conclusie tav het risico dat de i-PRTR- drempel (D) wordt overschreden
[6]	Ammoniak (NH ₃)	24,8 mg NH ₃ /IE _{150wb} per jaar voor de waterlijn 10,38 mg NH ₃ /IE _{150wb} per jaar voor de sliblijn	3,52E8	kans op overschrijding van de drempel is nihil
[26]	Aldrin	0 mg/IE _{150wb} /j	>> 10.000.000	risico is nihil
[28]	Chloordaan	0 mg/IE _{150wb} /j	>> 10.000.000	risico is nihil
[29]	Chloordecon	8,6E-5 mg/IE _{150wb} /j	1,16E10	risico is nihil
[33]	DDT	0 mg/IE _{150wb} /j	>> 10.000.000	risico is nihil
[34]	Dichloorethaan (EDC)	0 mg/IE _{150wb} /j	>> 10.000.000	risico is nihil
[35]	Dichloormethaan (methyleen- chloride)	0 mg/IE _{150wb} /j	>> 10.000.000	risico is nihil
[36]	Dieldrin	0 mg/IE _{150wb} /j	>> 10.000.000	risico is nihil
[39]	Endrin	0 mg/IE _{150wb} /j	>> 10.000.000	risico is nihil
[41]	Heptachloor	0 mg/IE _{150wb} /j	>> 10.000.000	risico is nihil
[42]	Hexachloor-benzeen	0 mg/IE _{150wb} /j	>> 10.000.000	risico is nihil
[44]	1,2,3,4,5,6-hexachloorcyclohexaan (HCH) som α, β, γ	7,2E-4 mg/IE _{150wb} /j	1,4E10	risico is nihil
[45]	γ-HCH (Lindaan)	7,4E-4 mg/IE _{150wb} /j	1,35E9	risico is nihil
[46]	Mirex	0 mg/IE _{150wb} /j	>> 10.000.000	risico is nihil
[47]	PCDD + PCDF (dioxinen + furanen) als Teq	2,2E-5 mg/IE _{150wb} /j	1.460.000	risico is gering
[48]	Pentachloorbenzeen	0 mg/IE _{150wb} /j	>> 10.000.000	risico is nihil
[49]	Pentachloorfenol	6,14E-6 mg/IE _{150wb} /j	1,6E12	risico is nihil
[50]	Polychloorbifenylen (PCB's)	0 mg/IE _{150wb} /j	>> 10.000.000	risico is nihil
[52]	Tetrachloorethyleen (PER)	0 mg/IE _{150wb} /j	>> 10.000.000	risico is nihil
[53]	Tetrachloormethaan (TCM)	0 mg/IE _{150wb} /j	>> 10.000.000	risico is nihil
[54]	Trichloorbenzenen (TCB's) (alle isomeren)	0 mg/IE _{150wb} /j	>> 10.000.000	risico is nihil
[55]	1,1,1-Trichloorethaan	0 mg/IE _{150wb} /j	>> 10.000.000	risico is nihil
[56]	1,1,2,2-Tetrachloorethaan	0 mg/IE _{150wb} /j	>> 10.000.000	risico is nihil
[57]	Trichloroethyleen	1,30 mg/IE _{150wb} /j	1,5E9	risico is nihil
[58]	Trichloormethaan	2,76 mg/IE _{150wb} /j	1,8E8	risico is nihil
[59]	Toxafeen	0 mg/IE _{150wb} /j	>> 10.000.000	risico is nihil
[60]	Vinyl chloride	0 mg/IE _{150wb} /j	>> 10.000.000	risico is nihil
[61]	Anthraceen	0,07 mg/IE _{150wb} /j	7,6E8	risico is nihil
[62]	Benzeen	7 mg/IE _{150wb} /j	7,1E7	risico is nihil
[68]	Naftaleen	4,26 mg/IE _{150wb} /j	2,4E7	risico is nihil
[70]	Di(2-ethylhexyl)ftalaat DEHP)	2,2E-2 mg/IE _{150wb} /j	4,5E8	risico is nihil
[72]	PAK's	7,23E-3 mg/IE _{150wb} /j	1,38E8	risico is nihil
[72.1]	Benzo(a)pyreen	1,6E-4 mg/IE _{150wb} /j	6,4E9	risico is nihil
[72.2]	Benzo(b)fluorantheen	7,0E-3 mg/IE _{150wb} /j	1,4E8	risico is nihil
[72.3]	Benzo(k)fluorantheen	2,6E-5 mg/IE _{150wb} /j	3,8E10	risico is nihil

PRTR-volgnr	Parameter	Emissiefactor	IE-belasting (in IE150) waarbij de i-PRTR-drempel wordt overschreden	Conclusie tav het risico dat de i-PRTR- drempel (D) wordt overschreden
[72.4]	Indeno(1,2,3-cd)pyreen	4,0E-5 mg/IE _{150w} b/j	2,5E10	risico is nihil
[73]	Tolueen	250 mg/IE _{150w} b/j	4,0E7	risico is nihil
[85]	Waterstof cyanide	156 mg/IE _{150w} b/j	1.280.000	risico is gering
[90]	Hexabroom-bifenyl	5,2E-6 mg/IE _{150w} b/j	1,9E10	risico is nihil
[91]	Benzo(g,h,i)peryleen	1,5E-5 mg/IE _{150wb} /j	6,7E10	risico is nihil

CONCLUSIE RISICO ANALYSE

Van de 42 parameters dient alleen de emissie van CH₄ [1] en CO₂ [3] berekend en gerapporteerd te worden. Hiervoor kunnen de emissiefactoren worden gebruikt die in tabel 4 worden beschreven.

Ten aanzien van de CH₄-emissie wordt het volgende opgemerkt. Technieken om methaane-emissie in kaart te brengen alsmede te reduceren, zijn nog volop in ontwikkeling. Sinds 2010 zijn door STOWA verscheidene projecten uitgevoerd die betrekking hebben op de methaane-emissie vanuit rwzi's. Uit het onderzoek blijkt dat het complexe materie betreft en nog geen consistente emissiefactoren bepaald kunnen worden. Om deze reden wordt voor de CH₄-emissiebepaling vanuit rwzi's vooralsnog uitgegaan van de IPCC-emissiefactoren, genoemd in tabel 4 en uitgewerkt in bijlage 3.1.

Gerealiseerd wordt dat de IPCC-emissiefactoren gebaseerd zijn op informatie uit 2006 of eerder. Gezien de internationale afspraken op dit punt wordt toch gebruik gemaakt van de IPCC-emissiefactoren omdat de STOWA-emissiefactoren (nog) niet gevalideerd kunnen worden.

Bij de bepaling van de emissiefactoren is bijzondere aandacht besteed aan de categorie rwzi's met slibgistingen waarvan een substantieel deel bestaat uit rwzi's die slib van andere rwzi's mee-vergisten.

Voor deze categorie rwzi's dient niet alleen de belasting van de rwzi te worden betrokken maar ook de biogasproductie omdat deze door het mee-vergisten soms veel hoger is dan op basis van de IE-belasting verwacht kan worden.

Op basis van de risicoanalyse dient in principe binnen een periode van vier jaar de emissiefactoren van CH₄ en CO₂ opnieuw bekeken te worden. Gezien de aandacht die er thans is vanuit de wetenschap en zuiveringbeheerders worden binnen dit tijdsbestek nieuwe inzichten verwacht. Deze inzichten zullen in een update van het onderhavige rapport worden verwerkt. In het onderhavige rapport is een vrijwel sluitende CO₂-balans gepresenteerd. Verdergaand onderzoek zal op dit punt, naar verwachting, niet tot nieuwe inzichten leiden en wordt thans weinig zinvol geacht.

Conform de risicoanalyse dient binnen vier jaar de emissiefactor van PCDD + PCDF (dioxinen + furanen) [47] alsmede HCN [85] opnieuw beoordeeld te worden. Doel is om te bepalen of het risico voor drempeloverschrijding is toe- of afgenomen.

Van alle andere stoffen is, op basis van beschikbare informatie, onomstotelijk aangetoond dat emissies vanuit een rwzi niet zodanig zijn dat de i-PRTR-drempel wordt overschreden.

6.3 GESCHATTE EMISSIES VAN 26 I-PRTR-PARAMETERS

In deze paragraaf komen de emissies van parameters aan de orde die niet gemeten of berekend kunnen worden. Het betreft 26 parameters waarvan op basis van *expert judgement* de luchtgerelateerde emissies wordt ingeschat. In bijlage 4 is per parameter de beschikbare informatie weergegeven die in tabel 5 is samengevat.

TABEL 5 LIJST VAN PARAMETERS WAARVAN DE EMISSIE BEPAALD IS OP BASIS VAN EXPERT JUDGEMENT

PRTR-volgnr	Parameter	Beschrijving beschikbare informatie	Aanbeveling
[4] [9]	Fluorkoolwaterstoffen Perfluorkoolwaterstoffen	HFK's worden toegepast noch gevormd op rwzi's. De fysische/chemische eigenschappen zijn zodanig dat het voorkomen van HFK's in het influent niet waarschijnlijk is.	
[7]	NMVOS	Er is alleen indirecte informatie beschikbaar over emissies van NMVOS vanuit rwzi's. De emissie van NMVOS kan op twee wijzen worden bepaald. Via de 'Standaard onderverdeling Aardgas' (e-MJV) of via de stofgerichte benadering. De eerste methode betreft de huidige benadering; de tweede methode geeft betere resultaten. Uitleg over deze twee methodes is gegeven in paragraaf 6.4.	
[10]	Zwavelhexafluoride (SF6)	SF6 is een zeer inert gas en wordt toegepast noch gevormd op rwzi's. De fysische/chemische eigenschappen zijn zodanig dat het voorkomen van SF6 in het influent niet waarschijnlijk is. Emissies vanuit rwzi's boven de i-PRTR-drempelwaarde zijn daardoor niet waarschijnlijk.	
[14, 15, 16]	Chloorfluorkoolwaterstoffen [14], Chloorfluorkoolstoffen [15] en Halonen [16]	Deze stoffen worden toegepast noch gevormd op rwzi's. De fysische/chemische eigenschappen zijn zodanig dat het voorkomen van deze stoffen in het influent niet waarschijnlijk is. Emissies vanuit rwzi's boven de i-PRTR-drempelwaarde zijn daardoor niet waarschijnlijk.	
[17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24]	Arsen [17], cadmium [18], chroom [19], koper [20], kwik [21], nikkel [22], lood [23] en zink [24]	Het betreft ionogene stoffen. Op rwzi's worden geen processen toegepast die een emissie van deze stoffen met zich mee kunnen brengen. Emissies vanuit rwzi's boven de i-PRTR-drempelwaarde zijn daardoor niet waarschijnlijk.	
[66]	Ethyleenoxide	Het voorkomen van ethyleenoxide in influent is niet waarschijnlijk door de neiging om in waterige milieu's te polymeriseren. Ethyleenoxide wordt toegepast noch gevormd op rwzi's. Emissies vanuit rwzi's boven de i-PRTR-drempelwaarde zijn daardoor niet waarschijnlijk.	
[71]	Fenolen	Over het voorkomen en het gedrag van fenolen in rwzi's is geen/nauwelijks informatie voorhanden.	Meenemen in het 4-jaarlijks i-PRTR-monitoringsonderzoek 'Watergerelateerde emissies vanuit rwzi's'.
[80]	Chloor	Chloorgas en anorganische verbindingen daarvan worden toegepast noch gevormd op rwzi's. Chloorgas kan niet voorkomen in influent omdat het gas meteen chemische reacties aan zal gaan met als reactieproduct chloride. Emissies vanuit rwzi's boven de i-PRTR-drempelwaarde zijn daardoor niet waarschijnlijk.	
[81]	Asbest	Er zijn geen waarnemingen bekend van asbest-mineralen in influent of bedrijfsonderdelen van rwzi's. Gezien het waterige milieu is het zeer onwaarschijnlijk dat asbest vanuit rwzi's naar de lucht geëmitteerd wordt.	
[84]	Fluor	Fluorgas (en anorganische verbindingen daarvan) komen niet voor in het influent of worden gebruikt op rwzi's. Het is onwaarschijnlijk dat de i-PRTR-drempelwaarde wordt overschreden.	

PRTR-volgnr	Parameter	Beschrijving beschikbare informatie	Aanbeveling
[86]	Zwevende deeltjes (PM10)	Vanwege het waterige milieu is het zeer onwaarschijnlijk dat zwevende deeltjes (anders dan aerosolen) vanuit rwzi's naar de lucht geëmitteerd worden. Het is bekend dat met rookgassen vanuit gasmotoren stof wordt geëmitteerd. Bijlage 5 bevat een beperkt aantal waarnemingen (n = 3). Deze waarnemingen hebben betrekking op 'Totaal vast stof', waarvan PM10 een fractie vormt. Op basis van indicatieve berekeningen lijkt het risico op overschrijding van de i-PRTR-drempelwaarde bijzonder klein te zijn.	Aanbevolen wordt om in een update van het onderhavige rapport de berekeningen te baseren op een groter aantal waarnemingen. Bovendien dient bekeken te worden welk deel van de 'Totaal vaste stof' werkelijk bestaat uit de fractie PM10.
[92]	Acroleïne	Acroleïne wordt toegepast noch gevormd op rwzi's. Er zijn geen waarnemingen bekend van acroleïne in influent of effluent van rwzi's. Deze stof heeft de neiging om in waterige milieu's te polymeriseren.	Meenemen in het 4-jarlijks i-PRTR-monitoringsonderzoek 'Watergerelateerde emissies vanuit rwzi's'.
[93]	Acrylonitril	Acrylonitril wordt toegepast noch gevormd op rwzi's. Er zijn geen waarnemingen bekend van acrylonitril in influent of effluent van rwzi's. Emissies vanuit rwzi's boven de i-PRTR-drempelwaarde zijn niet waarschijnlijk.	Meenemen in het 4-jarlijks i-PRTR-monitoringsonderzoek 'Watergerelateerde emissies vanuit rwzi's'.
[94]	Etheen	Etheen wordt toegepast noch gevormd op rwzi's. Er zijn geen waarnemingen bekend van etheen in influent of effluent van rwzi's. De fysische/chemische eigenschappen zijn zodanig dat het voorkomen van etheen in het influent niet waarschijnlijk is. Ook de vorming van etheen bij verbranding van biogas in stooktoestellen zoals gasmotoren is niet waarschijnlijk. De reden daarvoor is dat in biogasinstallaties uit organische stof op biologische wijze alleen CH ₄ , CO ₂ en sporen H ₂ S wordt gevormd. Hogere alkanen of alkenen zijn in biogas niet aangetoond. Emissies vanuit rwzi's boven de i-PRTR-drempelwaarde zijn daardoor niet waarschijnlijk.	
[95]	Formaldehyde	Formaldehyde wordt toegepast noch gevormd op rwzi's. Er zijn geen waarnemingen bekend van formaldehyde in influent of effluent van rwzi's. Formaldehyde reageert in een waterig milieu tot formaline en vanuit deze vorm vindt een reactie plaats met andere stoffen. Emissies vanuit rwzi's boven de i-PRTR-drempelwaarde zijn niet waarschijnlijk.	Meenemen in het 4-jarlijks i-PRTR-monitoringsonderzoek 'Watergerelateerde emissies vanuit rwzi's'.
[96]	Styreen	Styreen wordt toegepast noch gevormd op rwzi's. Er zijn geen waarnemingen bekend van styreen in influent of effluent van rwzi's. Emissies vanuit rwzi's boven de i-PRTR-drempelwaarde zijn niet waarschijnlijk.	Meenemen in het 4-jarlijks i-PRTR-monitoringsonderzoek 'Watergerelateerde emissies vanuit rwzi's'.

6.4 EMISSIEBEPALING VAN VOS

De categorie vluchtige organische stoffen (VOS) beslaat in principe alle organische stoffen die naar de lucht geëmitteerd kunnen worden en zijn onderverdeeld in methaan en 'niet-methaan' vluchtige organische stoffen (NMVOS) [7].

De totale hoeveelheid NMVOS die op een rwzi geëmitteerd wordt, is een optelsom van de hoeveelheid NMVOS als gevolg van verbranding van aardgas en biogas (verbrandingsemissie) en de hoeveelheid NMVOS als gevolg van het vrijkomen bij het zuiveringsproces (procesemissie).

Voor verscheidene organische stoffen zijn emissiefactoren opgesteld. De belangrijkste hiervan zijn (in volgorde van hoge naar lage emissie) CH_4 [1], toluen [73], benzeen [62], naftaleen [68], trichloormethaan [58] en trichloorethyleen [57]). Van alle andere organische stoffen is de emissiefactor (veel) lager dan $1 \text{ mg/IE}_{150\text{wb}}$ per jaar. De emissiefactoren zijn gebaseerd op de laatste inzichten en voorts gepresenteerd en uitgewerkt in onderhavig rapport.

Van de genoemde organische stoffen is de emissie van methaan verreweg het grootst. In paragraaf 6.2.3 zijn de te hanteren emissiefactoren van methaan gegeven, die in bijlage 3.1 op detailniveau zijn uitgewerkt. In bijlage 3.1 zijn een aantal methaan-emissiefactoren met elkaar vergeleken. Het betreffen emissiefactoren gebaseerd op een VROM-document (Protocol 8136, 2008) en STOWA-onderzoek. De conclusie is dat vooralsnog onvoldoende consistente emissiefactoren bepaald kunnen worden. Om die reden is uitgegaan van internationaal aanvaarde defaultwaardes uit IPCC-richtlijnen. Bij de defaultwaardes kunnen, bij de wijze waarop de methaan emissie is bepaald, kritische opmerkingen worden geplaatst. Qua orde grootte komen de VROM-, STOWA- en IPCC-emissiefactoren overeen.

In het e-MJV kunnen NMVOS-emissies, als gevolg van verbranding en de NMVOS die vrijkomt bij zuiveringsprocessen, de zogenaamde procesemissies, op verschillende wijze worden ingevoerd. In de volgende subparagrafen wordt daar nader op ingegaan.

6.4.1 VOS VERBRANDINGSEMISSIES

In de e-MJV-tabel 'Emissietabel verbrandingsemissies' kunnen methaan en de afzonderlijke NMVOS-stoffen niet zondermeer ingevoerd worden. Eerst wordt de emissie van koolwaterstoffen (als Totaal VOS) ingevoerd. Vervolgens kunnen de emissies van methaan en de afzonderlijke koolwaterstoffen ingevoerd worden. Dit kan op twee manieren. Er kan gekozen worden voor de 'standaard onderverdeling Aardgas' of een eigen verdeling.

Wanneer in het e-MJV gekozen wordt voor de 'standaard onderverdeling Aardgas', dan wordt uitgegaan van de volgende verdeling:

- methaan: 60%
- NMVOS: 40%; waarbij een onderverdeling wordt gemaakt in:
 - toluen: 2%;
 - etheen: 10%;
 - benzeen: 1%;
 - NMVOS-rest: het betreft de groep VOS-parameters zonder methaan, toluen, etheen en benzeen: 27% .

De 'standaard onderverdeling Aardgas' is bedoeld voor de toepassing van aardgas in een aantal sectoren. Voor de rwzi-branche is deze benadering niet correct. Daarom wordt voor rwzi's geadviseerd om niet te kiezen voor de 'standaard onderverdeling Aardgas' maar uit te gaan van een eigen verdeling.

In het geval van verbrandingsemissie bij 'RWZI biogas' betreft het alleen de parameter methaan.

Wanneer aardgas als brandstof wordt gebruikt dan wordt in het e-MJV de mogelijkheid aangeboden om gebruik te maken van een emissiefactor, die aangehouden wordt als referentiewaarde. Deze referentiewaarde bedraagt voor aardgas $100 \text{ g VOS-totaal per GJ}$. Vervolgens wordt dit gespecificeerd in 60% methaan en 40% NMVOS. De emissie van de stoffen benzeen, etheen en toluen wordt daarbij verondersteld nihil te zijn.

Wanneer diesel als brandstof wordt gebruikt, wordt in het e-MJV de mogelijkheid aangeboden om gebruik te maken van een referentiewaarde. Deze referentiewaarde bedraagt voor diesel 150 g VOS-totaal per GJ. Vervolgens wordt dit gespecificeerd in 4% methaan en 96% NMVOS. De emissie van de stoffen benzeen, etheen en tolueen wordt daarbij verondersteld nihil te zijn.

6.4.2 VOS PROCESEMISSIES

In de e-MJV-tabel “Procesemissies” kunnen methaan en NMVOS wel afzonderlijk ingevoerd worden. Eerst dient de emissie van methaan ingevoerd te worden. De hiervoor in te vullen waarde kan ontleend worden aan de RWZI-rekentool v2015 (waarin deze waarde separaat wordt berekend). Vervolgens kan de stofgroep NMVOS worden toegevoegd. De totale hoeveelheid NMVOS dient nu opgegeven te worden. Voor wat betreft rwzi's gaat het om de som van de relevante parameters benzeen en tolueen. Voor wat betreft andere NMVOS-stoffen betreft het zeer lage jaarvrachten (lager dan 1 kg per jaar). De emissie van deze organische stoffen is om die reden minder relevant.

In het e-MJV dient zich de vraag ‘NMVOS specificeren?’ aan. Wanneer dit bevestigend wordt beantwoord, kunnen benzeen en tolueen als individuele parameter met de bijbehorende jaarvracht worden toegevoegd.

De wijze waarop dit in het e-MJV tot stand kan worden gebracht, is uitgewerkt in het document ‘Handleiding RWZI-rekentool v2015 en eMJV voor Zuiveringbeheerders’.

6.5 CONCLUSIE RISICO ANALYSE

Van de meeste parameters, behandeld in dit hoofdstuk, is het niet waarschijnlijk dat luchtgerelateerde emissies vanuit rwzi's in betekenende mate voorkomen.

Op vrijwel alle rwzi's wordt de rapportagedrempel voor CO₂ overschreden. Het risico van overschrijding van de rapportagedrempelwaarde voor de parameters CH₄, CO en NO_x is mogelijk bij rwzi's. Vooral bij rwzi's die uitgerust zijn met slibgistingen is het risico hoog.

Voor de parameter N₂O bestaat ook een (kleine) kans op overschrijding van de rapportagedrempel.

De ‘standaard onderverdeling Aardgas’, die thans in het e-MJV wordt gebruikt om VOS en NMVOS [7] te bepalen, geeft voor CH₄-emissie waarschijnlijk een onderschatting en voor de parameters tolueen [73], etheen [94], benzeen [62] en NMVOS-rest een overschatting. Aanbevolen wordt om de NMVOS-stoffen in het e-MJV te specificeren en dus niet uit te gaan van de ‘standaard onderverdeling Aardgas’.

Voor de overige vijf parameters fenolen [71], acroleïne [92], acrylonitril [93], formaldehyde [95] en styreen [96] wordt aanbevolen om die in het PRTR-monitoringsonderzoek van 2015 (watergerelateerde emissies vanuit rwzi's) mee te nemen in zowel influent als effluent. In samenhang met fysische en chemische eigenschappen kan daarna worden bepaald, conform de systematiek van de PRTR, in hoeverre deze parameters voorkomen in luchtgerelateerde emissies. Voor wat betreft de parameter zwevende deeltjes (PM10) [86] wordt aanbevolen om bij een update van het onderhavige rapport, waarnemingen die betrekking hebben op rookgassen van gasverbrandingstoestellen nader te beschouwen op de parameter ‘Totaal vaste deeltjes’ en tevens de fractie PM10 daarvan te bepalen.

7

SAMENVATTING LUCHTGERELATEERDE EMISSIES VAN I-PRTR-PARAMETERS

7.1 VIER PARAMETERS MET EEN EMISSIE MOGELIJK GROTER DAN DE I-PRTR-DREMPELWAARDE

Aan de hand van de gegeven emissiefactor kan de luchtgerelateerde emissie worden berekend. Afhankelijk van de omvang van de emissie dient wel of geen rapportage via het e-MJV plaats te vinden.

TABEL 6 LIJST VAN PARAMETERS MET RELEVANTE EMISSIES

PRTR-volgnr	Parameter	Emissiefactor	
[1]	Methaan (CH ₄) bij een rwzi <u>zonder</u> slibgisting	8,75 g CH₄/(kg CZV_{aanvoer} - kg CZV_{slib vanuit water- naar sliblijn}) 1,9 g CH₄/Nm³ aardgas, dat verbrand wordt in een gasverbrandingstoestel	bijlage 3.1
[1]	Methaan (CH ₄) bij een rwzi <u>met</u> slibgisting	8,75 g CH₄/(kg CZV_{aanvoer} - kg CZV_{slib vanuit water- naar sliblijn}) 1,9 g CH₄/Nm³ aardgas dat verbrand wordt in een gasverbrandingstoestel met daarbij opgeteld: 27,86 g CH₄/Nm³ gevormd biogas 9,36 g CH₄/Nm³ biogas dat met behulp van een turbo gasmotor wordt verbrand 7,48 g CH₄/Nm³ biogas dat met behulp van een atmosferische gasmotor of fakkel wordt verbrand 464,3 g CH₄/Nm³ biogas dat direct gespuist is en dus niet verbrand is in een gasverbrandingstoestel	bijlage 3.1
[2]	Koolmonoxide (CO)	Voor de bepaling van de CO-emissie dient uitgegaan te worden van de meetresultaten van de vierjaarlijkse keuring uitgevoerd aan gasverbrandingstoestellen. De collectieve emissiefactor mag alleen gebruikt worden als er geen meetgegevens beschikbaar zijn. De collectieve emissiefactor bedraagt 9,65 g CO/Nm³ biogas die verbrand wordt in een turbogasmotor en 7,71 g CO/Nm³ biogas voor atmosferische verbrandingstoestellen. Voor aardgas en diesel gestookte apparatuur worden emissiefactoren gebruikt uit het e-MJV, respectievelijk 1,58 g CO/Nm³ ae en 5,38 CO/l diesel.	bijlage 2.1
[3]	Koolzuurgas (CO ₂)	Bepaal de hoeveelheid CZV, afgebroken/verwijderd in de waterlijn, en vermenigvuldig die met 1,2 kg CO₂/kg CZV om de hoeveelheid geproduceerde CO₂ (kg) te berekenen. Houd daarbij zo nodig rekening met de eventueel gedoseerd C-bron of afvalwater/slib per as aangevoerd in de waterlijn. Bepaal de hoeveelheid geproduceerd biogas en vermenigvuldig die met 0,6875 kg CO₂/Nm³ biogas om de hoeveelheid CO₂ (kg) te bepalen die in het biogas aanwezig is. Bepaal van de hoeveelheid geproduceerde biogas het CH₄-aandeel dat verbrand is (houd daarbij rekening met de biogas die onverbrand de gasverbrandingsapparatuur verlaat). Bepaal de hoeveelheid verbrand CH₄ (door de hoeveelheid biogas te vermenigvuldigen met 0,4643 kg CH₄/Nm³ biogas) en vermenigvuldig vervolgens met 2,75 kg CO₂/kg CH₄. Dit resulteert in de hoeveelheid CO₂ (kg) die gevormd is ten gevolge van de verbranding van CH₄ uit het biogas. Vermenigvuldig de verbrande hoeveelheid aardgas (Nm³/j) met 1,788 kg CO₂/Nm³ aardgas. Vermenigvuldig de verbrande hoeveelheid diesel (kg/j) met 3,173 kg CO₂/kg diesel. Sommeer alle CO₂-hoeveelheden en rapporteer de hoeveelheid CO₂ (kg).	bijlage 3.2
[8]	Stikstofoxiden NO _x /NO ₂	Emissie geschiedt alleen vanuit rwzi's die uitgevoerd zijn met een slibgisting waarvan het biogas wordt verbrand. Voor de bepaling van de NO_x/NO₂-emissie dient uitgegaan te worden van de meetresultaten die tijdens de vierjaarlijkse keuringen worden uitgevoerd aan de gasverbrandingstoestellen. De onderstaande emissiefactoren mogen alleen gebruikt worden als er geen meetgegevens beschikbaar zijn: - biogas: 139 g NO_x/NO₂ per GJ of 3,24 g NO_x/NO₂ per Nm³ biogas - aardgas: 100 g NO_x/NO₂ per GJ of 3,17 g NO_x/NO₂ per Nm³ ae - diesel: 130 g NO_x/NO₂ per GJ of 4,66 g NO_x/NO₂ per liter diesel	bijlage 2.3

7.2 DRIE PARAMETERS DIE DE I-PRTR-DREMPEL OVERSCHRIJDEN BIJ EEN BELASTING TUSSEN 1.10E6 EN 1.10E7 IE150WB

Van de in deze paragraaf beschreven parameters kan niet voor 100% worden uitgesloten dat de uitstoot ervan de i-PRTR-drempelwaarde niet overschrijdt. Het is mogelijk dat door voortschrijdend inzicht een beter beeld wordt verkregen van de emissie. Derhalve dienen deze stoffen eenmaal per vier jaar beschouwd te worden door de Vereniging van Zuiveringbeheerders. Dit om te bepalen of het inzicht bijgesteld moet worden.

De zuiveringbeheerders hoeven echter de emissie van de betreffende parameters vanuit hun rwzi's niet te berekenen en te rapporteren, omdat de emissie-omvang in alle gevallen kleiner is dan de i-PRTR-drempelwaarde.

TABEL 7 LIJST VAN PARAMETERS MET EEN GERING RISICO VAN DREMPELOVERSCHRIJDING

PRTR-volgnr	Parameter	Emissiefactor	IE _{150wb} -belasting of biogasproductie waarbij de i-PRTR-drempel wordt overschreden	Conclusie ten aanzien van het risico dat de i-PRTR-drempel (D) wordt overschreden	Uitwerking
[5]	Distikstofoxide (N ₂ O) (lachgas)	3,2 g N ₂ O/IE _{150wb} /j	3,125 miljoen	risico is gering	bijlage 2.2
[47]	PCDD + PCDF dioxinen + furanen) als Teq	6,2E-6 mg/IE _{150wb} /j	1,6 miljoen	risico is gering	bijlage 3.5
[85]	Waterstof cyanide	157 mg/IE _{150wb} /j	1,27 miljoen	risico is gering	bijlage 3.4

7.3 ZEVEN PARAMETERS MET ONVOLDOENDE INFORMATIE

Van in deze paragraaf vermelde stoffen is onvoldoende informatie/meetgegevens bekend om een emissie te kunnen bepalen/berekenen of te kunnen schatten.

Daarom kan, in samenhang met de fysische/chemische eigenschappen, niet of moeizaam de luchtgerelateerde emissie bepaald worden.

TABEL 8 LIJST VAN PARAMETERS WAARVAN ONVOLDOENDE BEKEND IS

PRTR-volgnr	Parameter	Beschrijving beschikbare informatie	Aanbeveling
[7]	NMVOS	Er is alleen indirecte informatie beschikbaar over emissies van NMVOS vanuit rwzi's. In paragraaf 6.4 is een vergelijking gemaakt tussen de 'Standaard onderverdeling Aardgas' van het e-MJV en de in het onderhavige rapport opgestelde emissiefactoren. Deze laatste geven beter inzicht. De emissie die gepaard gaat met het gebruik van de brandstoffen aardgas en diesel is gebaseerd op emissiefactoren en onderverdeling van koolwaterstoffen afkomstig uit het e-MJV.	Uitgaan van individuele emissiefactoren. Bij voorkeur de 'Standaard onderverdeling Aardgas' van het e-MJV niet toepassen en uitgaan van een eigen specificatie.
[71]	Fenolen	Over het voorkomen en het gedrag van fenolen in rwzi's is geen/nauwelijks informatie voorhanden.	Meenemen in het 4-jaarlijks i-PRTR-monitoringsonderzoek in effluent.
[86]	Zwevende deeltjes (PM10)	Er zijn slechts een beperkt aantal waarnemingen inzake het voorkomen van stofdeeltjes in rookgassen en de fractie PM10.	Bij een update een grote dataset verzamelen en bestuderen. Tevens de PM10-fractie van stofdeeltjes laten bepalen.
[92]	Acroleïne	Acroleïne wordt toegepast noch gevormd op rwzi's. Er zijn geen waarnemingen bekend van acroleïne in influent of effluent van rwzi's. Deze stof heeft de neiging om in waterige milieus te polymeriseren.	Meenemen in het 4-jaarlijks i-PRTR-monitoringsonderzoek in effluent.

PRTR-volgnr	Parameter	Beschrijving beschikbare informatie	Aanbeveling
[93]	Acrylonitril	Acrylonitril wordt toegepast noch gevormd op rwzi's. Er zijn geen waarnemingen bekend van acrylonitril in influent of effluent van rwzi's. Emissies vanuit rwzi's boven de i-PRTR-drempelwaarde zijn niet waarschijnlijk.	Meenemen in het 4-jaarlijks i-PRTR-monitoringsonderzoek in effluent.
[95]	Formaldehyde	Formaldehyde wordt toegepast noch gevormd op rwzi's. Er zijn geen waarnemingen bekend van formaldehyde in influent of effluent van rwzi's. Formaldehyde reageert in een waterig milieu tot formaline en vanuit deze vorm reageren met andere stoffen. Emissies vanuit rwzi's boven de i-PRTR-drempelwaarde zijn niet waarschijnlijk.	Meenemen in het 4-jaarlijks i-PRTR-monitoringsonderzoek in effluent.
[96]	Styreen	Styreen wordt toegepast noch gevormd op rwzi's. Er zijn geen waarnemingen bekend van styreen in influent of effluent van rwzi's. Emissies vanuit rwzi's boven de i-PRTR-drempelwaarde zijn niet waarschijnlijk.	Meenemen in het 4-jaarlijks i-PRTR-monitoringsonderzoek in effluent.

Thans zijn er geen aanwijzingen dat emissies van de betreffende parameters vanuit rwzi's in betekende mate voorkomen.

Aanbevolen wordt om binnen een termijn van vier jaar aanvullend onderzoek te verrichten naar het voorkomen en de emissie van deze parameter. De resultaten van het onderzoek dienen te leiden tot een gefundeerde uitspraak over de omvang van een luchtgerelateerde emissie van de desbetreffende parameter. Het onderzoek dient uitgevoerd te zijn vóór de PRTR-ronde van 2018.

7.4 58 PARAMETERS MET EEN EMISSIE LAGER DAN DE I-PRTR-DREMPELWAARDE

Van 58 parameters is aan de hand van meting, berekening of *expert judgement* aangetoond dat emissie vanuit rwzi's niet voor kan komen tot boven de i-PRTR-drempelwaarde.

TABEL 9 LIJST VAN PARAMETERS WAARVAN DE EMISSIE VERWAARLOOSBAAR IS

PRTR-volgnr	Stof	Uitwerking in
[4]	Fluorkoolwaterstoffen	bijlage 4
[9]	Perfluorkoolwaterstoffen	
[6]	Ammoniak (NH ₃)	bijlage 3.3
[8]	Zwaveloxiden (SO _x /SO ₂)	bijlage 2.4
[10]	Zwavelhexafluoride (SF ₆)	bijlage 4
[14, 15, 16]	Chloorfluorkoolwaterstoffen [14], Chloorfluorkoolstoffen [15] en Halonen [16]	bijlage 4
[17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24]	Arseen [17], cadmium [18], chroom [19], koper [20], kwik [21], nikkel [22], lood [23] en zink [24]	bijlage 4
[26]	Aldrin	bijlage 3.5
[28]	Chloordaan	bijlage 3.5
[29]	Chloordecon	bijlage 3.5
[33]	DDT	bijlage 3.5
[34]	Dichloorethaan (EDC)	bijlage 3.5
[35]	Dichloormethaan (Methyleenchloride)	bijlage 3.5
[36]	Dieldrin	bijlage 3.5
[39]	Endrin	bijlage 3.5
[41]	Heptachloor	bijlage 3.5
[42]	Hexachloor-benzeen	bijlage 3.5
[44]	1,2,3,4,5,6-hexachloorcyclohexaan (HCH) som α, β, γ	bijlage 3.5
[45]	γ-HCH (Lindaan)	bijlage 3.5

PRTR-volgnr	Stof	Uitwerking in
[46]	Mirex	bijlage 3.5
[48]	Pentachloorbenzeen	bijlage 3.5
[49]	Pentachlorofenol	bijlage 3.5
[50]	Polychloorbifenylen (PCB's)	bijlage 3.5
[52]	Tetrachloorethyleen (PER)	bijlage 3.5
[53]	Tetrachloormethaan (TCM)	bijlage 3.5
[54]	Trichloorbenzenen (TCB's) (alle isomeren)	bijlage 3.5
[55]	1,1,1-Trichloorethaan	bijlage 3.5
[56]	1,1,2,2-Tetrachloorethaan	bijlage 3.5
[57]	Trichloroethyleen	bijlage 3.5
[58]	Trichloormethaan	bijlage 3.5
[59]	Toxafeen	bijlage 3.5
[60]	Vinyl chloride	bijlage 3.5
[61]	Anthraceen	bijlage 3.5
[62]	Benzeen	bijlage 3.5
[66]	Ethyleenoxide	bijlage 4
[68]	Naftaleen	bijlage 3.5
[70]	Di(2-ethylhexyl)ftalaat DEHP)	bijlage 3.5
[72]	PAK's	bijlage 3.5
[72.1]	Benzo(a)pyreen	bijlage 3.5
[72.2]	Benzo(b)fluorantheen	bijlage 3.5
[72.3]	Benzo(k)fluorantheen	bijlage 3.5
[72.4]	Indeno(1,2,3-cd)pyreen	bijlage 3.5
[73]	Tolueen	bijlage 3.5
[80]	Chloor	bijlage 4
[81]	Asbest	bijlage 4
[84]	Fluor	bijlage 4
[90]	Hexabroom-bifenyyl	bijlage 3.5
[91]	Benzo(g,h,i)peryleen	bijlage 3.5
[94]	Etheen	bijlage 4

8

LITERATUUR

Amoore JE, Hautala E. 1983. Odor as an aid to chemical safety: odor thresholds compared with threshold limit values and volatilities for 214 industrial chemicals in air and water dilution. J. Appl. Toxicol. 3: 272-290.

Appeldoorn K, Doorn R van, Duin JOJ, Proost A. 2000. Achtergronddocument milieujaarverslag rioolwaterzuiveringsinrichtingen

Brimblecombe P, Dawson GA. 1984. Wet removal of highly soluble gases. Journal of Atmospheric Chemistry 2: 095-107

Chemical properties for calculation of Impact to ground water soil remediation standards
<http://www.nj.gov/dep/srp/guidance/rs/chemproperties.pdf>

Common implementation strategy for the water framework directive. Environmental quality standards. Substance data sheet. Priority substance no 18 hexachloorhexanes. 2005.

Doorn MRJ et al. 1997. Estimate of Global Greenhouse Gas Emissions from Industrial and Domestic Wastewater Treatment, Final Report, EPA-600/R-97-091. Prepared for United States Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, NC, USA.

e-MJV Helptekst <http://www.e-mjv.nl/documenten/mjv-wegwijzer/beginnen-mjv/helpteksten/>

Europese Commissie Directoraat-generaal Milieu. Document met richtsnoeren voor de totstandbrenging van het Europees PRTR, 31-05-2006

Europese Commissie Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC). Reference document on the General Principles of Monitoring, july 2003.

Europese Richtlijn voor Behandeling van stedelijk afvalwater (91/271/EEG), artikel 2 lid 6

Europese verordening 'European Pollutant Release Transfer Register' (EG) nr. 166/2006 van 18 januari 2006

Factsheet EPA Emerging Contaminant PBDEs PBBs. 12-2010.

Gossett JM. 1987. Measurement of Henry's law constant for C1 and C2 chlorinated hydrocarbons. Environ. Sci. Technol. 21: 202-208.

Groot GM de, BEMS: nieuwe emissie-eisen voor middelgrote stookinstallaties, RIVM, Briefrapport 609021107/2010

Handbook of Chemistry and Physics, The Chemical Rubber Co., 51st Edition 1970-1971, pag. D-121

Handbook of FC Properties and environmental fate for organic chemicals. Mackay1

Hansler RJ, Herwijnen R van, Posthumus R. 2004. Indicatieve milieukwaliteitsnormen voor prioritaire stoffen RIVM.

Hobson J. 2001. CH4 and N2O emissions from waste water handling. Background paper of the IPCC Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories, IPCC-TSU.

- Hobson J, Palfrey R. 1996. Control measures to limit methane emissions from sewage and sludge treatment and disposal, WRC report DoE 4118.
- Intermedia transfer factors for contaminants hazardous waste sites 2378-TCDD Dioxine, University of California 1994
- IPCC, 2006: Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, chapter 6.
- IPCC, 2001: Background papers: IPCC expert meetings on Good Practice Guidance and Uncertainty Management in national Greenhouse Gas Inventories. IPCC-TSU, Hayama, Japan.
- IPCC, 2006: 2006 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 5 Waste. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme. IGES, Japan.
- McKay D, Shiu WY. 1981. A critical review of Henry's law constants for chemicals of environmental interest. J. Phys. Chem. Ref. Data 10: 1175-1199.
- Ministerie van Infrastructuur en Milieu: Informatie elementen van het e-MJV
- Ministerie VROM, Protocol 8136 Afvalwater ten behoeve van NIR 2008, uitgave maart 2008, 6B: CH₄ en N₂O uit Afvalwater
- Sander R. 1999. Version 3 (April 8, 1999) Compilation of Henry's Law Constants for Inorganic and Organic Species of Potential Importance in Environmental Chemistry
- Soil Screening Guidance (SSG), table 36, Chemical-Specific Properties Used in Soil screening levels calculations (EPA, USA)
- STOWA 2007-W10 E-PRTR voor rwzi's
- STOWA 2009-30 KRW- en E-PRTR-stoffen in influent en effluent van rwzi's
- STOWA 2010-04 Bodembescherming op rwzi's
- STOWA 2010-08 Emissies van broeikasgassen op rwzi's
- STOWA 2010-W07 Emissie onderzoek op een zestal rwzi's in het kader van de E-PRTR
- STOWA 2012-20 Emissie broeikasgassen vanuit rwzi's
- STOWA 2013-W01 Watergerelateerde emissies vanuit rwzi's in het kader van de i-PRTR
- TNO-rapport, R2004/486, Methaan- en lachgasemissies vanuit afvalwater
- UNSCC Guidance 2006, chapter 6, table 6.2, page 6.12
- Vlaams Reglement betreffende de Milieuvergunning VLAREM
- Vreuls HHJ, Zijlema PJ. 2013. Nederlandse lijst van energiedragers en standaard CO₂-emissiefactoren, versie februari 2013. AgentschapNL (RVO-tabel)
- Yoo K, Lee S, Lee W. 1986. Ionization and Henry's law constants for volatile, weak electrolyte waterpollutants. Korean Journal of Chemic Engineering 3: 67-72
- Amoore JE, Hautala E. 1983. Odor as an aid to chemical safety: odor thresholds compared with threshold limit values and volatilities for 214 industrial chemicals in air and water dilution. J. Appl. Toxicol. 3: 272-290.
- Gossett JM. 1987. Measurement of Henry's law constant for C1 and C2 chlorinated hydrocarbons. Environ. Sci. Technol. 21: 202-208.

McKay D, Shiu WY. 1981. A critical review of Henry's law constants for chemicals of environmental interest. J. Phys. Chem. Ref. Data 10: 1175-1199.

Sander R. 1999. Version 3 (April 8, 1999) Compilation of Henry's Law Constants for Inorganic and Organic Species of Potential Importance in Environmental Chemistry

Soil Screening Guidance (SSG), table 36, Chemical-Specific Properties Used in Soil screening levels calculations (EPA, USA)

BIJLAGE 1

LIJST VAN AFKORTINGEN, BEGRIPPEN EN ACHTERGRONDINFORMATIE

1.1 LIJST VAN AFKORTINGEN EN BEGRIPPEN

begrip/afkorting	toelichting
BZV	biochemisch zuurstofverbruik over een periode van 5 dagen bij een temperatuur van 20 °C zonder zuurstofverbruik als gevolg van nitrificatie
CAS	Chemical Abstracts Service
CBS	Centraal Bureau voor de Statistiek
CZV	chemisch zuurstofverbruik
e-MJV	elektronisch milieujaarverslag
E-PRTR	European Pollutant Release and Transfer Register
EG	Europese Gemeenschap
HLC	constante van Henry in atm/mol/m ³
HN	Dimensieloze Henry-coëfficiënt (HLC [atm-m ³ /mol] * 41) (25 °C) (mol/m ³)/(mol/m ³)
IE	inwonerequivalent
IE ₁₃₆	inwonerequivalent op basis van 136 g TZV
IE ₁₅₀	inwonerequivalent op basis van 150 g TZV
IE _{150wb}	inwonerequivalent op basis van 150 g TZV en de werkelijk gemeten belasting op een rwzi
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
IPO	Interprovinciaal overleg
IPPC	Integrated Pollution Prevention and Control
i-PRTR	integral Pollutant Release and Transfer Register
Nm ³	De normaal kubieke meter of standaard kubieke meter is niet eenduidig gedefinieerd. Er worden verschillende waarden voor de standaarddruk en de standaardtemperatuur gebruikt. Dit kan per discipline, bijvoorbeeld luchtbehandeling, compressorindustrie, chemie, olie- en gasindustrie verschillen. In het onderhavige rapport wordt de volgende definitie toegepast: - Nm³ biogas: de hoeveelheid gas die, bij een temperatuur van nul graden Celsius (273,15 °K) en onder absolute druk van 1,01325 bar, een volume van één kubieke meter inneemt; - Nm³ aardgas equivalent of Nm³ ae: de hoeveelheid gas die, bij een temperatuur van 125 graden Celsius (288,15 °K) en onder absolute druk van 1,01325 bar, een volume van één kubieke meter inneemt. Deze definitie wordt geduid met <u>Nm³ ae</u> (Normaal kubieke meter aardgas equivalent) Een conversie berekening van gemeten m ³ biogas naar Nm ³ biogas is in bijlage 1.2 weergegeven.
NMVOS	Niet methaan vluchtige organische stoffen
Min IM	Ministerie Infrastructuur en Milieu (voorheen VROM)
PE _{60gBOD}	Pollution equivalent gebaseerd op 60 g BZV per dag, ingevolge Europese Richtlijn voor stedelijk afvalwater 91/271/EEG
PM10	<i>Particulate Matter</i> ; luchtdeeltjes of fijnstof die een aerodynamische diameter hebben die kleiner is 10 micrometer
RG	rapportage grens
RIE	Europese richtlijn industriële emissies 2010/75/EU
RIVM	Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu
RVO-tabel	Vreuls, H.H.J., Zijlema, P.J. 2013. Nederlandse lijst van energiedragers en standaard CO ₂ -emissiefactoren, versie februari 2013.
rwzi	AgentschapNL rioolwaterzuiveringsinrichting

RWS	Rijkswaterstaat
STOWA	Stichting toegepast onderzoek waterbeheer
VOS	Vluchtige organische stoffen
VRM	ministerie Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu, thans ministerie IM
VvZB	Vereniging van Zuiveringbeheerders
WKK	warmtekraftkoppeling

1.2 BIOGASVOLUMINA: NM³ VERSUS WERKELIJK GEMETEN M³

Biogasproducties op rwzi's worden meestal niet gemeten met volumemeters waarbij gecorrigeerd wordt voor druk en temperatuur. In de volgende tabel zijn de correctiefactoren weergegeven voor gas dat een andere temperatuur heeft dan 0 °C en bij een gegeven druk in het waterslot (die de gasdruk bepaalt in de vergister).

T in °C	Volume correctiefactor tov 0 °C	Druk in waterslot in cm waterkolom	Druk in bar absoluut	Volume correctiefactor tov 1,01324 bar
0	1,00000	1	1	1
5	1,01832	5	1,00499	1,00493
10	1,03663	10	1,00998	1,00985
15	1,05495	15	1,01497	1,01478
20	1,07326	20	1,01996	1,01970
25	1,09158	25	1,02495	1,02463
30	1,10989	30	1,02994	1,02955
35	1,12821	35	1,03493	1,03448
40	1,14652	40	1,03992	1,03940

Om het gemeten volume biogas om te zetten in Nm³ dient de temperatuur van het gas in de gasmeter bekend te zijn alsmede de voordruk (in cmWK).

De gemiddelde condities die in biogasinstallaties van rwzi's voorkomen, betreffen een voordruk van 35 cm waterkolom bij een temperatuur van 25 °C en hoge mate van verzadiging met water.

Bij een gastemperatuur van 25 °C en druk van 0,35 mWK geldt daarom de volgende conversie:

$$\frac{[\text{gasvolume in m}^3]}{1,09158} \times 1,03448 = [\text{gasvolume in m}^3] \times 0,9477.$$

Het rekenresultaat geeft het gasvolume in Nm³.

Uit het voorgaande blijkt dat tussen het gemeten gasvolume en het gasvolume gecorrigeerd naar Nm³ een verschil zit van 5,23% (dit komt overeen met 1 - 0,9477). In de correctiefactor is geen rekening gehouden met eventueel aanwezig dampvormig water of andere gascomponenten.

Door AgentschapNL (thans Rijksdienst voor Ondernemend Nederland) zijn CO₂-emissiefactoren opgesteld. Deze zijn uitgedrukt in kg CO₂ per Nm³ brandstof zover het een gasvormige brandstof betreft.

Biogasproducties en verbruiken worden meestal gemeten in m³ als zodanig (a.z.). In het onderhavige rapport is uitgegaan van normaal m³ (Nm³). De reden daarvoor is dat emissiefactoren uitgedrukt worden in g/Nm³ en in het e-MJV ook de hoeveelheden als Nm³ dienen te worden opgegeven.

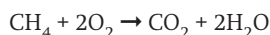
1.3 SAMENSTELLING EN SOORTELIJK GEWICHT VAN BIOGAS

De samenstelling van op rwzi's geproduceerd biogas schommelt tussen 60 en 67 % methaan. Voor dit rapport is uitgegaan van 65% CH₄ en 35% CO₂. Biogas bevat ook nog waterdamp en andere componenten zoals H₂S. In de volgende berekeningen is ervan uitgegaan dat het biogas naast CH₄ en CO₂ geen andere componenten zoals H₂S, vocht en nog andere alkanen bevat.

Bij 0 °C is het volume van één mol 22,4 ltr. Dus 1.000 Nl biogas bevat 29,018 Nmol CH₄ en 15,625 Nmol CO₂. Omgerekend naar gewicht is dat: 29,018 * 16 = 464,29 g CH₄ en 15,625 * 44 = 687,5 g CO₂.

Wanneer de CH₄ en CO₂ bij elkaar wordt opgeteld geeft dit een gewicht van 1.151,786 gram voor 1 Nm³ biogas. Hierbij worden eventuele verontreinigingen met andere gasen als waterdamp en H₂S verwaarloosd.

De **CZV-waarde van biogas** kan als volgt worden berekend, waarbij het chemische zuurstofverbruik uiteraard alleen betrekking heeft op het CH₄-deel.



1 mol methaan verbruikt bij verbranding 2 mol zuurstof.

1 gram methaan heeft een zuurstofverbruik van 64/16 = 4 gram zuurstof. De CZV-waarde van methaan is aldus 4 gram O₂ per gram methaan. Per gram methaan kan op analoge wijze worden berekend dat 2,75 g CO₂ wordt geproduceerd.

Biogas bevat per Nm³ 464,29 gram methaan. Dat vertegenwoordigt een CZVwaarde van 1.857,16 gram O₂ per Nm³ biogas.

Wanneer het biogas wordt verbrand, is de CH₄ omgezet in CO₂. Het totale CO₂-gehalte wordt dan 44/16 * 464,29 + 687,5 = 1.276,80 + 687,5 = 1.964,30 g CO₂. Dit wijkt slechts gering af van de CO₂emissiefactor genoemd in de RVO-tabel, zijnde een product van 23,3 * 84,2 = 1,962 kg CO₂/Nm³ biogas.

1.4 VERBRANDING VAN BIOGAS IN ATMOSFERISCHE EN DRUKGEVULDE ZUIGERMOTOREN

Het is verplicht om eenmaal per vier jaar de afgassenkwaliteit van biogasmotoren te meten. De concentratie van de gemeten parameters worden daarbij uitgedrukt in mg/Nm³ rookgas. Om een emissiefactor vast te stellen dient een dergelijke waarde omgezet te worden naar mg/Nm³ biogas. Daarvoor is informatie nodig over de hoeveelheid rookgassen die geproduceerd wordt per eenheid brandstof. In deze bijlage is dat voor atmosferische en drukgevulde (turbo) gasverbrandingstoestellen uitgewerkt.

Zuigermotoren die biogas als brandstof gebruiken bestaan grofweg in twee uitvoeringen. Atmosferische zuigermotoren zuigen de verbrandingslucht zelf aan uit de omgeving. In drukgevulde zuigermotoren (zogenaamde turbomotoren) wordt de lucht aangevoerd door een

turbo die aangedreven wordt door de (afgassen van de) motor. De turbo perst als het ware méér lucht in de cilinders waardoor een armer brandstofmengsel ontstaat en een verdergaande verbranding optreedt.

De afgassenkwaliteit van drukgevlude motoren en het rendement is doorgaans beter. De instelling van atmosferische en drukgevlude gasmotoren geschiedt aan de hand van het zuurstofgehalte gemeten in de afgassen. Atmosferische gasmotoren worden afgesteld op 5,5 – 6% zuurstof in de afgassen. Voor drukgevlude gasmotoren is dit doorgaans 8 – 9% zuurstof in de afgassen.

Om 1 Nm³ biogas met 65 % CH₄ volledig om te zetten (verbranden) met lucht (20,72 % O₂ met 1% H₂O; droge lucht bevat 20.93 % O₂) is 6,21 Nm³ droge lucht nodig. Het totaal aan afgas wordt dan 7,21 Nm³, waarbij dus alle zuurstof in de toegevoegde lucht wordt gebruikt om de methaan van het biogas te verbranden. Om op de gewenste zuurstofconcentratie zuurstof in de afgassen te komen dient dus extra lucht toegevoegd te worden.

In de volgende tabel is weergegeven de theoretische toe te voegen hoeveelheid lucht bij een gewenste zuurstofconcentratie in de afgassen. Daarbij is uitgegaan van volledige verbranding van het methaan uit het biogas.

Gewenste O ₂ -concentratie in de afgassen in %	Hoeveelheid lucht (20,93% O ₂) die toegevoegd moet worden in Nm ³ lucht per Nm ³ biogas	Hoeveelheid afgassen in Nm ³
0%	6,21	7,21
1%	6,57	7,57
2%	6,97	7,97
3%	7,42	8,42
4%	7,92	8,92
5%	8,48	9,48
6%	9,11	10,11
7%	9,84	10,84
8%	10,67	11,67
9%	11,65	12,65

Voor atmosferische gasmotoren geldt dat bij een zuurstofconcentratie van 6% per Nm³ biogas 9,1 Nm³ lucht toegevoegd moet worden. Dit resulteert in 10,1 Nm³ afgassen.

Voor drukgevlude (turbo) gasmotoren geldt dat bij een zuurstofconcentratie van 9% per Nm³ biogas 11,7 Nm³ lucht toegevoegd moet worden. Dit resulteert in 12,65 Nm³ afgassen.

Bevat het biogas meer of minder methaan dan liggen deze verhoudingen anders en worden dan zoals weergegeven in de volgende tabel.

Methaan in biogas in volume %	Afgas in Nm ³ Bij 9% O ₂ in afgas
60%	11,81
65%	12,65
70%	13,49

BIJLAGE 2

DATASHEETS VAN PARAMETERS WAARVAN DE LUCHTGERELATEERDE EMISSIE DOOR METING IS VASTGESTELD

2.1 KOOLMONOXIDE (CO) [2]

Koolmonoxide (CO) ontstaat bij onvolledig verbranding van koolstofhoudende stoffen. Dit is alleen het geval in de sliblijn. In de sliblijn wordt in een vergistingsproces organische stof (afbraak van CZV) omgezet in CH_4 , CO_2 en H_2S en andere gasvormige sporenelementen. Het is mogelijk dat door een onvolledige verbranding in gasverbrandingstoestellen van CH_4 een kleine hoeveelheid CO geëmitteerd wordt.

Vierjaarlijks wordt tijdens de wettelijk verplichte keuring ook het CO-gehalte (als bijvangst), gemeten. De individuele meetwaarden dienen gebruikt te worden in het e-MJV. In het geval dat niet beschikt kan worden over individuele meetgegevens mag uitgegaan worden van de collectieve emissiefactor. Deze is als volgt bepaald.

Uit een inventarisatie van afgasmetingen van een 23-tal gasmotoren van 12 rwzi's, beheerd door zeven waterschappen, blijkt dat het CO-gehalte gemiddeld 430 ppm is met een 90% percentielwaarde van 610 ppm in de rookgassen van turbo gasmotoren (gestookt met biogas). Op basis van deze meetgegevens kan worden nagegaan bij welke biogasproductie de i-PRTR-drempel wordt overschreden.

Een gehalte van 610 ppm CO in de afgassen (worst case benadering) kan met behulp van de verhouding biogas/lucht worden betrokken op de hoeveelheid biogas. Voor een turbo gasmotor is deze verhouding 12,65 en voor een atmosferische gasmotor is die 10,11 (bijlage 1.4). Dit resulteert respectievelijk in 7.717 en 6.167 ppm CO per Nm^3 biogas. Omgerekend is dat respectievelijk 9,65 ($7.717/22.400 \cdot 28$) en ($6.167/22.400 \cdot 28$) 7,71 g CO per Nm^3 biogas.

De i-PRTR-drempel bedraagt 10.000 kg CO/j. Uitgaande van de gegeven CO-concentratie wordt de drempel pas overschreden bij een conversie van 1.036.000 Nm^3 biogas op jaarbasis in turbogasmotoren. Bij een gemiddelde biogasproductie van 5,83 Nm^3 biogas/ $\text{IE}_{150\text{wb}}$ per jaar komt dit overeen met een rwzi die belast wordt met meer dan 177.700 $\text{IE}_{150\text{wb}}$ (waarvan het slib vergist wordt en al het biogas via een gasverbrandingstoestel wordt geleid). Per $\text{IE}_{150\text{wb}}$ kan in dat geval een CO-uitstoot berekend worden van 56,3 g CO/ $\text{IE}_{150\text{wb}}$ per jaar.

EMISSIEFACTOR VOOR AARDGASGESTOOKTE VERBRANDINGSSTOESTELLEN

Doorgaans worden de op rwzi's geïnstalleerde WKK's niet bedreven op aardgas. Aardgas wordt meestal alleen gebruikt om gasmotoren op te starten, proef te draaien en/of te voorzien in de elektriciteitsvoorziening in geval van nood. Ook wordt aardgas ingezet wanneer de biogaskwaliteit te wisselvallig is of de productie te gering is (bijvoorbeeld bij het opstarten van biogasinstallaties) en met behulp van de WKK de slibgisting op de juiste temperatuur kan worden gebracht.

Omdat voor het onderhavige rapport niet beschikt kon worden over voldoende waarnemingen uit de praktijk, is uitgegaan van dezelfde emissiefactor als die gebruikt wordt in het e-MJV, namelijk 50 g CO per GJ aardgas. Dit is 1,58 g CO per Nm³ ae.

Goed beschouwd dient onderscheid gemaakt te worden tussen atmosferisch en drukge vulde gasverbrandingstoestellen. Voor de CO-emissiefactor van druk gevulde gasverbrandingstoestellen wordt echter dezelfde factor gehanteerd als die voor atmosferisch gevulde gasverbrandingstoestellen. Reden daarvoor is dat het aardgasverbruik op rwzi's minimaal is ten opzichte van biogasverbruik is. In de totale CO-jaaremissie heeft het aandeel vanuit aardgas slechts weinig invloed. Bovendien is daardoor ook het onderscheid tussen atmosferisch en druk gevulde gasverbrandingstoestellen (met aardgas gestookt) niet van belang.

EMISSIEFACTOR VOOR DIESEL GESTOOKTE VERBRANDINGSSTOESTELLEN

Soms worden op rwzi's diesel gestookte WKK toegepast. Bijvoorbeeld om te voorzien in de elektriciteitsvoorziening in geval van nood.

Omdat voor het onderhavige rapport niet beschikt kon worden over waarnemingen uit de praktijk, is uitgegaan van de emissiefactor van het e-MJV. Deze emissiefactor bedraagt 150 CO per GJ diesel. Gebaseerd op een energieinhoud van 42,7 MJ/kg diesel en een soortelijk gewicht van 0,84 kg/l kan voorts een emissiefactor worden berekend worden van 5,38 g CO per liter diesel.

Goed beschouwd dient onderscheid gemaakt te worden tussen atmosferisch en drukge vulde diesel gestookte verbrandingstoestellen. Vanwege het feit dat vrijwel alle opgestelde motoren van het type drukge vulde motoren zijn, wordt hierin geen onderscheid gemaakt. Opgemerkt wordt dat het gebruik van diesel als brandstof voor motoren (bijvoorbeeld noodaggregaten) minimaal is ten opzichte van het biogas gebruik.

CONCLUSIE EN BESCHOUWING

Bij de invulling van het e-MJV dient uitgegaan te worden de CO-metgegevens van de vierjaarlijkse keuring van individuele gasverbrandingstoestellen. Het CO-gehalte wordt als bijvangst verkregen van NO_x/NO₂- en SO_x/SO₂-metingen in rookgassen van verbrandingstoestellen.

Voor de emissieberekening is het het beste om uit te gaan van de eigen metingen. Wanneer echter niet beschikt kan worden over CO-metgegevens mag uitgegaan worden van de collectieve emissiefactor 9,65 g CO/Nm³ biogas voor turbo gasmotoren en 7,71 g CO/Nm³ biogas voor atmosferische gasmotoren.

Voor aardgas gestookte gasverbrandingstoestellen wordt eenzelfde emissiefactor aangehouden als gehanteerd in het e-MJV, namelijk 1,58 g CO/Nm³ ae.

Er is uit het e-MJV een emissiefactor voor diesel gestookte motoren afgeleid van 5,4 g CO per liter diesel.

Informatie bronnen: meetrapporten WKK's van:

- 1 e-MJV 2014
- 2 Waternet
- 3 Waterschap Aa en Maas
- 4 Waterschap Brabantse Delta
- 5 Waterschap de Dommel
- 6 Waterschap Regge en Dinkel
- 7 Waterschap Rivierenland
- 8 Waterschap Veluwe (thans waterschap Vallei en Veluwe)
- 9 Wetterskip Fryslân

2.2 LACHGAS (N₂O) [5]

Lachgas (N₂O), kan ontstaan als nevenproduct bij nitrificatie en denitrificatie van stikstofhoudende verontreinigingen. Tijdens de nitrificatie wordt ammonium omgezet tot nitraat. Wanneer onvoldoende zuurstof aanwezig is, kan NO₂⁻ (een tussenproduct in de nitrificatie) als oxidant worden gebruikt, waarbij N₂O ontstaat. N₂O wordt ook gevormd tijdens de opvolgende denitrificatie.

Door het voormalige ministerie VROM (Protocol 8136, 2008), thans ministerie I&M, wordt een N₂O-emissiefactor gehanteerd van 1 procent van de N-kj aangevoerd met het influent (met als eenheid kg N₂O per jaar).

In 2008 is gestart met een inventarisatie van de emissie van broeikasgassen vanuit rwzi's (STOWA-rapport 2010-08, Emissie van broeikasgassen op rwzi's). Echter de gevonden variaties in N₂O-emissie waren zo groot dat het hanteren van één emissiefactor niet reëel werd geacht. Verder bestaat er te weinig inzicht in de oorzaken van N₂O-vorming en emissie. Om deze redenen is in 2010 gestart met aanvullend onderzoek dat heeft geresulteerd in STOWA-rapport 2012-20, Emissies broeikasgassen vanuit rwzi's. Doelstellingen van dit onderzoek waren:

- 1 het ontwikkelen van kennis en inzicht om de uitstoot van methaan en lachgas vanuit Nederlandse rwzi's in te schatten;
- 2 het ontwikkelen van kennis en inzicht in de vormingsprocessen van lachgas en methaan op een rwzi om de praktische mogelijkheden voor reductie van de emissie op te kunnen stellen.

Aan de hand van de resultaten van het onderzoek kan de huidige stand van zaken met betrekking tot de vorming en emissie van lachgas als volgt worden samengevat:

- de emissie is zeer variabel. Zo is voor de rwzi Kralingseveer een gemiddelde N₂O-emissie gemeten van 3%, variërend van 0 – 8%;
- vooral name het nitrificatieproces is verantwoordelijk voor de emissie van lachgas;
- procesparameters die een rol lijken te spelen bij de vorming van lachgas zijn:
 - nitriet en opgelost zuurstofgehalte voor zowel nitrificatie als denitrificatie;
 - ammoniumgehalte voor de nitrificatie;
 - aantal overgangen tussen anoxische en aërobe zones.

De conclusies van het onderzoek zijn:

- voor het bepalen van de omvang van de lachgas-emissie zijn metingen noodzakelijk. Zoals het zich nu laat aanzien kan de emissie van lachgas voor een individuele zuivering namelijk niet worden berekend/ingeschat aan de hand van één kengetal;
- voor het schatten van de uitstoot van lachgas vanuit een rwzi kan geen gebruik gemaakt worden van nitrietmetingen of de stikstofbelasting;
- dat in het ontwerp en beheer van rwzi's het risico op de emissie van lachgas kan worden verminderd door:
 - het aantal overgangen tussen anoxische en aërobe condities zoveel mogelijk te beperken;
 - het goed beheersen van de zuurstofconcentraties in de zuivering zodat geen tekorten, maar dat ook geen grote overschotten ontstaan;
 - het zo laag mogelijk houden van ammoniumconcentraties in de zuivering door een hoge mate van recirculatie of door uitvlakken van pieken in de aanvoer;
 - voldoende ruimte voor denitrificatie in de rwzi te handhaven om tijdens de nitrificatie gevormd N₂O weg te nemen.

Uit het onderzoek komen een aantal aanbevelingen:

- aan de hand van specifieke procesparameters dienen zuiveringbeheerders te bepalen op welke rwzi's de hoogste N_2O -emissie voorkomt;

Procesparameter	Risiconiveau tav N_2O -emissie		
	hoog	medium	laag
Effluentconcentratie totaal N (mg N/l)	> 10	5 - 10	< 5
Mate van variatie in concentratie N in zuivering	hoog	medium	laag
Mate van variatie in (dagelijkse) belasting	hoog	medium	laag
Maximale concentratie N_2O (mg N/l) in gehele zuivering	> 0,5**	0,2 – 0,5	< 0,2

- het uitvoeren van emissiemetingen evenals het vastleggen van specifieke procesparameters op rwzi's waar hoge N_2O -emissies worden verwacht, maar ook op rwzi's waar minder of nauwelijks N_2O -emissie wordt verwacht;
- het opstellen van een uniform meetprotocol op te stellen opdat metingen op alle rwzi's op dezelfde wijze worden uitgevoerd en opdat meetgegevens beter met elkaar vergeleken kunnen worden;

Het uitvoeren van de aanbevelingen kan ertoe leiden dat in de toekomst de N_2O -emissie beter bepaald/voorspeld kan worden en wellicht leidt tot maatregelen waarmee de N_2O -emissie gereduceerd kan worden.

Voor het bepalen van N_2O -emissies vanuit rwzi's wordt door de Nederlandse zuiveringbeheerders vooralsnog uitgegaan van een generieke benadering zoals voorgesteld in het eerder genoemde VROM-protocol, waarin gesteld wordt dat 1% van de N-kj aanvoer wordt geëmitteerd als N_2O .

Een IE_{150} bestaat uit 104 g CZV en 10,1 g N-kj wat overeenkomt met een TZV van 150 gram. Dit betekent dat $36,9 \text{ g } N_2O\text{-N}$ oftewel $44/28 \cdot 36,9 = 57,9 \text{ g } N_2O$ per IE_{150} op jaarbasis wordt geëmitteerd. Op basis van deze emissiefactor betekent dit dat rwzi's die belast worden met méér dan $172.700 \text{ } IE_{150}$ verplicht worden om de N_2O -emissie te rapporteren.

De voorgaande benadering is verschillend met de internationaal aanvaarde methodiek en bepaalde emissiefactor. De emissiefactoren voor rwzi's zijn uitgewerkt in het rapport '2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories', waarvan in hoofdstuk 6 de luchtgerelateerde emissies vanuit rwzi's bevat. In paragraaf 6.3.1.3 box 6.1 wordt een emissiefactor voor N_2O genoemd van $3,2 \text{ g } N_2O/IE$ per jaar. De IE-grondslag van deze e-factor is gebaseerd op het werkelijk aantal aangesloten inwoners. Het aantal aangesloten inwoners dient daarom gecorrigeerd te worden voor de zogenaamde industriële IE's. Omdat de Nederlandse IE_{150} zowel de 'inwoner'- als de 'industriële'-component representeert, hoeft voor de Nederlandse situatie niet gecorrigeerd te worden. Derhalve kan de volgende emissiefactor worden toegepast: $3,2 \text{ g } N_2O/IE_{150}$ per jaar.

De IPCC- en VROM-emissiefactor verschillen fors (het betreft een factor 12). Voor het rapportagejaar 2013 is door zuiveringbeheerders een emissiefactor van $36,9 \text{ g } N_2O/IE_{150}$ per jaar gehanteerd. Op basis van overleg tussen de zuiveringbeheerders met het IPO Monitoringsplatform (IPO, RIVM, CBS) is besloten om vooralsnog uit te gaan van de internationaal aanvaarde emissiefactor. Door deze keuze wijkt de Nederlandse emissie niet af van wat internationaal wordt gerapporteerd.

Thans is er veel onderzoek gaande naar de vorming en emissie van N_2O . Ook maatregelen om de emissie van N_2O te beperken krijgen aandacht. De komende jaren kunnen waarschijnlijk nieuwe inzichten worden toegevoegd aan de huidige stand der techniek/kennis. Daarom wordt voorgesteld om over een periode van vier jaar de laatste stand van zaken tegen het licht te houden en de emissiefactor zo nodig bij te stellen.

INFORMATIE BRONNEN

- 1 Ministerie VROM, Protocol 8136 Afvalwater ten behoeve van NIR 2008, uitgave maart 2008, 6B: CH₄ en N₂O uit Afvalwater
- 2 STOWA-rapport 2010-08, Emissies van broeikasgassen op rwzi's
- 3 STOWA-rapport 2012-20, Emissie broeikasgassen vanuit rwzi's
- 4 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, chapter 6

2.3 STIKSTOFOXIDEN (NO_x/NO₂) [8]

Stikstofoxiden worden gevormd tijdens verbrandingsprocessen bij hoge temperatuur. Op rwzi's vinden verbrandingsprocessen plaats in gasverbrandingstoestellen, die ingezet worden om biogas (of aardgas) te verbranden. Meestal zijn dit gasmotoren maar dat kunnen ook warmwaterketels zijn.

Bij moderne gasmotoren wordt minder NO_x/NO₂ gevormd dan in oudere motoren.

Vierjaarlijks wordt tijdens de wettelijk verplichte keuring van gasverbrandingstoestellen het NO_x/NO₂-gehalte gemeten van de rookgassen. In het e-MJV-rapport dienen deze gehalten te worden toegepast.

In het geval dat individuele meetgegevens niet beschikbaar zijn, mag uitgegaan worden van een collectieve emissiefactor zoals hierna beschreven.

COLLECTIEVE EMISSIEFACTOR

Op grond van een 23-tal waarnemingen (bijlage 5, meet- en inspectierapporten van gasmotoren) is een gemiddelde NO_x/NO₂-uitstoot bepaald van 139,16 g NO_x/NO₂ per GJ. Bij een energieinhoud van 23,3 MJ/Nm³ biogas is dit 3,24 g NO_x/NO₂ per Nm³ biogas. Bij een gemiddelde biogasproductie van 5,83 Nm³/IE_{150wb} per jaar bedraagt de emissie 18,89 g NO_x/NO₂ per IE_{150wb} per jaar (ervan uitgaand dat al het eigen slib wordt vergist en de volledige biogasproductie wordt verbrand in een WKK). Uitgaande van deze emissiefactor zal de i-PRTR-drempel worden overschreden bij een IE_{150wb}-belasting van $10.000.000/18,89 = \text{circa } 529.000 \text{ IE}_{150wb}$.

Twee van de 23 waarnemingen hebben betrekking op oude motoren (bouwjaar 1982). Deze hebben een NO_x-uitstoot van circa 200 g NO_x/NO₂ per GJ. De verwachting is dat dergelijke oude motoren de komende jaren uit gefaseerd worden en plaats maken voor motoren met een hoger rendement en een milieuvriendelijkere uitstoot. Om deze reden is de emissie van deze twee waarnemingen niet meegenomen in het gemiddelde.

EMISSIEFACTOR VOOR AARDGASGESTOOKTE VERBRANDINGSSTOESTELLEN

Doorgaans worden de op rwzi's geïnstalleerde WKK's niet bedreven op aardgas. Aardgas wordt meestal alleen gebruikt om gasmotoren op te starten, proef te draaien en/of te voorzien in de elektriciteitsvoorziening in geval van nood. Ook wordt aardgas ingezet wanneer de biogaskwaliteit te wisselvallig is of de productie te gering is (bijvoorbeeld bij het opstarten van biogasinstallaties) en met behulp van de WKK de slibgisting op de juiste temperatuur kan worden gebracht.

Omdat voor het onderhavige rapport niet beschikt kon worden over waarnemingen uit de praktijk, is uitgegaan van de maximale NO_x -concentratie die voor mag komen in rookgasen. Deze concentraties zijn ontleend aan paragraaf 3.2.1 van het Activiteitenbesluit. Vanaf 2017 gelden voor gasmotoren een generieke NO_x/NO_2 -eis van 340 mg NO_x/NO_2 per Nm^3 rookgas. Dit komt overeen met 100 g NO_x/NO_2 per GJ aardgas¹³ of 3,165 g NO_x/NO_2 per Nm^3 ae. Goed beschouwd dient onderscheid gemaakt te worden tussen atmosferisch en drukgevulde gasverbrandingstoestellen. Vanwege het feit dat vrijwel alle opgestelde gasmotoren van het type drukgevulde gasmotoren zijn, wordt hierin geen onderscheid gemaakt. Bovendien is het gebruik van aardgas als brandstof in gasverbrandingstoestellen op de meeste rwzi's minimaal ten opzichte van het biogas gebruik.

EMISSIEFACTOR VOOR DIESEL GESTOOKTE VERBRANDINGSTOESTELLEN

Soms worden op rwzi's diesel gestookte WKK toegepast. Bijvoorbeeld om te voorzien in de elektriciteitsvoorziening in geval van nood.

Omdat voor het onderhavige rapport niet beschikt kon worden over waarnemingen uit de praktijk, is uitgegaan van de maximale NO_x/NO_2 -concentratie die voor mag komen in rookgassen. Deze concentraties zijn ontleend aan het Activiteitenbesluit, paragraaf 3.2.1, artikel 3.10e. Het gehalte mag maximaal 450 mg NO_x/NO_2 per Nm^3 rookgas zijn. Dit komt overeen met 130 g NO_x/NO_2 per GJ diesel¹³ of 4,66 g NO_x/NO_2 per liter diesel. Goed beschouwd dient onderscheid gemaakt te worden tussen atmosferisch en drukgevulde diesel gestookte verbrandingstoestellen. Vanwege het feit dat vrijwel alle opgestelde motoren van het type drukgevulde motoren zijn, wordt hierin geen onderscheid gemaakt. Bovendien is het gebruik van diesel als brandstof in verbrandingstoestellen op de meeste rwzi's minimaal ten opzichte van het biogas gebruik.

CONCLUSIE EN BESCHOUWING

Voor het invullen van de e-MJV-rapportage dient uitgegaan te worden van de uitgevoerde metingen per gasverbrandingstoestel (onderdeel van de vierjaarlijkse keuring). De collectieve emissiefactor mag alleen gebruikt worden als individuele meetgegevens niet beschikbaar zijn. De collectieve NO_x/NO_2 -emissiefactor bedraagt 3,24 g NO_x/NO_2 per Nm^3 biogas voor de Nederlandse rwzi's die uitgerust zijn met een slibgisting en waarvan het biogas wordt verbrand.

Voor de aardgasgestookte WKK's dient als emissiefactor 100 g NO_x/NO_2 per GJ gehanteerd te worden. Bij een energieinhoud van 31,65 MJ per Nm^3 ae is dit 3,165 g NO_x/NO_2 per Nm^3 ae. Voor diesel gestookte verbrandingstoestellen kan een emissiefactor gehanteerd worden van 450 mg NO_x/NO_2 per Nm^3 rookgas wat overeenkomt met 130 g NO_x/NO_2 per GJ diesel.

2.4 ZWAVELDIOXIDE (SO_2) [11]

De emissie van SO_x/SO_2 (zwaveldioxide) op rwzi's is afkomstig van gasverbrandingstoestellen. Meestal zijn dit gasmotoren maar dat kunnen ook warmwaterketels zijn. De brandstof van deze toestellen bestaat uit biogas dat sporen H_2S bevat. Door het verbrandingsproces wordt de H_2S omgezet in SO_x/SO_2 en met de afgassen geëmitteerd. De kwaliteit van de motorolie kan door oxidatieproducten van H_2S en water nadelig worden beïnvloed. Dit geldt ook voor onderdelen van gasmotoren. Om deze redenen wordt het H_2S -gehalte in biogas gestuurd op circa 50 ppm. Dit is vooral van belang voor turbomotoren. Voor atmosferische motoren worden gehalten tot 300 ppm getolereerd. Het overgrote deel van de i-PRTR-plichtige rwzi's die uitgevoerd zijn met slibgistingen, is voorzien van turbogasmotoren. Dit zijn over het algemeen de

13 Groot, G.M. de, BEMS: nieuwe emissie-eisen voor middelgrote stookinstallaties, RIVM, Briefrapport 609021107/2010

grotere rwzi's. Daar wordt meer biogas geproduceerd en is het gunstiger om duurdere turbogasmotoren toe te passen die een beduidend hoger elektrisch rendement hebben.

De emissie van SO_x/SO_2 kan in de hand gehouden worden door controle van het H_2S -gehalte in het biogas. In de praktijk gebeurt dit meestal door een dosering van een driewaardig ijzerzout aan de slibgisting of in de waterlijn. In een slibgisting komt sulfide (S^{2-}) vrij uit zwavelhoudende verbindingen, bijvoorbeeld SO_4^{2-} of zwavelhoudend eiwit. Het ijzer bindt zich met het sulfide tot het slecht oplosbare FeS . Op deze wijze is minder vrij sulfide beschikbaar en komt er dus minder H_2S in het biogas terecht.

Wordt een Fe-zout in de waterlijn gedoseerd dan hoeft meestal in de sliblijn (waarvan een slibgisting deel uitmaakt) geen Fe-zout meer gedoseerd te worden. Wanneer er geen Fe-zout in de waterlijn maar in de sliblijn gedoseerd wordt, kan direct gestuurd worden op het H_2S -gehalte in het biogas.

Het H_2S -gehalte in biogas kent slechts geringe schommelingen. Dat heeft te maken met de lange hydraulische verblijftijden in slibgistingen (doorgaans circa 20 dagen) van het slib en het feit dat Fe-doseringen continue plaatsvinden.

In de e-MJV-rapportage dienen de SO_x/SO_2 -emissies ingevuld te worden. Deze gegevens worden gebruikt om te toetsen aan de wettelijke eisen. In het e-MJV-module wordt vervolgens de SO_x/SO_2 -emissievracht berekend en vervolgens getoetst aan de i-PRTR-rapportagedrempel.

Conform wet- en regelgeving worden tijdens de vierjaarlijks keuringen rookgasmetingen uitgevoerd. Deze metingen hebben betrekking op de parameters NO_x/NO_2 en SO_x/SO_2 . Deze geaccrediteerde metingen worden uitgevoerd in de rookgassen van de biogasmotoren en zo nodig andere gasverbrandingstoestellen. Voor de e-MJV-rapportage kan echter het beste uitgegaan worden van de H_2S -metingen in het biogas. De reden daarvoor is dat het H_2S -gehalte met een relatief hoge frequentie wordt gemeten (meestal wekelijks) met behulp van zogenaamde Dräger-detectiebuisjes. Deze zijn voor dit doel voldoende nauwkeurig.

Om de H_2S -meetgegevens te kunnen gebruiken in het e-MJV dienen deze eerste geconverteerd te worden in SO_x/SO_2 -waarden. De berekening van de emissiefactor met gebruikmaking van de H_2S -metingen, loopt als volgt. Er wordt voor biogas uitgegaan van 50 ppm H_2S . Een gehalte van 50 ppm H_2S komt overeen met $50/22,4 = 2,232$ mmol H_2S . Ten gevolge van verbranding wordt daaruit $2,232$ mmol $\text{SO}_x/\text{SO}_2 \approx 143,1$ mg SO_x/SO_2 per Nm^3 biogas gevormd (= emissiefactor) oftewel $6,14$ g SO_x/SO_2 per GJ biogas. In combinatie met het jaarlijks biogasverbruik (dat in de gasverbrandingstoestellen is verbrand) kan de SO_x/SO_2 -vracht worden berekend.

De emissiefactor $6,14$ g SO_x/SO_2 per GJ, wordt tevens gehanteerd voor de brandstoffen aardgas en diesel omdat voor deze brandstoffen geen waarnemingen bekend zijn, voor zover het WKK's betreft die geïnstalleerd zijn op rwzi's en gestookt worden met aardgas of diesel. Het is mogelijk dat de emissiefactor van hetgeen in de praktijk werkelijk geëmitteerd wordt. Op de totale hoeveelheid SO_x/SO_2 geëmitteerd vanuit een rwzi heeft dit weinig invloed omdat op rwzi's in verhouding tot de verstookte hoeveelheden biogas weinig aardgas en diesel wordt verbruikt.

De i-PRTR-drempel is 20.000 kg SO_x/SO_2 per jaar. Bij een concentratie van $143,1$ mg SO_x/SO_2 per Nm^3 biogas komt dit overeen met $139,8^{\text{E}}$ Nm^3 biogas/j, waarbij gerekend is met 50 ppm H_2S . De biogasproductie van rwzi's, uitgerust met een vergister, bedraagt gemiddeld $5,83$ Nm^3 biogas/ $\text{IE}_{150\text{wb}}$ per jaar. Bij een biogasproductie van $5,83$ Nm^3 biogas per $\text{IE}_{150\text{wb}}$ per jaar bedraagt

de emissie $5,83 \cdot 143,1 = 834 \text{ mg SO}_x/\text{SO}_2 \text{ per IE}_{150\text{wb}}$ per jaar wanneer al het biogas wordt verbrand. Dit betekent dat de i-PRTR-rapportagedrempel pas wordt overschreden bij een rwzi die belast wordt met meer dan $2,4^{E7} \text{ IE}_{150\text{wb}}$, waarvan al het eigen slib wordt vergist. Dit rekenvoorbeeld laat zien dat het risico van overschrijding van de i-PRTR-drempel nihil is.

CONCLUSIE EN BESCHOUWING

De emissie van SO_x/SO_2 vanuit rwzi's komt vooral van rookgassen vanuit verbrandingstoestellen. Gezien de hoge meetfrequentie kan voor de e-MJV het beste uitgegaan worden van de H_2S -meetgegevens in biogas in plaats van de SO_x/SO_2 -meetgegevens van de vierjaarlijkse keuring. Door het H_2S -gehalte te converteren naar SO_x/SO_2 kunnen de noodzakelijke gegevens voor het e-MJV ingevuld worden. De SO_x/SO_2 -emissiefactor komt dan uit op $143,1 \text{ mg per Nm}^3$ biogas wanneer uitgegaan wordt van $50 \text{ ppm H}_2\text{S}$ oftewel $6,14 \text{ g SO}_x/\text{SO}_2 \text{ per GJ biogas}$.

Deze emissiefactor, $6,14 \text{ g SO}_x/\text{SO}_2 \text{ per GJ}$, wordt tevens gehanteerd voor de brandstoffen aardgas en diesel. Omdat de brandstoffen aardgas en diesel relatief weinig worden toegepast is de berekende vracht gering en heeft slechts weinig invloed en is daardoor van ondergeschikt belang.

Gezien de lage H_2S -concentraties (50 ppm) die tegenwoordig voorkomen in biogas en de daarmee gepaard gaande lage SO_x/SO_2 -concentraties is het onwaarschijnlijk dat voor de parameter SO_x/SO_2 de i-PRTR-rapportagedrempel wordt overschreden.

BIJLAGE 3

DATASHEETS PARAMETERS WAARVAN DE LUCHTGERELATEERDE EMISSIE DOOR BEREKENING IS VASTGESTELD

3.1 METHAAN (CH₄) [1]

ACHTERGRONDINFORMATIE

Methaan maakt deel uit van de groep van Vluchtige Organische stoffen (VOS). Onder VOS wordt verstaan organische stoffen met een dampspanning van minstens 0,1 kPa bij normale temperatuur en druk¹⁴. Wanneer methaan daarvan wordt uitgesloten wordt gesproken over niet-methaan vluchtige organische stoffen, afgekort NMVOS.

In de PRTR wordt methaan apart van andere vluchtige organische stoffen behandeld. Dit heeft te maken met het feit dat het broeikaseffect van dit gas 25 keer zo sterk is als dat van koolzuurgas.

In het e-MJV is op een andere wijze invulling gegeven aan de berekeningswijze van de VOS-emissie en wordt voor de NMVOS-emissie, waar ondermeer benzeen en toluen deel van uitmaken, gebruik gemaakt van de zogenaamde 'Standaard onderverdeling Aardgas'. Wanneer door de gebruiker gekozen wordt voor deze 'Standaard onderverdeling Aardgas' (en dus de NMVOS-stoffen niet gespecificeerd worden) wordt door het e-MJV een standaardverdeling opgelegd. In paragraaf 6.4 is uitgelegd dat door toepassing van de standaardverdeling een vertekend beeld wordt verkregen van de emissie van benzeen, etheen, toluen en een zogenaamd NMVOS-rest. Daarom wordt ervoor gekozen om geen gestandaardiseerde verdeling toe te passen. De wijze waarop de gebruiker een gespecificeerde emissie kan invullen in het e-MJV is uitgelegd in de Handleiding 'RWZI-rekentool v2015 en e-MJV voor Zuiveringbeheerders'.

Onder anaërobe omstandigheden kan biodegradeerbaar organisch materiaal in afvalwater door biochemische activiteiten omgezet worden in methaan. Deze omzetting kan ondermeer plaatsvinden in het afvalwatertransportsysteem. Als het persleidingen betreft, treedt de CH₄-emissie met name op in het ontvangwerk van een rwzi. Ook in een rwzi wordt CH₄ gevormd. Dit gebeurt vooral in rwzi's die uitgerust zijn met een slibgisting, waar dit proces wordt gestimuleerd. Voor alle rwzi's geldt dat biogas (waar CH₄ deel van uitmaakt), gevormd in slibgistingen, wordt opgevangen en gebruikt wordt als brandstof (voor WKK's) dan wel opgewerkt wordt tot groen gas (biogas dat opgewerkt wordt tot aardgaskwaliteit).

Voor rwzi's zonder slibgisting is in de praktijk een lagere CH₄-emissie vastgesteld dan voor rwzi's met slibgisting. Dit komt met name door de CH₄-emissie vanuit procesonderdelen waarin vergist slib wordt gebufferd dan wel wordt ingedikt. Onderzoek op de rwzi Kralingseveer (STOWA-rapport 2012-20) laat zien dat bij een langere hydraulische verblijftijd

14 Vlaams Reglement betreffende de Milieuvergunning VLAREM

in de slibgisting, in de navolgende procesonderdelen (vergist slibindikker en slibsilos) minder CH_4 -emissie plaatsvindt. De reden daarvoor is dat bij een hogere hydraulische verblijftijd in de slibgisting een verdergaande afbraak van organische stof plaatsvindt.

Van de huidige generatie rwzi's zijn in vrijwel alle gevallen procesonderdelen/tanks, die vergist slib bevatten, bijvoorbeeld vergist slibindikers en slibbuffers, afgedekt. Om geuremissie te voorkomen wordt de lucht en daarmee ook eventueel aanwezig methaan afgezogen en gezuiverd in luchtfilters. Echter lavafilters, maar ook biobedden, hebben maar een gering verwijderingseffect op CH_4 (STOWA 2010-08).

Door VROM (Protocol 8136, 2008) worden de volgende emissiefactoren voor rwzi's gehanteerd:

- Emissies uit de waterlijn: 7 gram CH_4 /kg $\text{CZV}_{\text{inflow}}$, omgerekend 265,7 g CH_4 /IE₁₅₀/j;
- Emissies uit de sliblijn bij slibgisting: 1,5 gram CH_4 /kg $\text{CZV}_{\text{inflow}}$, omgerekend 57 g CH_4 /IE₁₅₀/j.
- Totale emissie vanuit water- en sliblijn: 8,5 gram CH_4 /kg $\text{CZV}_{\text{inflow}}$, omgerekend 322,7 g CH_4 /IE₁₅₀ per jaar.

Deze factoren zijn destijds opgesteld door TNO (Oonk, 2004) om de emissies van de gehele populatie rwzi's te berekenen. Voor de emissies uit de waterlijn is de emissiefactor wel toepasbaar per individuele rwzi omdat het uiteindelijk omgerekend wordt naar een landelijke waarde. Hierdoor kunnen de verschillen tussen individuele zuiveringen buiten beschouwing gelaten worden. Deze verschillen hangen samen met bijvoorbeeld lengte en aantal persleidingen waarmee het afvalwater op de zuiveringen wordt aangevoerd.

Omdat in de factor rekening is gehouden met een (in 2004) bepaalde gemiddelde correctiefactor voor het totale aandeel van zuiveringsslib wat landelijk vergist wordt (54%), is toepassing op een individuele rwzi met slibgisting niet correct en geeft dan een onderschatting.

In hoofdstuk 4 van het VROM protocol zijn de emissiefactoren nader beschreven. Gevormd biogas in een slibgisting worden op rwzi's apart opgevangen en nuttig aangewend in verbrandingstoestellen. De methaanemissies met rookgassen van deze verbrandingstoestellen wordt apart gemeten. De emissiefactor 'uit water- en sliblijn' heeft dus betrekking op de procesemissies van methaan uit de waterlijn en uit de bedrijfsonderdelen van de slibgisting (lekverliezen), en na de slibgisting, zoals na-indikers en slibbuffers. Mede om deze reden is de emissie van onverbrand methaan met de rookgassen vanuit verbrandingstoestellen apart behandeld.

In STOWA-verband is in 2010 onderzoek uitgevoerd naar emissie van de broeikasgassen CH_4 en N_2O op een aantal rwzi's. Uit het STOWA-rapport 2010-08 volgen de onderstaande emissiefactoren.

Rwzi	Emissiefactor g CH_4 /kg CZV	Afwijking t.o.v VROM- rapport	Emissiefactor in g CH_4 /IE ₁₅₀
Papendrecht (uitgevoerd zonder slibgisting)	8,7	1,2x hoger	0,58
Kortenoord (uitgevoerd zonder slibgisting)	5,3	1,3x lager	0,42
Kralingseveer (uitgevoerd met slibgisting) (oktober)	12	1,4x hoger	1,2
Kralingseveer (februari)	8	1,1x lager	0,63
VROM-factor voor rwzi's met gisting	8,5		
VROM-factor voor rwzi's zonder gisting	7		

Het rapport geeft inzicht in factoren die invloed hebben op de CH₄-emissie. Tevens wordt geconcludeerd dat nog geen sluitend model opgesteld kan worden om de CH₄-emissie vanuit rwzi's (met of zonder slibgisting) te bepalen. Voorts wordt gesteld dat gangbare luchtzuiveringstechnieken (zoals lavafilters en biobedden) nauwelijks CH₄ verwijderen. In het rapport wordt geconcludeerd dat de VROM-emissiefactoren vooralsnog toepasbaar zijn om de emissie van methaan aan de hand van het CZV_{influent} te berekenen. Het rapport besluit met dat er meer onderzoek nodig is om duidelijkheid te geven in de aard en omvang van CH₄-emissies en te nemen maatregelen.

Omdat STOWA-rapport 2010-08 onvoldoende handvatten bood, voor het door de waterschappen op 12 april 2010 ondertekende klimaatakkoord, is vervolgonderzoek uitgevoerd. De resultaten daarvan zijn neergelegd in STOWA-rapport 2012-20 Emissies van broeikasgassen vanuit rwzi's. Vastgesteld is welke procesfactoren van invloed zijn op de emissie van methaan. Het blijkt mogelijk om de methaanemissie te berekenen met een statisch model, waarin de volgende processtappen als methaanproducent zijn opgenomen:

- de riolering (dit geldt vooral voor persleidingen);
- de primair slibindikker, de uitgest gist slibbuffer en de slibsilos.

De beluchte actiefslibtank wordt daarin opgenomen als consument, door het optreden van methaanoxidatie.

De resultaten van het onderzoek laten zien dat de emissie van methaan zeer variabel kan zijn als functie van de kenmerken van het rioleringsstelsel, het ontwerp van het ontvangwerk, het ontwerp en beheer van de gisting, het wel of niet optreden van methaanoxidatie en de temperatuur.

Het model is nog niet voldoende gevalideerd om toegepast te kunnen worden op brede schaal. De vorming van methaan en voorkomende concentraties in Nederlandse rioleringsstelsels (pers- en vrijval riolering) dient nader bestudeerd te worden. Een deel van het model beschrijft de methaan emissie vanuit procesonderdelen na de gisting. De verschillen tussen de rekenresultaten en de praktijk zijn te groot om het model te kunnen gebruiken. Voorts is in het onderzoek gekeken naar mogelijkheden om de emissie van methaan te reduceren. Bijvoorbeeld door het optreden van methaanoxidatie en het verhogen van de effectiviteit van bestaande luchtbehandelingstechnieken.

CH₄-EMISSIEFACTOR WATERLIJN

Op basis van het voorgaande wordt geconcludeerd dat onvoldoende consistente emissiefactoren bepaald kunnen worden uit landelijke onderzoeken. Bij het opstellen van een nieuwe emissiefactor voor de methaanemissies uit de waterlijn is rekening gehouden met de eisen die de IPCC stelt aan de nationale broeikasgasrapportages. Deze eisen zijn onder andere:

- emissiefactoren en activiteitsdata (bijvoorbeeld biogasproductie of CZV-influent) zijn toepasbaar en bekend voor de tijdreeks 1990 tot heden;
- land-specifieke emissiefactoren moeten onderbouwd zijn door wetenschappelijke onderzoeken. Bij het ontbreken van goede landspecifieke emissiefactoren moet gebruik worden gemaakt van algemeen aanvaarde defaults uit de meeste recente IPCC richtlijnen of achtergrondrapporten van de IPCC.

Opgemerkt wordt, dat veel default IPCC methoden niet alleen sterk gedateerd zijn maar ook dat kritische opmerkingen geplaatst kunnen worden over de juistheid. Deze methoden worden echter in veel landen gebruikt en worden door reviewers van de broeikasgasrapportages geaccepteerd.

Om die reden wordt vooralsnog uitgegaan van de berekeningsmethode gegeven in de IPCC Guidelines (IPCC, 2006). De IPCC Guideline biedt de mogelijkheid om emissies te berekenen op basis van BZV of op basis van CZV, als maat voor de totale hoeveelheid TOW (total organics in waste water). Tevens moet gecorrigeerd worden voor de hoeveelheid organische stof in het slib (S), die wordt afgevoerd vanuit de waterlijn (bestaande uit primair en secundair slib), waarmee aangesloten wordt bij internationale standaarden. In formule wordt dan de berekening:

$$\text{Emissie}_{\text{CH}_4} = \text{EF}_{\text{rwzi}} * (\text{TOW} - \text{S})$$

Waarin:

TOW: Total organics in Wastewater. Voor Nederland is gekozen voor de CZV jaarvracht (kg/j) als maat voor deze TOW.

S: Total organics in Sludge, eveneens uitgedrukt als jaarvracht CZV (kg/j)

EF_{rwzi} : Emissiefactor in kg CH_4 /kg CZV

De vertaling van de IPCC formule naar de voor Nederland gekozen optie is dan:

$$\text{Emissie}_{\text{CH}_4} = \text{EF}_{\text{rwzi}} * (\text{kg CZV}_{\text{aanvoer}} - \text{kg CZV}_{\text{slib afgevoerd vanuit de waterlijn naar de sliblijn}}) \text{ (kg/j)}$$

Waarin:

$\text{CZV}_{\text{aanvoer}}$ = De jaarvracht CZV in het ruwe influent (kg/j)

$\text{CZV}_{\text{slib afgevoerd vanuit de waterlijn naar de sliblijn}}$ = Het CZV equivalent (kg/j) van de totale hoeveelheid primair en secundair slib zoals afgevoerd vanuit de waterlijn naar de sliblijn, voordat eventuele vergisting plaatsvindt. In de RWZI-rekentool v2015 wordt deze berekend aan de hand van een CO_2 -balans. Bij rwzi's met slibgisting is tevens de biogasproductie opgenomen in deze balans om zo de productie van onvergist slib te berekenen.

De algemene emissiefactor luidt:

$$\text{EF}_{\text{rwzi}} = B_0 * \text{MCF}_{\text{rwzi}}$$

waarin:

EF_{rwzi} : emissiefactor in kg CH_4 /kg CZV

B_0 : de maximale hoeveelheid methaan die gevormd wordt bij de anaerobe omzetting van 1 kg CZV. De IPCC (2006) geeft een default voor B_0 van 0,25 kg CH_4 per kg CZV. Deze defaultwaarde is in overeenstemming met de theoretische vorming van methaan uit koolwaterstoffen.

MCF_{rwzi} : de methaan correctie factor voor rwzi's; de fractie van de CZV welke onder anaerobe omstandigheden wordt afgebroken. Deze is theoretisch 0 bij volledig aerobe systemen en 1 bij volledig anaerobe systemen. Afvalwater in de verzamel- en transportleidingen van het riool en in de eerste behandelingstappen van een awzi kan aan anaerobe omstandigheden worden blootgesteld. Het is bekend dat hierbij methaan wordt gevormd. De MCF is dan in ieder geval hoger dan 0. De bepaling van MCF levert echter problemen op, omdat goede informatie nog ontbreekt.

waarbij

$$B_0 = 0,25 \text{ kg CH}_4/\text{kg CZV},$$

en

MC_{Frwzi} = 3,5% ofwel 0,035 (deze waarde is gebaseerd op de IPCC-Good Practice Guidelines (2001), waarin wordt verwezen naar Doorn et al (1997)).

Dit resulteert in:

$$E_{Frwzi} = 0,25 * 0,035 = 0,00875 \text{ kg CH}_4/\text{kg CZV}$$

De volledige berekening wordt dan:

$$\text{Emissie}_{\text{CH}_4} = 0,00875 * (\text{kg CZV}_{\text{aanvoer}} - \text{kg CZV}_{\text{slib afgevoerd vanuit de waterlijn naar de sliblijn}})$$

Strikt genomen hoort in een CZV-balans over de waterlijn rekening te worden gehouden met de methaan die vanuit de waterlijn geëmitteerd wordt. Het is bekend dat een belangrijk deel van de methaanemissie plaatsvindt vanuit het ontvangwerk. Dit komt doordat in het transportstelsel van rwzi's vaak anaerobe situatie voorkomen en met name in persleidingen methaangas gevormd wordt. In ontvangwerken kan dit ontwijken en heeft dit tot gevolg dat in de influentbemonstering het deel van de CZV die als methaan reeds is ontweken, niet wordt meegenomen.

Aan de methode die hiervoor wordt gepresenteerd is arbitrair. Het aftrekken van de slib-CZV is bijvoorbeeld een punt waar terecht discussie over bestaat. In het voorjaar van 2015 inventariseert de IPCC mogelijke verbeterpunten van de IPCC 2006 Guidelines die meegenomen gaan worden in nieuw te ontwikkelen Guidelines. De Nederlands inzichten, naar aanleiding van het onderhavige rapport, zullen in dit proces worden ingebracht. Naar verwachting zal dit op termijn leiden tot een betere berekeningsmethode.

CH₄-EMISSIE SLIBLIJN

De CH₄-emissie vanuit de sliblijn is niet eenvoudig vast te stellen omdat op veel rwzi's niet alleen slib vergist wordt afkomstig van de waterlijn, maar ook slib dat van andere rwzi's afkomstig is. Op de betreffende rwzi's wordt (veel) meer biogas geproduceerd dan op basis van hun IE-belasting verwacht mag worden.

Om te bepalen of het zogenaamde 'mee-vergisten' een substantiële bedrijfsactiviteit is, is een enquête gehouden onder zuiveringbeheerders. Deze enquête, waarvan de resultaten vermeld zijn in bijlage 6, was gericht op rwzi's die uitgerust waren met een slibgisting. In totaal betreffen dit in Nederland 81 rwzi's (peiljaar 2011). Hiervan wordt, voor zover bekend, op 42 rwzi's, alleen het eigen geproduceerde slib vergist. Op 39 rwzi's wordt niet alleen eigen slib vergist maar ook substantiële hoeveelheden 'niet eigen' slib. Het gaat in vrijwel alle gevallen om slib van andere rwzi's die weliswaar door dezelfde zuiveringsbeheerder worden bedreven. In enkele gevallen worden ook vetachtige drijflagen verwerkt of afvalstoffen van derden.

De totale vergistingsruimte bedraagt circa 443.000 m³, waarvan circa 178.000 m³ wordt ingezet voor het vergisten van alleen eigen slib. De resultaten van de enquête geven aan dat circa 60% van de vergistingsruimte wordt ingezet voor het vergisten van slib van meerdere rwzi's. Bovendien is er sprake van een toenemende tendens. De resultaten van deze enquête zijn tevens gebruikt om emissiefactoren op te stellen en te toetsen.

Het voorgaande betekent dat rwzi's waar mee-vergisting wordt toegepast, meer CH₄ emitteren (vanuit de sliblijn) dan op basis van hun influentbelasting verwacht mag worden. Een te hanteren emissie-factor zou direct betrekking moeten hebben op de vergiste hoeveelheid slib (inclusief dat van andere locaties) en niet op de belasting van de rwzi, zoals in de oude VROM factor. Echter, omdat de totaal vergiste hoeveelheid slib niet in alle gevallen bekend is, kan beter worden uitgegaan van de geproduceerde hoeveelheid biogas, als substituuut voor de omgezette hoeveelheid organische stof.

Ten behoeve van de e-MJV rapportage van methaanemissies uit de sliblijn dient een emissie-factor geschikt te zijn om emissies per rwzi uit te rekenen, wat voor de VROM-factor niet stand houdt. Ook de resultaten van het hiervoor beschreven STOWA-onderzoek bieden onvoldoende handvatten voor een zogenaamde 'Country-Specific' emissiefactor. Daarom wordt voorgesteld om een factor te gebruiken die ook al in de VROM methode zat ingebouwd, namelijk dat gemiddeld 94% van de totale methaanproductie wordt opgevangen. Met andere woorden: uit de procesonderdelen van een gisting, na-indikers en slibbuffers ontwijkt nog een extra hoeveelheid methaan die gelijk is aan 6% van de opgevangen methaanhoeveelheid (in IPCC termen: de Methane Recovery). Dit is een soort worst case schatting gebaseerd op onderzoek van Hobson en Palfrey (1996), wat wordt aangehaald in een achtergrond-document van de IPCC Good Practice Guidance (Hobson, 2001). Daarmee wordt tegemoetgekomen aan de eisen die de IPCC stelt aan de emissiefactoren die worden gebruikt voor de nationale broeikasgas-rapportage.

De emissie wordt berekend op basis van de hoeveelheid slib die aan de vergisting wordt aangeboden. In veel gevallen is deze hoeveelheid niet goed bekend en wordt uitgegaan van een substituuut, namelijk de biogasproductie. Verder wordt, zoals hierboven aangegeven, uit IPCC background documenten de factor van de methane recovery (MR) van 94% gebruikt, als een worst-case schatting. En dat is dan nog exclusief het vrijkomen van biogas als gevolg van bedrijfsstoringen (bijvoorbeeld een niet functionerende fakkelinstallatie). In de BREF- en PRTR-documenten wordt dit genoemd 'accidentele lozing' oftewel het spuien van biogas.

$$\begin{aligned}
 \text{Dus Emissie}_{\text{CH}_4} &= V_{\text{biogas}} * (1-\text{MR}) * \text{Methaangehalte biogas} \\
 &= V_{\text{biogas}} * (1-0,94) * 464,29 = \\
 &= V_{\text{biogas}} * 27,86 \text{ in g CH}_4/\text{j} \\
 &= V_{\text{biogas}} * 0,0279 \text{ in kg CH}_4/\text{j}
 \end{aligned}$$

Waarin:

MR:	Methane Recovery = 94% van de totale methaanhoeveelheid wordt opgevangen;
V_{biogas} :	Gemeten (= opgevangen) hoeveelheid biogas in Nm ³ /j;
464,29	Hoeveelheid methaan in 1 Nm ³ biogas, uitgaande van methaangehalte van 65% (zie bijlage 1.3) in g/Nm ³ .

Omdat de emissiefactor is gebaseerd op de biogasproductie kan deze aldus ook voor rwzi's worden gebruikt waar niet alleen eigen slib maar ook aangevoerd slib van andere rwzi's wordt vergist. In de databestanden van het CBS zijn gegevens aanwezig van de biogasproductie bij rwzi's voor de hele tijdreeks vanaf 1990 tot heden.

CH₄-EMISSIE BIOGASLIJN

Is er sprake van een slibgisting, dan is in de meeste gevallen ook een warmte krachtkoppeling (WKK) en/of een gasverbrandingstoestel aanwezig. Ook restanten CH₄ (onverbrand) die met de rookgassen worden geëmitteerd dienen in de PRTR-rapportage betrokken te worden. In bijlage 5 zijn meetgegevens opgenomen die betrekking op rookgassen van een groot aantal biogasmotoren.

Voor wat betreft biogasmotoren dient onderscheid gemaakt te worden tussen atmosferische gasmotoren en drukge vulde gasmotoren (zogenaamde turbo gasmotoren). Uitleg hierover is gegeven in bijlage 1.4. In de betreffende bijlage is duidelijk gemaakt waarom de ene soort gasmotor meer verbrandingslucht verbruikt dan de andere en welke consequentie dit heeft voor de emissies.

Met de huidige meetmethodes wordt CH₄ niet selectief gemeten in rookgassen van gasmotoren. Met de huidige meetmethodiek worden C_xH_y-verbindingen gemeten waaronder CH₄ valt. Omdat biogas nagenoeg geen hogere alkanen bevat, kan een C_xH_y-meting gelijk gesteld worden met een CH₄-meting.

Voor wat betreft C_xH_y-metingen gaat het slechts om een beperkt aantal waarnemingen (WKK's rwzi 'sHertogenbosch')¹⁵. De gemiddelde emissie vanuit gasmotoren is 555 mg C_xH_y/Nm³ afgas. Omgerekend naar biogas en uitgaande van turbomotoren is dit $12,65^{16} \cdot 555/1000 = 7,02 \text{ g C}_x\text{H}_y/\text{Nm}^3$ biogas (waarbij C_xH_y is uitgedrukt in 'C'). Geconverteerd naar CH₄-equivalenten resulteert dit in een emissiefactor van $16/12 \cdot 7,02 \text{ g} = 9,36 \text{ g CH}_4/\text{Nm}^3$ biogas. Een analoge berekening voor atmosferische gasmotoren (ervan uitgaande dat het C_xH_y-gehalte in de afgassen hetzelfde is) komt uit op $10,11 \cdot 555/1000 = 5,61 \text{ g C}_x\text{H}_y/\text{Nm}^3$ biogas, omgerekend een emissiefactor van $16/12 \cdot 5,61 \text{ g} = 7,48 \text{ g CH}_4/\text{Nm}^3$ biogas.

Omdat biogas voor circa 65% uit methaan bestaat, circa 35% uit CO₂ en daarnaast nog sporen van andere gassen (waaronder H₂S) kan er vanuit worden gegaan dat het gemeten C_xH_y-gehalte voor het overgrote deel bestaat uit onverbrand CH₄. Gezien de samenstelling van biogas en de aard van het verbrandingsproces in biogasmotoren is het vrijwel uitgesloten dat in biogasmotoren andere VOS uit CH₄ worden gevormd.

Uit gegevens van 42 rwzi's die alleen het eigen slib vergisten blijkt een gemiddelde biogasproductie $5,83 \text{ Nm}^3 \text{ biogas}/\text{IE}_{150\text{wb}}/\text{j}$ (bijlage 6).

LITERATUUR

- 1 Doorn, M.R.J. et al., 1997: Estimate of Global Greenhouse Gas Emissions from Industrial and Domestic Wastewater Treatment, Final Report, EPA-600/R-97-091. Prepared for United States Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, NC, USA.
- 2 Hobson, J., Palfrey, R. 1996. Control measures to limit methane emissions from sewage and sludge treatment and disposal, WRC report DoE 4118. October 1996. Available via the UK DEFRA (DETR).
- 3 Hobson, J. 2001. CH₄ and N₂O emissions from waste water handling. Background paper of the IPCC Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories, IPCC-TSU.
- 4 IPCC, 2001: Background papers: IPCC expert meetings on Good Practice Guidance and Uncertainty Management in national Greenhouse Gas Inventories. IPCC-TSU, Hayama, Japan.
- 15 Het betreft een FID-meting conform NEN-EN 13526. Met een dergelijke metingen worden alle gasvormige organische stoffen meegenomen en wordt geen onderscheid worden gemaakt tussen de verschillende soorten vluchtige organische stoffen.
- 16 Het betreft een lucht/brandstofverhouding zoals toegepast bij drukge vulde gasmotoren, uitgelegd in bijlage 1.4.

- 5 IPCC, 2006: 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 5 Waste. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme. IGES, Japan.
- 6 Ministerie VROM, Protocol 8136 Afvalwater ten behoeve van NIR 2008, uitgave maart 2008, 6B: CH₄ en N₂O uit Afvalwater
- 7 STOWA-rapport 2010-08, Emissies van broeikasgassen op rwzi's
- 8 STOWA-rapport 2012-20, Emissie broeikasgassen vanuit rwzi's
- 9 TNO-rapport, R2004/486, Methaan- en lachgasemissies vanuit afvalwater
- 10 UNSCCC Guidance 2006, chapter 6, table 6.2, page 6.12

3.2 KOOLZUURGAS (CO₂) [3]

Koolzuurgas wordt gevormd bij de oxidatie van organische stoffen. Op een rwzi gebeurt dit zowel in de water- als de sliblijn. In de waterlijn wordt organische stof op biologische wijze onder toevoeging van luchtzuurstof omgezet in CO₂. In de sliblijn gebeurt dit door de vorming van biogas (dat voor circa 35% bestaat uit CO₂) en vervolgens door verbranding van biogas in gastoestellen (WKK, warmwaterketel, CV-ketel en fakkel). In gastoestellen wordt de CH₄ van het biogas omgezet in CO₂.

Voor de waterlijn kan aan de hand van een CZV-balans worden vastgesteld hoeveel CZV is verwijderd en omgezet naar CO₂.

De volgende vergelijking kan worden opgesteld:

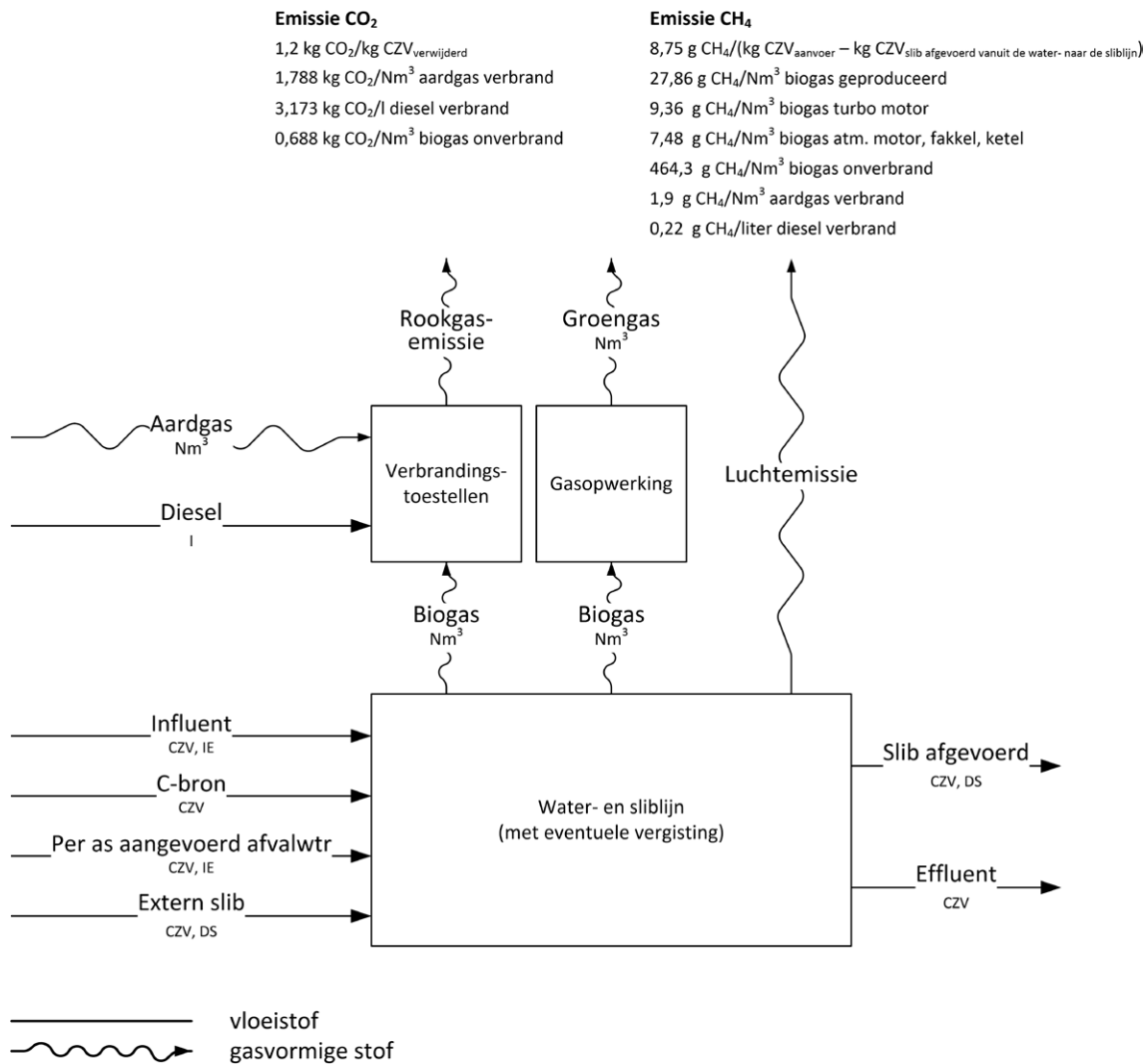
$$CZV_{\text{verwijderd}} = CZV_{\text{influent}} + CZV_{\text{extern slib aangevoerd}} + CZV_{\text{afvalwater per as aangevoerd}}^{17} + CZV_{\text{C-bron}} - CZV_{\text{slib afgevoerd}} - CZV_{\text{effluent}}$$

De verwijderde CZV wordt omgezet in CO₂. Is de rwzi voorzien van een slibgisting, dan wordt een deel van het slib eerst omgezet in biogas en vervolgens in de verbrandingstoestellen in CO₂. Is de rwzi niet voorzien van een slibgisting dan blijft er méér slibdrogestof over.

Wanneer in de verbrandingstoestellen ook nog aardgas en bijvoorbeeld diesel wordt gebruikt dan tellen deze uiteraard ook mee voor het berekenen van de CO₂-uitstoot.

In de volgende figuur is een en ander geschematiseerd. In het schema zijn voor CO₂ en CH₄ de emissiefactoren weergegeven.

17 Als de afvalwaterhoeveelheid, die aangevoerd is per as, opgenomen is in de debietmeting van het aangevoerde ruwe afvalwater, dan hoeft het betreffende afvalwater uiteraard niet in beschouwing te worden genomen in de vergelijking.



CONVERSIE VAN ODS IN CZV

Indien CZV_{slib} niet gemeten is maar de gloeirest van het slib wel, kan hieruit het organische drogestofgehalte (ODS) bepaald worden. De ODS kan direct worden omgerekend naar CZV_{slib} door deze te vermenigvuldigen met 1,4.

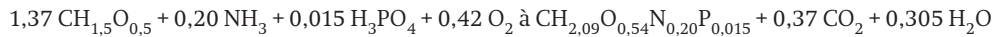
De CZV_{slib} is van het slib dat bijvoorbeeld afgevoerd wordt naar een externe verwerker.

ONDERBOUWING CONVERSIEFACTOR CZV NAAR CO₂ EN VAN ODS NAAR CZV

De omzetting van CZV naar CO₂ met de factor 1,2 kan op een tweetal manieren worden berekend.

- Op basis van de TOC (Totale Organisch Koolstof) met de veronderstelling dat al het organische koolstof wordt omgezet in koolstofdioxide. Uit het STOWA-rapport 98-02 is bekend dat de verhouding CZV/TOC gelijk is met 3,0 plusminus 0,5. Dus TOC = 0,3333 * CZV. Om van TOC over te gaan naar CO₂ moet de TOC vermenigvuldigd worden met 44/12. Dus de omrekeningsfactor van CZV naar CO₂ wordt dan 0,333*44/12 = 1,22 * CZV;
- Op basis van de CZV-omzetting van de bruto-formule van het binnenkomende organisch materiaal welke is gelijkgesteld aan de bruto-formule van de biomassa.

Uit reactie R₃ biomassavorming van het rapport Rwzi 2000-rapportnummer 94-08: "Modelvorming en optimalisatie van biologische defosfatering van Afvalwater" volgt:



Biomassa heeft dus de volgende bruto-formule: $\text{CH}_{2,09}\text{O}_{0,54}\text{N}_{0,20}\text{P}_{0,015}$.

De combinatie van de gegevens uit het Rwzi 2000 rapport (nummer 94-08) en de NEN-norm 6633 levert de volgende reactie op voor de CZV-bepaling van biomassa:



Indien wordt aangenomen dat de CZV van ruw afvalwater in samenstelling overeenkomt met die van biomassa kunnen twee verhoudingen worden bepaald:

- 1 verhouding CO₂ ten opzichte van CZV.
Bij de omzetting van het organisch materiaal wordt bij iedere mol zuurstof, (5/5,60625) mol CO₂ gevormd. Dus 1 kg zuurstof wordt omgezet naar (5/5,60625)*(44/32)= 1,226 kg CO₂.
Dus de berekening wordt (op basis van significante cijfers) CO₂=1,2 * CZV
- 2 verhouding organische droge stof (ODS) ten opzichte van CZV.
Molmassa $\text{C}_5\text{H}_{10,45}\text{O}_{2,70}\text{NP}_{0,075} = 130$ gram
Molmassa 5,60625 O₂ = 179,4 gram. Dus 1 kg organische droge stof (ODS) wordt omgezet met 1,38 (=179,4/130) kg zuurstof (CZV). Daaruit volgt dat (op basis van significante cijfers):
CZV = 1,4 * ODS

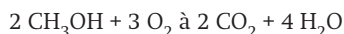
Zowel op basis van de TOC als de bruto biomassa formule wordt eenzelfde omrekeningsfactor van CZV naar CO₂ berekend, namelijk 1,2.

CO₂-EMISSION TEN GEVOLGE VAN DE DOSERING VAN EEN C-BRON

Op sommige rwzi's wordt een C-bron gedoseerd. De reden daarvoor is het bewerkstelligen van een vergaande denitrificatie en het reguliere afvalwater onvoldoende afbreekbare organische stof bevat. Dit is vaker het geval bij rwzi's die uitgevoerd zijn met een voorbezinktank (waarin een deel van de aangevoerde organische stof wordt afgevoerd als primair slib). Voorbeelden van C-bronnen zijn: methanol, ethanol, glycerine, azijnzuur en suikeroplossingen. Wanneer een C-bron wordt gedoseerd wordt een deel, zoals bedoeld, gebruikt voor dissimilatieve denitrificatie. Een (klein) deel van de C-bron zal gebruikt worden voor de assimilatie, wat gepaard gaat met de vorming van actiefslib.

In de CZV-balans dient de C-bron verdisconteerd te worden.

Als voorbeeld is hieronder de reactievergelijking weergegeven voor methanol:



waarbij per mol CH₃OH 1 mol koolzuurgas wordt gevormd. Per kg 100%-ige methanol wordt dus 1,375 kg CO₂ gevormd. De CZV-waarde van methanol is 1,5 kg O₂/kg die in de balans meegenomen dient te worden tenzij deze al verwerkt is in de CZV_{influent}.

In de volgende tabel zijn de kenmerken van enkele ander C-bronnen weergegeven.

Stof		O ₂ -verbruik (CZV-waarde)		CO ₂ -emissiefactor		Oxidatieve reactievergelijking
naam	brutoformule	in mol O ₂ per mol stof	g O ₂ per g stof	mol CO ₂ per mol stof	g CO ₂ per g stof	
methanol	CH ₄ O	1,5	1,50	1	1,375	2 CH ₄ O + 3 O ₂ → 2 CO ₂ + 4 H ₂ O
ethanol	C ₂ H ₆ O ₂	2,5	1,29	2	1,42	2 C ₂ H ₆ O ₂ + 5 O ₂ → 4 CO ₂ + 6 H ₂ O
azijnzuur	C ₂ H ₄ O ₂	2	1,07	2	1,47	C ₂ H ₄ O ₂ + 2 O ₂ → 2 CO ₂ + 2 H ₂ O
glycol	C ₃ H ₈ O ₃	3,5	1,22	3	1,43	2 C ₃ H ₈ O ₃ + 7 O ₂ → 6 CO ₂ + 8 H ₂ O

CO₂-EMISSION TEN GEVOLGE VAN DE VERBRANDING VAN BIO-, AARDGAS EN DIESEL

De CO₂ emissie als gevolg van verbranding wordt berekend op basis van totaal biogasverbruik (Nm³/jaar), aardgasverbruik (Nm³ ae/jaar) en dieselverbruik (kg/jaar). De CO₂-emissie van biogas is bij de hiervoor gepresenteerde berekening al inbegrepen (uitgaande van ingaande CZV-stromen (ruw afwater, externe CZV bronnen) en uitgaande CZV-stromen (afgevoerd uitgestig slib in geval een rwzi met vergister alsmede CZV effluent).

In de volgende tabel zijn de CO₂-emissiefactoren evenals de CZV-waarden vermeld voor veel gebruikte brandstoffen op rwzi's. Deze zijn gebaseerd op informatie uit de volgende literatuurbron:

Vreuls, H.H.J., Zijlema, P.J. 2013. Nederlandse lijst van energiedragers en standaard CO₂-emissiefactoren, versie februari 2013. AgentschapNL (RVO-tabel).

	Energie-inhoud	CZV per eenheid	CO ₂ -emissiefactor
Aardgas	31,65 MJ/Nm ³	2.283 g CZV/Nm ³ bij 25 °C	1,788 kg/Nm ³
Gas-/dieselolie	42,7 MJ/kg	3,46 kg CZV/kg of 2,91 kg CZV/l	3,173 kg/kg of 2,67 kg/l bij een s.g. van 0,84 kg/l
Rwzi biogas	23,3 MJ/Nm ³	gebaseerd op cetane (C ₁₆ H ₃₄) 1.857 g CZV per Nm ³	1,962 kg/Nm ³ (inclusief het reeds aanwezige CO ₂)

WANNEER WORDT DE CO₂-DREMPELWAARDE Overschreden

De CO₂-emissie is relevant voor de i-PRTR wanneer de drempel van 100.000 kg/j wordt overschreden. Bij overschrijding dient de CO₂-emissie gerapporteerd te worden.

Een drempel van 100.000 kg CO₂/j komt overeen met 100.000 * 12/44 = 27.273 kg C/j. Stel dat alle C in het influent wordt omgezet in CO₂. De O₂-behoefte van de geoxideerde C is dan 2,67 g O₂ (ofte wel CZV). 27.273 kg C gebruikt dan 72.819 kg O₂ (= CZV). Omgerekend is dat 199,50 kg CZV per dag. Het CZV-aandeel in de IE₁₅₀-formule bedraagt 104 g/d. Een vracht van 199,5 kg CZV/d komt dan overeen met 1.918 IE_{150wb}. Conclusie is dat vrijwel alle rwzi's de CO₂-drempelwaarde overschrijden. De exacte CO₂-emissie kan met de voorgaande gegeven methode bepaald worden.

CO₂-EMISSION BRANDSTOFFEN

in het voorgaande is de totale CO₂-emissie, die bij een zuivering emitteert, uitgewerkt. De CO₂-emissie die ontstaat als gevolg van de omzetting van biogas is in de berekening verdisconteerd. Het e-MJV vraagt ook de emissie van CO₂ per afzonderlijke verbrandingsinstallatie (WKK, fakkelt, etc.) op te geven (zogenaamde verbrandingsemissie). Deze wordt met behulp van de RWZI-rekentool v2015 berekend uit de hoeveelheid brandstof, die in het gegeven apparaat verstoekt wordt, te vermenigvuldigen met de betreffende emissiefactor (afkomstig uit de RVO-tabel). In de RWZI-rekentool v2015 wordt de CO₂-emissiefactor voor RWZI-biogas niet gebruikt. Reden daarvoor is dat in de RWZI-rekentool v2015 de CO₂- en CH₄-component apart worden beschouwd.

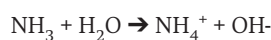
3.3 AMMONIAK (NH₃) [6]

3.3.1 AMMONIA EMISSIE WATERLIJN

Communaal afvalwater bevat stikstofverbindingen. Het organische (N-org) en anorganisch (NH₄⁺-N) gehalte wordt uitgedrukt in N-kjeldahl. De concentratie daarvan bedraagt in het influent doorgaans circa 50 mg/l en verschilt van rwzi tot rwzi. Over het algemeen bevat influent nauwelijks NO₃⁻-N of NO₂⁻-N.

In de huidige generatie rwzi's wordt in de actiefslibtanks een aanzienlijk deel van de stikstof door nitrificatie en denitrificatie verwijderd. Dit wordt bereikt door het inrichten van oxische en anoxische zones. Een klein deel van de stikstof wordt gebruikt voor de assimilatie van actief slib.

Stel dat het NH₄-N-gehalte in het effluent van de meeste rwzi circa 10 mg/l is. Aangezien de gemiddelde hydraulische verblijftijd van communaal afvalwater in een rwzi 2 tot 3 dagen is en het zuiveringsproces gekenmerkt wordt door circulatie van processtromen kan de waterfase van nabezinktanks en een aëratietank beschouwd worden als een *complete mixed reactor*. Daardoor is de maximaal te verwachten NH₄-N-concentratie in de aëratietank ook 10 mg/l. Afhankelijk van de heersende pH zal een groter of kleiner deel van de NH₄-N voorkomen in de vorm van NH₃-N (ammoniak) volgens het chemische evenwicht:



Het evenwicht wordt beschreven met de dissociatieconstante Kb.

$$K_b = \frac{([\text{NH}_4^+\text{-N}] * [\text{OH}^-])}{[\text{N-NH}_3\text{-N}]}$$

waarbij [NH₃-N] is gelijk aan $\frac{([\text{NH}_4^+\text{-N}] * [\text{OH}^-])}{K_b}$

De Kb is afhankelijk van pH en temperatuur.

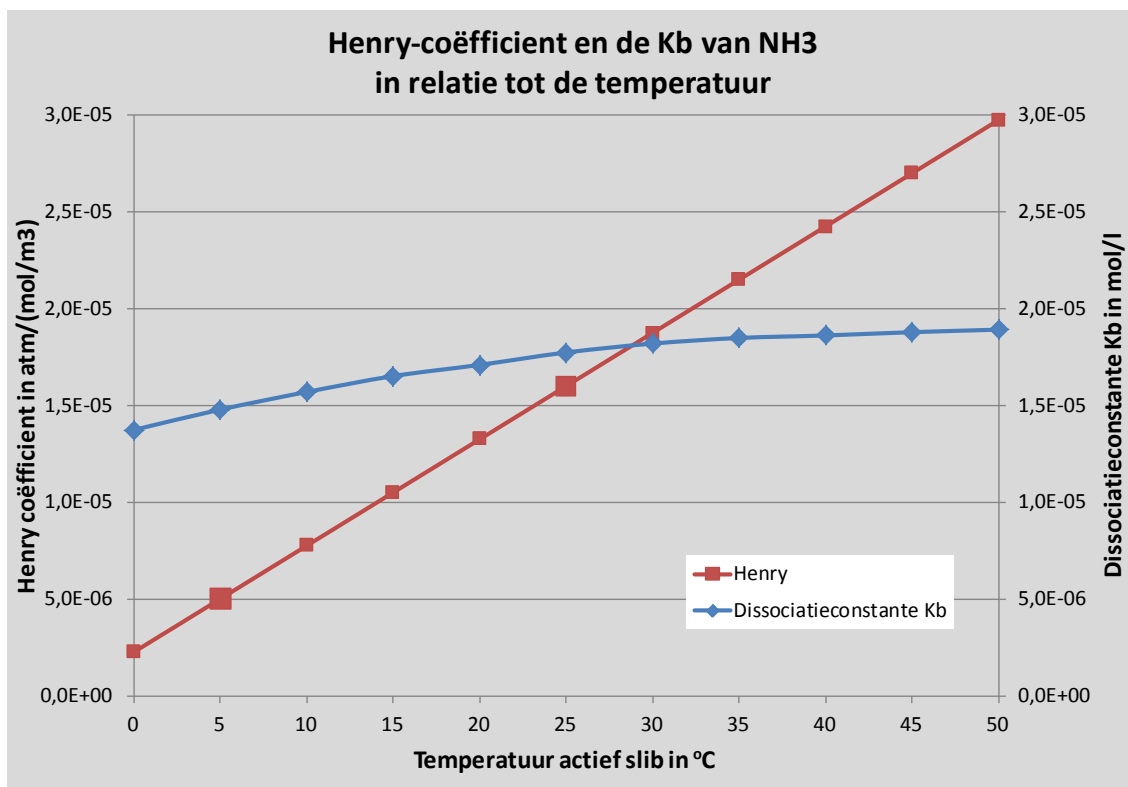
Door het beluchtingsproces zal een deel van het NH₃ overgaan van de water- naar de luchtfase en vervolgens worden geëmitteerd. Ook de temperatuur speelt hierin een rol.

Het evenwicht van NH₃ in de waterfase ten opzichte van de luchtfase wordt beschreven met de wet van Henry.

De volgende tabel bevat een overzicht van de constanten/coëfficiënten voor NH₃.

Temperatuur °C	pKb (= -log(Kb))	Kb ¹⁸ NH ₃ /NH ₄ ⁺ mol/l	Henry's law constant (HLC) atm/(mol/m ³)	Dimensionless Henry's law constant (HN) (mol/m ³)/(mol/m ³)	Literatuur Henry-coëfficiënt
0	4,862	1,374E-05	2,263E-06	9,28E-05	geëxtrapoleerd
5	4,830	1,479E-05	5,010E-06	2,05E-04	Brimblecombe and Dawson, 1984
10	4,804	1,570E-05	7,758E-06	3,18E-04	geïnterpoleerd
15	4,782	1,652E-05	1,051E-05	4,31E-04	geïnterpoleerd
20	4,767	1,710E-05	1,325E-05	5,43E-04	geïnterpoleerd
25	4,751	1,774E-05	1,600E-05	6,56E-04	Yoo et al, 1986
30	4,740	1,820E-05	1,875E-05	7,69E-04	geëxtrapoleerd
35	4,733	1,849E-05	2,150E-05	8,81E-04	geëxtrapoleerd
40	4,730	1,862E-05	2,424E-05	9,94E-04	geëxtrapoleerd
45	4,726	1,879E-05	2,699E-05	1,11E-03	geëxtrapoleerd
50	4,723	1,892E-05	2,974E-05	1,22E-03	geëxtrapoleerd

De constanten /coëfficiënten zijn in de volgende grafiek grafisch weergegeven waarin de afhankelijkheid van de temperatuur te zien is.



Wanneer de volgende uitgangspunten worden gehanteerd:

Uitgangspunt	eenheid	waarde
NH ₄ ⁺ -N + NH ₃ -N-gehalte in aëratietank	mg/l	10 ¹⁹
NH ₄ ⁺ -N + NH ₃ -N-gehalte in aëratietank	mmol/l	0,714
temperatuur in aëratietank	°C	15
zuurgraad (pH) in aëratietank	-log(H ⁺)	7,5
zuurgraad (pOH) in aëratietank	-log(OH ⁺)	6,5

en als rekenvoorbeeld de situatie van de rwzi Bath wordt genomen (weergegeven in de volgende tabel).

Specificaties en kenmerken beluchting rwzi Bath (waarbij uitgegaan is van de gemiddelden waarden van de jaren 2009 en 2010)	eenheid	waarde
belasting van de rwzi Bath	IE _{150wb}	431.905
jaardebiet influent	m ³ /j	39.316.405
energieverbruik tbv beluchtingsproces	kWh/j	2.373.475
hoeveelheid ingebrachte AT-perslucht	Nm ³ /j	132.184.000
specifieke luchthoeveelheid	Nm ³ /kWh	56
specifieke luchthoeveelheid	Nm ³ /IE _{150wb} /j	307
specifieke luchthoeveelheid	Nm ³ /m ³ influent	3,4

19 Het betreft een worst case benadering. Voor de meeste (grote) rwzi's geldt een lozingseis van 10 mg N_{tot} per liter. N_{tot} bestaat daarbij uit de optelsom van N_{organisch}, NO₃-N, NO₂-N en NH₄⁺-N.

Dit levert de volgende rekenresultaten op bij een NH_4/NH_3 -evenwicht in de waterfase:

Parameter	eenheid	waarde
concentratie hydroxyl-ionen $[\text{OH}^-]$	mmol/l	3,16E-07
dissociatieconstante K_b bij uitgangstemperatuur	-	1,65E-05
$\text{N-NH}_3/\text{N-NH}_4^+$	-	1,91E-02

In de som van $\text{NH}_4^+\text{-N} + \text{NH}_3\text{-N}$ kan $\text{NH}_3\text{-N}$ worden vervangen door $\text{NH}_4^+\text{-N} * 1,91\text{E-}02$.

De balans wordt dan als volgt $\text{NH}_4^+\text{-N} + \text{NH}_4^+\text{-N} * 1,91\text{E-}02$ is gelijk aan 0,714 mmol/l (uitgaande van 10 mg/l). Met andere woorden $(1+1,91\text{E-}02) * \text{NH}_4^+\text{-N}$ is gelijk aan 0,714 mmol/l, waaruit de volgende rekenresultaten volgen:

Parameter	eenheid	waarde
$\text{NH}_4^+\text{-N}$ in waterfase	mmol/l	7,01E-01
$\text{NH}_3\text{-N}$ in waterfase	mmol/l	1,34E-02
$\text{NH}_3\text{-N}$ in waterfase	mg/l	1,88E-01
$\text{NH}_3\text{-N}$ in waterfase	mg/m ³	1,88E+02

Ervan uitgaande dat er een evenwicht is tussen de NH_3 -concentratie in de water- en luchtfase kan de onderstaande berekening worden opgesteld:

Parameter	eenheid	waarde
$\text{HN} = \text{Dimensionless Henry's law constante voor } \text{NH}_3 \text{ bij de gegeven temperatuur}$	-	4,31E-04
$\text{NH}_3\text{-N}$ in de luchtfase	mg/Nm ³	8,09E-02
$\text{NH}_3\text{-N}$ -emissie voor de rwzi Bath	mg/j	1,07E+07
$\text{NH}_3\text{-N}$ -emissie voor de rwzi Bath	kg/j	10,69
$\text{NH}_3\text{-N}$ -emissiefactor	mg $\text{NH}_3\text{-N}/\text{IE}_{150\text{wb}}/\text{j}$	2,476E+01

Wanneer de belasting groter is dan $403,9 * \text{E}6 \text{ IE}_{150\text{wb}}$ wordt de drempel van 10.000 kg $\text{NH}_3\text{-N}/\text{j}$ overschreden. Het komt erop neer dat het zeer onwaarschijnlijk is dat met NH_3 -emissies uit de waterlijn de drempelwaarde wordt overschreden.

3.3.2 AMMONIA EMISSIE SLIBLIJN

De vraag is of in de sliblijn wel een substantiële NH_3 -emissie voor kan komen. Vooral vergist slib en rejectiewater (water afkomstig van een slibontwatering van vergist slib, waarin de stikstof voorkomt in hoge $\text{NH}_4\text{-N}$ -concentraties bij een temperatuur van boven de 30 °C en een pH van 7,5) lijkt hierin een potentiële emissiebron.

Om deze reden is een analoge evenwichtsberekening uitgevoerd voor NH_4/NH_3 in een slibgisting. Daarbij zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

Uitgangspunt	eenheid	Waarde
$\text{NH}_4^+\text{-N} + \text{N-NH}_3$ -gehalte in slibgisting	mg/l	2.000
$\text{NH}_4^+\text{-N} + \text{N-NH}_3$ -gehalte in slibgisting	mmol/l	142,86
temperatuur in slibgisting	°C	37
zuurgraad (pH) in slibgisting	$-\log(\text{H}^+)$	7,5
zuurgraad (pOH) in slibgisting	$-\log(\text{OH}^+)$	6,5

Uitgaande van de dissociatie- en Henry constante levert dit de volgende rekenresultaten op:

NH ₃ -N in vloeistoffase	mmol/l	2,4
NH ₃ -N in vloeistoffase	mg/l	33,6
NH ₃ -N in vloeistoffase	mg/m ³	33.600
NH ₃ -N in gasfase	mg/Nm ³ biogas	29,6
NH ₃ -N in gasfase	ppm	39

De emissie bedraagt 29,6 mg NH₃-N per Nm³ biogas, die voor 65% bestaat uit CH₄ en geldt zowel voor het biogas dat ontwijkt in de slibgisting als biogas dat ontwijkt uit procesonderdelen na de slibgisting (slibindikkers en buffers).

Het meeste biogas wordt gecontroleerd opgevangen en nuttig aangewend (in een WKK). Slechts een klein deel zal ongecontroleerd ontwijken via de slibindikkers en slibbuffers. Slibindikkers zijn meestal afgedekt en de vrijkomende gassen uit het slib worden afgevoerd naar de luchtzuivering, meestal bestaande uit bijvoorbeeld een compostfilter of een luchtfilter.

In bijlage 3.1 is de CH₄-emissie van rwzi's, uitgerust met een slibgisting, berekend. De emissie heeft betrekking op onderdelen uit de sliblijn (slibindikkers en buffers). Deze waarde is hierna gebruikt om de NH₃-emissie vanuit de sliblijn te berekenen.

De NH₃-N emissiefactor bedraagt 29,6 mg NH₃-N/Nm³ biogas. Dit is 29,6 mg NH₃-N per 464,3 g CH₄ (bijlage 1.3) oftewel 63,8 mg NH₃-N per kg CH₄. Het merendeel van het biogas wordt verbrand in onder andere WKK's. In de verbrandingstoestellen wordt het NH₃-N geoxideerd. Daarom is alleen de NH₃-N relevant die met het biogas vanuit de slibindikkers en slibbuffers geëmitteerd wordt. Overigens zal ook daarvan een deel verwijderd worden omdat de meeste slibindikkers zijn afgedekt en de afgezogen ventilatielucht wordt gezuiverd in biofilters. In de biofilters zal een deel van de NH₃-N worden opgenomen in de waterfase van het filter en vervolgens biologisch worden geoxideerd. In onderstaande berekeningswijze is met een mogelijke verwijdering in luchtfilters geen rekening gehouden. Bovendien is de temperatuur in slibindikkers en slibbuffers geen 37°C maar veel lager. Bij 25°C bedraagt de specifieke NH₃-emissie 23 mg en bij 20°C 19,7 mg NH₃-N/Nm³ biogas. Omdat de temperaturen van geval tot geval kunnen verschillen en een deel van het NH₃-N geoxideerd wordt in het biofilter betreft de emissiefactor 29,6 mg NH₃-N/Nm³ biogas een *worst case* benadering.

De CH₄-emissiefactor voor de sliblijn bedraagt 27,86 g CH₄/Nm³ biogas (bijlage 3.1). Derhalve bedraagt de NH₃-N-emissie vanuit de sliblijn $29,6 \cdot 27,86 / 463,3 = 1,79$ mg NH₃-N/Nm³ biogas, oftewel $5,83 \cdot 1,79 = 10,4$ mg NH₃-N/IE_{150wb} per jaar.

De NH₃-N-emissie uit de waterlijn bedraagt 24,8 mg NH₃-N/IE_{150wb} per jaar.

Vanuit een sliblijn, lees 'vergist slibindikker of andere procesonderdelen waarin vergist slib wordt gebufferd dan wel behandeld', is dus de NH₃-N-emissie ongeveer 2,5 x zo laag als die van de waterlijn.

Ook wanneer op een rwzi forse hoeveelheden slib van andere rwzi's wordt verwerkt, zal dit slechts een geringe invloed hebben op de NH₃-emissie.

De specifieke emissiefactor voor een rwzi die het eigen slib volledig verwerkt in de slibgisting bedraagt $24,8 + 10,4 = 35,2$ mg NH₃-N/IE_{150wb}/j.

Gezien de i-PRTR-drempel van 10.000 kg NH₃-N per jaar, zal deze pas bij een belasting van 284^E6 IE_{150wb} worden overschreden. De kans op overschrijding van de drempelwaarde is nihil.

Rwzi's waar slib wordt vergist van andere rwzi's hebben weliswaar een grotere $\text{NH}_3\text{-N}$ -emissie, maar ook in die gevallen zal de PRTR-drempelwaarde niet worden overschreden.

Sommige rwzi's zijn uitgerust met processen zoals DEMON, SHARON en ANAMMOX. De verwachting is dat door deze processen de NH_3 -emissie, zoals hier bepaald, maar voor een klein deel wordt beïnvloed. Om deze reden zijn de NH_3 -emissies van deze reactor types niet nader uitgewerkt.

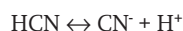
3.4 BLAUWZUUR (HCN) [85]

Communaal afvalwater kan zeer kleine hoeveelheden cyanide bevatten. Afhankelijk van de pH is het aandeel ongedissocieerde HCN meer of minder groot. In een aëratietank kan een deel van de ongedissocieerde HCN met de lucht ontwijken.

In de PRTR-programma's van 2007 en 2011 (STOWA-rapporten 2010-W07 en 2013-W01) is de concentratie van cyanide (in CN^-) gemeten. Samengevat zijn de resultaten van het PRTR-monitoringsprogramma 2007 als volgt. Het gemiddeld gehalte in het influent van de rwzi's Eindhoven en Bath op basis van vijf waarnemingen is $11,7 \mu\text{g/l}$. Het effluent van de rwzi's Eindhoven en Bath bevat gemiddeld over 12 waarnemingen $5,2 \mu\text{g/l}$. Het gemiddeld gehalte van alle effluentmonsters (36 waarnemingen van 6 rwzi's) bedraagt $4,7 \mu\text{g/l}$. In het kader van het PRTR-monitoringsonderzoek 2011/2012 zijn 36 waarnemingen bekend met een gemiddeld CN^- -gehalte van $1,5 \mu\text{g/l}$.

Voor de navolgende berekeningen is uitgegaan van het rekenkundige gemiddelde van $3,1 \mu\text{g/l}$. Dit komt overeen met $1,19\text{E-}4 \text{ mmol/l}$.

De chemische evenwichtsreactie van HCN en CN^- in water verloopt volgens de volgende reactie:



Afhankelijk van de heersende pH zal een groter of kleiner deel van HCN voorkomen in de vorm van CN^- .

Het evenwicht wordt beschreven met de dissociatieconstante K_a .

$$K_a = \frac{[\text{H}^+] \cdot [\text{CN}^-]}{[\text{HCN}]}$$

$$K_a = 4,0\text{E-}10$$

$$\text{waarbij } [\text{HCN}] \text{ is gelijk aan: } ([\text{H}^+] \cdot 1,19\text{E-}4) / 4,0\text{E-}10$$

Voor de heersende pH in een aëratietank is een pH van 7,5 aangehouden.²⁰

Uit praktijkwaarnemingen blijkt dat een pH van 7,5 worst case situatie betreft.

De concentratie $[\text{H}^+]$ is dan gelijk aan:

$$-\log(\text{pH}) = -\log(7,5) = 3,16\text{E-}8 \text{ mmol/l}$$

Waardoor het mogelijk is om de concentratie ongedissocieerde HCN te berekenen:

$$[\text{HCN}] = 9,38\text{E-}3 \text{ mmol/l}$$

oftewel

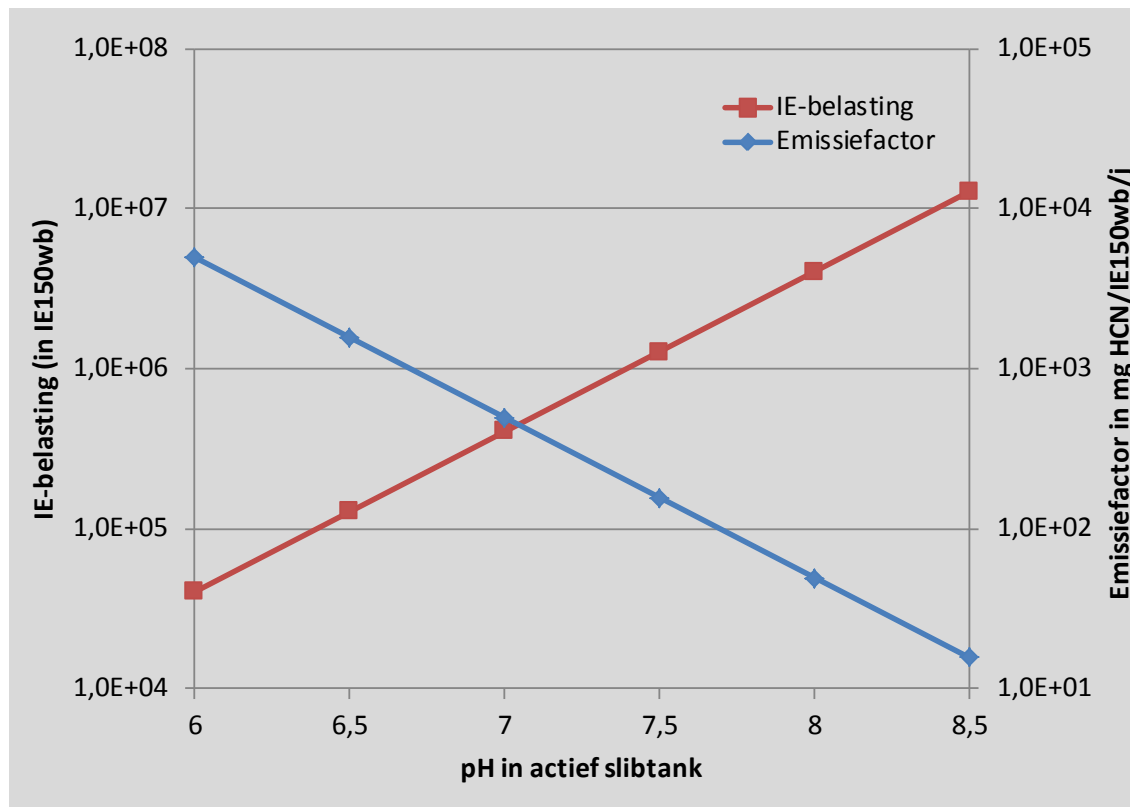
$$0,244 \text{ mg/m}^3 \text{ is gelijk aan } 0,244 \mu\text{g/l}$$

²⁰ Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard alsmede waterschap Vallei en Veluwe hebben pH-waarnemingen verstrekt die betrekking hebben op effluent van rwzi's (kalenderjaar 2013). Deze blijken voor hun rwzi's te variëren tussen 7,8 en 8,0.

De dimensieloze Henry constante voor HCN is: 2,094 (-)
 Het gehalte in de luchtfase is dan: $0,244 * 2,094 = 0,511 \text{ mg/Nm}^3$
 Specifiek persluchthoeveelheid: $307 \text{ Nm}^3/\text{IE}_{150\text{wb}}/\text{j}$
 De specifieke HCN-emissie (= emissiefactor) is dan: $307 * 0,511 = 157 \text{ mg}/\text{IE}_{150\text{wb}}/\text{j}$
 Een i-PRTR-drempelwaarde van 200 kg/j wordt overschreden wanneer de rwzi belast wordt met meer dan $200\text{E}6/157 = 1,27 \text{ miljoen IE}_{150\text{wb}}$

De kans op overschrijding van de gegeven drempelwaarde is gering. In de volgende figuur is de relatie tussen pH (van het effluent) en de HCN-emissie weergegeven.

FIGUUR RELATIE TUSSEN HCN-EMISSION EN PH IN EEN RWZI



3.5 NUMMERS [26, 28, 29, 33, 34, 35, 36, 39, 41, 42, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 68, 70, 72, 72.1, 72.2, 72.3, 72.4, 73, 90, 91]

In afvalwaterzuiveringsinrichtingen kunnen opgeloste stoffen emitteren naar de lucht door strippen. De mate waarin een opgeloste stof vervluchtigt, hangt af van de dampspanning van deze stof. Hoe hoger de dampspanning, des te groter het effect van strippen. De dampspanning wordt vaak uitgedrukt in de dimensieloze Henry constante en weergegeven met H, HN of soms m.

In bijlage 7 is een methode uitgewerkt, waarmee de mate van strippen in een aëratietank geschat kan worden met behulp van de Henry-constante, een gegeven luchtdebiet en de stofconcentratie in de waterfase. Hierbij wordt aangenomen dat alle lucht, die door de beluchters in het aëratiebassin gebracht wordt, verzadigd het bassin verlaat. Dat wil zeggen dat de uitredende lucht in evenwicht is met de hoeveelheid vluchtige stof die in het water aanwezig is. Eventuele verdamping aan het oppervlak wordt niet mee gerekend. Met behulp van de bere-

keningsmethode kan het stripverlies geschat worden in die aëratiebassins, op voorwaarde dat het luchtdebiet exact bekend is. Om deze reden geldt de methode in principe alleen voor bellenbeluchting. In bijlage 7 zijn rekenvoorbeelden gegeven voor naftaleen [68] en DEHP [70]. Deze methode is toegepast op 38 i-PRTR-parameters.

In de navolgende paragrafen is per stof aangegeven op welke wijze informatie is achterhaald alsmede de concentratie waarmee gerekend wordt.

In veel gevallen wordt daarbij gerefereerd aan het PRTR-monitoringsprogramma 2007. Opgemerkt wordt dat van de effluentmonsters van het PRTR-monitoringsprogramma 2007 alsmede het monitoringsprogramma uitgevoerd in 2011/2012 het gehele monster in bewerking is genomen. Dit betekent dat niet alleen stoffen in de waterfase zijn 'mee'-geanalyseerd maar ook stoffen gehecht aan de suspended solids-fractie, die nog in het effluent aanwezig was. Daarom kunnen concentraties gebaseerd op luchtgerelateerde emissieberekeningen afkomstig van het PRTR-monitoringsprogramma's beschouwd kunnen worden als een *worst case* situatie.

Eventuele vermelde achtergrondinformatie over de betreffende stoffen is afkomstig uit de rapporten:

- STOWA 2007-W10 E-PRTR voor rwzi's
- STOWA 2010-04 Bodembescherming op rwzi's
- STOWA 2010-W07 Emissie onderzoek op een zestal rwzi's in het kader van de EPRTR
- STOWA 2009-30 Krw- en e-prtr-stoffen in influent en effluent van rwzi's
- STOWA 2013-W01 Watergerelateerde emissies vanuit rwzi's in het kader van de i-PRTR

ALDRIN [26]

Aldrin wordt genoemd in bijlage III van het rapport STOWA 2007-W10 met een achttal waarnemingen in de Watson-database (influent). Alle waarnemingen zijn kleiner dan de rapportagegrens (RG). Tevens komt aldrin voor in rapport STOWA 2009-30, pagina 34, met acht metingen in het influent en een gemiddelde concentratie van 0,0 mg/IE₁₃₆/j. 284 Waarnemingen hebben betrekking op het effluent, met een gemiddelde concentratie van 0,0 µg/l en 0,0 mg/IE₁₃₆/j. In het kader van het i-PRTR-monitoringsprogramma 2011/2012 is aldrin geanalyseerd in 36 effluentmonsters. Alle waarnemingen lagen onder de RG (0,01 µg/l). Voor de berekeningen is derhalve uitgegaan van 0 µg/l.

CHLOORDAAN [28]

In het kader van PRTR-monitoringsonderzoek uitgevoerd op een zestal rwzi's (rapport STOWA 2010-W07) blijkt dat chloordaan is gemeten in influent, slib en effluent van zes rwzi's. De concentratie ligt in alle 36 effluentmonster lager dan de RG (rapportagegrens 0,000076 µg/l). Tevens is chloordaan gemeten in 12 influent- en slibmonsters. Alle waarnemingen liggen lager dan de RG (7,8E-5 µg/l). Het gebruik van deze stof is sinds 2004 verboden. Voor de berekeningen is uitgegaan van 0 µg/l.

CHLOORDECON [29]

In het kader van PRTR-monitoringsonderzoek uitgevoerd op een zestal rwzi's (rapport STOWA 2010-W07) blijkt dat chloordecon gemeten is met 8 waarnemingen in influent en slib. 7 Waarnemingen zijn lager dan de RG en één waarneming hoger dan de RG (0,1 µg/l). Van het effluent zijn 36 chloordecon-waarnemingen bekend. Daarvan liggen 33 waarnemingen onder de RG. Het rekenkundig gemiddelde is 0,14 µg/l.

Voor de gemiddelde concentratie in het effluent wordt uitgegaan van 0,14 µg/l.

DDT [33]

In het rapport STOWA 2009-30 zijn 24 waarnemingen in het influent gemeld. Alle waarnemingen liggen onder de RG. Van het effluent zijn 302 DDT-waarnemingen bekend, waarvan er vier boven de RG liggen. Voor de berekeningen is derhalve uitgegaan van 0 µg/l.

1,2-DICHLOROETHAAN (EDC) [34]

DCE is relatief goed oplosbaar in water en matig vluchtig en hecht zich redelijk aan slib.

DCE is met 236 metingen in effluent, waarvan geen één hoger dan de RG, vermeld in STOWA-rapport 2009-30. De gemiddelde concentratie is 0,0 µg/l waarmee de luchtgerelateerde emissie berekend is.

DICHLORMETHAAN (DCM) [35]

DCM is relatief goed oplosbaar in water en relatief vluchtig. Metingen in influent zijn niet bekend. In het rapport STOWA 2009-30 zijn 176 metingen in het effluent gemeld waarvan 10 waarnemingen hoger zijn dan de rapportagegrens. Voor de berekeningen is uitgegaan van 0 µg/l.

DIELDRIN [36]

Diendrin is slecht oplosbaar in water, niet vluchtig en hoopt gemakkelijk op in slib. In het rapport STOWA 2009-30 zijn 284 metingen in het effluent gemeld met een gemiddelde concentratie van 0 µg/l en 8 metingen in het influent met een concentratie van 0 µg/l. Ook van het PRTR-monitoringsprogramma 2011/2012 zijn waarnemingen bekend. In alle 36 waarnemingen in het effluent lag de concentratie onder de RG van 0,01 µg/l. Voor de berekeningen is daarom uitgegaan van 0 µg/l.

ENDRIN [39]

Endrin is slecht oplosbaar in water, niet vluchtig en hoopt gemakkelijk op in slib. In STOWA 2009-30 zijn 290 metingen in het effluent opgenomen met een gemiddelde concentratie van 0 µg/l en 8 metingen in het influent met een gemiddelde concentratie van 0 µg/l. De stof is ook meegenomen in het i-PRTR-monitoringsprogramma 2011/2012. In alle 36 waarnemingen in het effluent lag de concentratie onder de RG van 0,01 µg/l. Daarom is voor de berekeningen een concentratie opgenomen van 0 mg/l.

HEPTACHLOOR [41]

Heptachloor is slecht oplosbaar in water, niet vluchtig en hoopt gemakkelijk op in slib. In het rapport STOWA 2009-30 zijn 276 metingen in het effluent gemeld met een gemiddelde concentratie van 0 µg/l en 6 metingen in het influent met een concentratie van 0 µg/l. Heptachloor is ook gemeten in het i-PRTR-monitoringsprogramma 2011/2012. In alle 36 waarnemingen in het effluent lag de concentratie onder de RG van 0,01 µg/l. Voor de emissieberekeningen is daarom uitgegaan van een concentratie van 0 µg/l.

HEXACHLOORBENZEEN (HCB) [42]

Hexachloorbenzeen is slecht oplosbaar in water, niet vluchtig en hoopt gemakkelijk op in slib. In het rapport STOWA 2009-30 zijn 370 metingen in het effluent opgenomen met een gemiddelde concentratie van 0 µg/l en 14 metingen in het influent met een concentratie van 0 µg/l. Ook in het i-PRTR-monitoringsprogramma 2011/2012 is deze stof meegenomen. In alle 36 waarnemingen in het effluent lag de concentratie onder de RG van 0,01 µg/l.

1,2,3,4,5,6-HEXACHLOORCYCLOHEXAAN (HCH) α , β , γ [44]

HCH is slecht oplosbaar in water, niet vluchtig en hoopt gemakkelijk op in slib. In rapport STOWA 2009-30 zijn van HCH 76 metingen in effluent opgenomen. Daarvan zijn 68 waarnemingen hoger dan de RG. De gemiddelde concentratie in het effluent is 0,01 $\mu\text{g/l}$. Van het influent zijn 8 waarnemingen bekend, waarvan 4 hoger dan de RG (0,15 $\mu\text{g/l}$). De gemiddelde concentratie is 2,5 $\mu\text{g/l}$ in het influent.

In het kader van het PRTR-monitoringsprogramma 2007 (rapport STOWA 2010-W07) is HCH gemeten in influent, slib en effluent van een zestal rwzi's. Van de 4 waarnemingen in influent waren 2 waarnemingen hoger dan de RG (0,00015 $\mu\text{g/l}$). De gemiddelde concentratie in het influent bedraagt 0,0025 $\mu\text{g/l}$.

Van de 36 metingen in het effluent waren 34 waarnemingen boven de RG (0,0001 $\mu\text{g/l}$) en twee daaronder. Voor het effluent is een gemiddelde concentratie berekend van 0,01 $\mu\text{g/l}$.

De stof is wederom gemeten in het kader van het i-PRTR-monitoringsprogramma 2011/2012. In alle 36 waarnemingen in het effluent lag de concentratie onder de RG van 0,01 $\mu\text{g/l}$.

Voor de emissieberekeningen is uitgegaan van 0,01 $\mu\text{g/l}$.

LINDAAN (γ -HEXACHLOORCYCLOHEXAAN) [45]

Lindaan is slecht oplosbaar in water, niet vluchtig en hoopt gemakkelijk op in slib. Waarnemingen betreffende lindaan zijn gemeld in rapport STOWA 2009-30. Van de 526 waarnemingen in het effluent zijn er 290 boven de RG. Van het influent zijn 46 waarnemingen bekend, waarvan 36 hoger dan de RG.

De gemiddelde concentratie in het influent is 0,01 $\mu\text{g/l}$ en in het effluent 0,0 $\mu\text{g/l}$.

Lindaan is ook gemeten in het kader van een tweetal PRTR-monitoringsprogramma's. De resultaten van het eerste programma (2007) zijn gerapporteerd in het rapport STOWA 2010-W07. Er zijn 4 waarnemingen die betrekking hebben op influent. Daarvan ligt van 3 waarnemingen de concentratie onder de RG (0,00004 $\mu\text{g/l}$). De gemiddelde concentratie is 0,0015 $\mu\text{g/l}$. Van de 36 metingen in het effluent waren 30 waarnemingen boven de RG (0,0001 $\mu\text{g/l}$) en 6 daaronder. Voor het effluent is een gemiddelde concentratie berekend van 0,0042 $\mu\text{g/l}$.

De stof is wederom gemeten in het 2011/2012 i-PRTR-programma. In alle 36 waarnemingen in het effluent lag de concentratie onder de RG van 0,01 $\mu\text{g/l}$. Voor de emissieberekeningen is uitgegaan van 0,0042 $\mu\text{g/l}$.

MIREX [46]

Mirex is zeer slecht oplosbaar in water, niet vluchtig en hoopt gemakkelijk op in slib. Mirex is vermeld in rapport STOWA 2009-30. Er zijn 8 waarnemingen in het influent bekend en 72 waarnemingen in het effluent. Alle waarnemingen zijn lager dan de RG.

Mirex is voorts gemeten in het kader van het PRTR-monitoringsprogramma 2007. De resultaten hiervan zijn gerapporteerd in het rapport STOWA 2010-W07. Alle 18 waarnemingen in influent en slib waren lager dan de RG (gemiddelde RG: 0,048 ng/l). Alle 36 metingen in het effluent waren lager dan de RG (0,0001 $\mu\text{g/l}$). Voor het effluent is een gemiddelde concentratie berekend van 0,0 $\mu\text{g/l}$.

Voor de emissieberekeningen wordt uitgegaan van 0,0 $\mu\text{g/l}$.

PCDD + PCDF (DIOXINEN + FURANEN) ALS TEQ (10) [47]

Dioxinen en furanen zijn zeer slecht oplosbaar in water, weinig vluchtig en hopen gemakkelijk op in slib.

Dioxinen en furanen zijn gemeten in het kader van het PRTR-monitoringsprogramma 2007. De resultaten hiervan zijn gerapporteerd in het rapport STOWA 2010-W07. Alle 5 waarnemingen in het influent waren hoger dan de RG. De gemiddelde concentratie was 0,0015 ng/l.

Tevens zijn een viertal waarnemingen bekend van het slib. De gemiddelde concentratie daarvan is 0,139 ng/l.

Van het centraat van de slibverwerkingsinrichting Mierlo zijn een vijftal waarnemingen bekend met een gemiddelde van 0,00046 ng/l. Van de 36 effluentwaarnemingen waren vijf waarnemingen hoger dan de RG. Voor het effluent is een gemiddelde concentratie berekend van 0,022 ng/l. Voor de emissieberekeningen wordt derhalve uitgegaan van 0,022 ng/l.

PENTACHLOORBENZEEN [48]

Pentachloorbenzeen is slecht oplosbaar in water, niet vluchtig en hoopt gemakkelijk op in slib. In rapport STOWA 2009-30 worden 240 metingen in effluent en 6 metingen in het influent gemeld. Alle waarnemingen zijn lager dan de RG.

Pentachloorbenzeen is gemeten in het kader van het i-PRTR-monitoringsprogramma 2011/2012. Alle 36 metingen in het effluent waren lager dan de RG (0,01 µg/l). Voor het effluent is een gemiddelde concentratie berekend van 0,0 µg/l.

Voor de emissieberekeningen wordt uitgegaan van 0,0 µg/l.

PENTACHLOORFENOL (PCF = PCP) [49]

Pentachloorfenol is redelijk oplosbaar in water, niet vluchtig en hoopt gemakkelijk op in slib. Pentachloorfenol is met 368 metingen in effluent, waarvan 176 waarnemingen hoger dan de RG, vermeld in STOWA-rapport 2009-30. De gemiddelde concentratie is 0,02 µg/l waarmee de luchtgerelateerde emissie berekend is.

POLYCHLOORBIFENYLEN (PCB'S) [50]

PCB's zijn slecht oplosbaar in water, weinig vluchtig en hopen gemakkelijk op in slib. In STOWA-rapport 2009-30 worden een groot aantal influent- en effluentwaarnemingen gemeld. Van de 108 effluentwaarnemingen zijn er 10 waargenomen tot boven de RG. De 24 influentwaarnemingen zijn allen lager dan de RG. De luchtgerelateerde emissie is berekend met behulp van de gemiddelde concentratie 0,0 µg/l.

TETRACHLOORETHYLEEN (PER) [52]

PER is slecht oplosbaar in water, weinig vluchtig en hoopt op in slib. In STOWA-rapport 2009-30 zijn 240 effluent- en geen influentwaarnemingen gemeld. In 6 van de 240 waarnemingen in het effluent zijn waarden boven de RG voorgekomen met een gemiddelde van 0,0 µg/l. Met deze waarde is de luchtgerelateerde emissie berekend.

TETRACHLOORMETHAAN (TCM) [53]

TCM is redelijk oplosbaar in water, weinig vluchtig en hoopt op in slib. In STOWA-rapport 2009-30 zijn 240 effluent- en geen influentwaarnemingen gemeld. Geen van de 240 waarnemingen in het effluent zijn hoger dan de RG. Derhalve wordt voor het effluent een concentratie aangehouden van 0 µg/l.

TRICHLLOORBENZENEN (TCB'S) (ALLE ISOMEREN) [54]

TCB's zijn slecht oplosbaar in water. Afhankelijk van het type isomeer is de stof redelijk tot weinig vluchtig en hoopt makkelijk op in slib.

In STOWA-rapport 2009-30 zijn 286 effluent- en geen influentwaarnemingen gemeld. In 6 van de 286 waarnemingen in het effluent zijn waarden boven de RG voorgekomen. De gemiddelde waarde bedraagt 0,0 µg/l. Met deze waarde is de luchtgerelateerde emissie berekend.

1,1,1-TRICHOORETHAAN [55]

Trichloorethaan is redelijk oplosbaar in water, redelijk vluchtig en hoopt gemakkelijk op in slib.

In STOWA-rapport 2009-30 zijn 240 effluent- en geen influentwaarnemingen gemeld. Geen van de 240 waarnemingen in het effluent zijn hoger dan de RG. De gemiddelde concentratie in het effluent bedraagt 0,0 µg/l.

1,1,2,2-TETRACHLOORETHAAN [56]

Tetrachloorethaan is redelijk oplosbaar in water, redelijk vluchtig en hoopt gemakkelijk op in slib.

In STOWA-rapport 2009-30 zijn 42 effluent- en geen influentwaarnemingen gemeld. Geen van de waarnemingen in het effluent zijn hoger dan de RG. De gemiddelde concentratie in het effluent bedraagt 0,0 µg/l.

TRICHOORETHYLEEN [57]

Trichloorethyleen is redelijk oplosbaar in water, matig vluchtig en hoopt gemakkelijk op in slib.

In STOWA-rapport 2009-30 zijn 240 effluent- en geen influentwaarnemingen gemeld. Twee van de 240 waarnemingen in het effluent zijn hoger dan de RG. De gemiddelde concentratie in het effluent bedraagt 0,01 µg/l. Voor de emissieberekeningen is uitgegaan van een gemiddelde concentratie van 0,01 µg/l.

TRICHOORMETHAAN [58]

Chloroform is redelijk oplosbaar in water, redelijk vluchtig en hoopt enigszins op in slib.

In STOWA-rapport 2009-30 zijn 248 effluent- en geen influentwaarnemingen gemeld. 18 Van de 248 waarnemingen in het effluent zijn hoger dan de RG. De gemiddelde concentratie in het effluent bedraagt 0,06 µg/l. Met deze concentratie is de luchtgerelateerde emissie doorerekend.

TOXAFEEN [59]

Toxafeen is slecht oplosbaar in water, niet vluchtig en hoopt gemakkelijk op in slib.

In STOWA-rapport 2009-30 zijn 74 effluent- en 10 influentwaarnemingen gemeld. Geen van de waarnemingen in het influent of effluent zijn hoger dan de RG.

De gemiddelde concentratie in het effluent bedraagt 0,0 µg/l.

Toxafeen is voorts gemeten in het kader van het PRTR-monitoringsprogramma 2007. De resultaten hiervan zijn gerapporteerd in het rapport STOWA 2010-W07. Alle 15 waarnemingen in influent en slib waren lager dan de RG (gemiddelde RG: 0,08 µg/l). Alle 35 metingen in het effluent waren lager dan de RG (0,1 µg/l). Voor het effluent is een gemiddelde concentratie berekend van 0,0 µg/l.

Voor de emissieberekeningen wordt uitgegaan van 0,0 µg/l.

VINYLCHELOREDE [60]

Vinylchloride is redelijk oplosbaar in water, vluchtig en hoopt op in slib. In rapport STOWA 2009-30 zijn alleen effluentwaarnemingen gemeld. In geen van de 6 waarnemingen in het effluent komen waarden voor boven de RG. Daarom is voor de emissieberekeningen uitgegaan van 0,0 µg/l.

ANTRACEEN [61]

Antraceen is slecht oplosbaar in water, niet vluchtig en hoopt gemakkelijk op in slib. Uit het rapport STOWA 2009-30 blijken van de 62 influentmetingen 46 boven de RG te liggen. De mediaanwaarde bedraagt 0,01 µg/l en de gemiddelde waarde 0,01 µg/l. Van de 1454 metingen in het effluent zijn er 28 hoger dan RG. De mediaan en gemiddelde concentratie in het effluent zijn 0 µg/l.

Uit deelstudie 1 van het rapport STOWA 2010-04 blijkt in het influent van de rwzi Bath een gemiddelde influent concentratie van 2,0 µg/l voor te komen. Uit een stoffenbalans en adsorptieproeven blijkt dat circa 75% gebonden is aan primair slib en de opgeloste antraceen voor 85% wordt gebonden door het actief slib in de selector. Resteert circa 4% die gestript kan worden. Dit correspondeert met een concentratie van 0,08 µg/l. De berekende luchtemissie is gebaseerd op deze laatste waarde.

BENZEEN [62]

Benzeen is redelijk oplosbaar in water en vluchtig. Benzeen wordt gebonden aan actief slib in een selector en vervolgens door het slib gemetaboliseerd. In het kader van rapport STOWA 2010-04 is onderzoek uitgevoerd in het voorkomen en het gedrag van onder andere benzeen. Tijdens de proeven (deelstudie 1 van STOWA 2010-04) is een gemiddelde influentconcentratie gevonden van 50 µg/l wat gelijk is aan de concentratie in de afloop van de voorbezinktank. Het primair slib bevat eenzelfde concentratie als het influent. In het kader van het onderzoek zijn voorts adsorptieproeven met actiefslib uitgevoerd. In de selector wordt 50-75% gebonden aan het actief slib. Uit dit onderzoek is gebleken dat het secundair slib nagenoeg geen benzeen bevat. Het effluentgehalte is lager dan 0,1 µg/l. Hieruit blijkt dat een substantieel deel gemetaboliseerd wordt.

In het rapport STOWA 2009-30 worden 2 influentmetingen gemeld. Beiden liggen boven de RG met een mediaan van 3 µg/l. Van het effluent zijn 638 waarnemingen bekend, waarvan 16 hoger dan de RG. De gemiddelde concentratie bedraagt 0,11 µg/l en de mediaan 0,0 µg/l. Het voorgaande overwegende wordt voor de luchtgerelateerde emissie berekeningen uitgegaan van een concentratie van 0,1 µg/l.

In het e-MJV wordt benzeen gerekend tot de NMVOS-stoffen.

NAFTALEEN [68]

Naftaleen is slecht oplosbaar in water, niet vluchtig en hoopt gemakkelijk op in slib. Uit STOWA 2009-30 zijn van de 62 influentmetingen er 56 boven de RG met een mediaan van 0,00 µg/l en een gemiddelde van 0,01 µg/l. Uit metingen op rwzi Bath (deelstudie 1, STOWA 2010-04) blijkt een gemiddelde influent concentratie van 3,43 µg/l. Uit een stoffenbalans en adsorptieproeven blijkt dat circa 50% gebonden is aan primair slib en het opgeloste naftaleen voor tweederde wordt gebonden door actief slib in de selector.

Betrokken op de influentconcentratie resteert circa 20% naftaleen die gestript kan worden. Derhalve wordt voor de berekeningen uitgegaan van 0,7 µg/l die beschikbaar is voor een stripeffect.

Daarnaast vindt ook natuurlijke afbraak plaats van naftaleen.

BTEX componenten en naftaleen (samengevat als BTEXN) kunnen in aanwezigheid van zuurstof (aërobe omstandigheden) en onder verschillende anaërobe condities (nitraatreducerend, ijzerreducerend, sulfaatreducerend en methanogeen) worden afgebroken tot koolstofdioxide en water. De BTEXN componenten worden hierbij als koolstofbron (elektronendonor) gebruikt en de elektronen die vrijkomen worden overgedragen op de elektronenacceptor. In principe is de afwezigheid van een elektronenacceptor daarom nooit een limiterende factor voor het optreden van natuurlijke afbraak. Echter, onder methanogene omstandigheden verloopt de

afbraak van BTEXN over het algemeen langzamer dan onder minder gereduceerde condities. De afbraak van benzeen en naftaleen kan onder anaërobe condities wel problematisch zijn. Tot in de jaren negentig werd zelfs aangenomen dat benzeen en naftaleen onder anaërobe condities niet afbreekbaar waren. Echter, recentelijk is aangetoond dat benzeen en naftaleen met nitraat, ijzer(III) en sulfaat als elektronenacceptor kan worden afgebroken. Onder methanogene omstandigheden kan de afbraak van benzeen en naftaleen ook plaatsvinden, maar afbraak onder methanogene condities verloopt langzamer dan anaërobe afbraak met nitraat, ijzer(III) of sulfaat.

DI(2-ETHYLHEXYL)FTALAAT (DEHP) [70]

DEHP is slecht oplosbaar in water, niet vluchtig en heeft een zeer sterke affiniteit voor slib. Uit rapport STOWA 2009-30 komt het volgende beeld naar voren. 10 Waarnemingen hebben betrekking op influent. Alle waarnemingen zijn hoger dan de RG met een mediaanconcentratie en een gemiddelde concentratie van 17 µg/l. Van het effluent zijn 180 waarnemingen bekend waarvan 38 waarnemingen hoger dan de RG. De gemiddelde concentratie bedraagt 1,28 µg/l en de mediaanwaarde 0 µg/l.

Uit metingen op de rwzi's Bath en Eindhoven (rapport STOWA 2010-W07) blijkt een influent concentratie van 17,2 µg/l. Er zijn in totaal 36 waarnemingen van DEHP in het effluent, waarvan 2 waarnemingen hoger dan de RG. De gemiddelde effluentconcentratie is 0,17 µg/l.

De stof is voorts gemeten in het kader van i-PRTR-monitoringsprogramma 2011/2012. In alle 35 waarnemingen in het effluent lag de concentratie onder de RG van 1 µg/l.

De analyse van DEHP staat erom bekend dat deze snel gestoord wordt door contaminatie.

Hoewel DEHP zeer gemakkelijk ophoopt in slib wordt, gezien het voorgaande, gerekend met een relatief hoge concentratie 17,2 µg/l. Door deze benadering wordt het risico op onderschatting van een luchtgerelateerde emissie geminimaliseerd.

BENZO(A)PYREEN [72.1]

Benzo(a)pyreen is zeer slecht oplosbaar in water, niet vluchtig en hoopt gemakkelijk op in slib. In rapport STOWA 2009-30 zijn 62 influentmetingen gemeld waarvan 46 boven de RG met een mediaan van 0,02 µg/l en een gemiddelde 0,03 µg/l. Uit metingen op rwzi Bath (deelstudie 1, rapport STOWA 2010-04) blijkt een gemiddelde influent concentratie van 0,11 µg/l. Uit een stoffenbalans en adsorptieproeven blijkt dat circa 80% gebonden is aan primair slib. Uit de adsorptieproeven blijkt dat de opgeloste benzo(a)pyreen niet/amper wordt gebonden door actief slib in de selector. Het effluent bevat nog 10% (betrokken op de influentconcentratie) van het aangevoerde benzo(a)pyreen. Resteert circa 10% die gestript kan worden. Verder blijkt uit de proeven dat in het actiefslibproces nauwelijks afbraak optreedt.

Derhalve wordt uitgegaan van een rekenconcentratie van 0,011 µg/l.

BENZO(B)FLUORANTHEEN [72.2]

Benzo(b)fluorantheen is zeer slecht oplosbaar in water, niet vluchtig en hoopt gemakkelijk op in slib. In het rapport STOWA 2009-30 zijn 62 influentwaarnemingen gemeld. 58 Waarnemingen zijn hoger dan de RG met een mediaan van 0,04 µg/l en een gemiddelde 0,05 µg/l. Uit metingen op rwzi Bath (deelstudie 1, rapport STOWA 2010-04) blijkt een gemiddelde influent concentratie van 0,17 µg/l. Uit een stoffenbalans en adsorptieproeven blijkt dat circa 80% gebonden is aan primair slib en de opgeloste benzo(b)fluorantheen niet/amper wordt gebonden door het actief slib in de selector. Het effluent bevat nog 10% (betrokken op de influentconcentratie) van het aangevoerde benzo(b)fluorantheen. Er resteert circa 10% die gestript kan worden. In het actiefslibproces treedt nauwelijks afbraak op.

Derhalve wordt uitgegaan van een rekenconcentratie van 10% van 0,05 µg/l is 0,005 µg/l.

BENZO(K)FLUORANTHEEN [72.3]

Benzo(k)fluorantheen is zeer slecht oplosbaar in water, is niet vluchtig en hoopt gemakkelijk op in slib. In STOWA 2009-30 komen geen waarnemingen voor. Uit metingen op rwzi Bath (deelstudie 1, rapport STOWA 2010-04) blijkt een gemiddelde influent concentratie van 0,05 µg/l. Uit een stoffenbalans en adsorptieproeven blijkt dat circa 75% gebonden is aan primair slib en de opgeloste benzo(k)fluorantheen niet/amper wordt gebonden door het actief slib in de selector. Het effluent bevat nog 20% van het aangevoerde benzo(k)fluorantheen. Op basis van de massabalans resteert circa 5% die gestript kan worden. Verder blijkt in het actiefslibproces nauwelijks afbraak op te treden.

Derhalve wordt uitgegaan van een rekenconcentratie van $0,05 \cdot 0,05 \text{ µg/l} = 0,0025 \text{ µg/l}$.

INDENO(1,2,3-CD)PYREEN [72.4]

Indeno(1,2,3-cd)pyreen is zeer slecht oplosbaar in water, niet vluchtig en hoopt gemakkelijk op in slib. In het rapport STOWA 2009-30 zijn 62 influentmetingen gemeld. Daarvan zijn er 48 boven de RG met een mediaan van 0,03 µg/l en een gemiddelde 0,04 µg/l. Uit metingen op rwzi Bath (deelstudie 1, STOWA 2010-04) blijkt een gemiddelde influent concentratie van 0,085 µg/l. Uit een stoffenbalans en adsorptieproeven blijkt dat circa 80% gebonden is aan primair slib en de opgeloste indeno(1,2,3-cd)pyreen niet/amper wordt gebonden door momentane adsorptie van actief slib in de selector. Het effluent bevat nog 15% van het aangevoerde indeno(1,2,3-cd)pyreen. Er resteert circa 5% die gestript kan worden. In het actiefslibproces treedt nauwelijks afbraak op.

Derhalve wordt voor de rekenconcentratie uitgegaan van $0,05 \cdot 0,04 = 0,002 \text{ µg/l}$.

PAK'S [72]

De luchtemissie van polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's [72]), gedefinieerd als de som van benzo(a)pyreen (50-32-8)[72.1], benzo(b)fluorantheen (205-99-2) [72.2], benzo(k)fluorantheen (207-08-9) [72.3], indeno(1,2,3-cd)pyreen (193-39-5) [72.4], moet worden gerapporteerd als deze hoger is dan 1 kg/j. Andere PAK's dan de vier voornoemde PAK's worden dus buiten beschouwing gelaten. Dit geldt dus ook voor de andere individuele PAK's die op de i-PRTR-lijst staan (parameters [88] en [91]).

De emissiefactoren van de vier genoemde individuele PAK's zijn bepaald met behulp van de voorkomende concentraties in aëratietanks. Deze zijn onder [72.1] tot en met [72.4] toegelicht. De emissiefactoren zijn berekend met de in bijlage 7 gegeven methodiek. De emissiefactoren voor benzo(a)pyreen (50-32-8)[72.1], benzo(b)fluorantheen (205-99-2) [72.2], benzo(k)fluorantheen (207-08-9) [72.3] en indeno(1,2,3-cd)pyreen (193-39-5) [72.4] bedragen respectievelijk $1,6 \cdot 10^{-4} \text{ mg/IE}_{150\text{wb}}/\text{j}$, $7,0 \cdot 10^{-3} \text{ mg/IE}_{150\text{wb}}/\text{j}$, $2,6 \cdot 10^{-5} \text{ mg/IE}_{150\text{wb}}/\text{j}$, $4,0 \cdot 10^{-5} \text{ mg/IE}_{150\text{wb}}/\text{j}$. Gesommeerd is dit $7,23 \cdot 10^{-3} \text{ mg/IE}_{150\text{wb}}/\text{j}$. Bij een belasting van $1,38 \cdot 10^8 \text{ IE}_{150\text{wb}}$ wordt de drempelwaarde van 1 kg/j overschreden.

TOLUEEN [73]

Tolueen lost redelijk op in water, is vluchtig en hoopt op in slib. In rapport STOWA 2009-30 zijn twee influentmetingen gemeld. Beiden liggen boven de RG met een gemiddelde van 53 µg/l. Uit metingen op rwzi Bath (deelstudie 1, rapport STOWA 2010-04) blijkt een gemiddelde concentratie van 6 µg/l in de afloop voorbezinktank (de concentratie in het effluent (3,2 µg/l) is slechts eenmaal gemeten). Uit een stoffenbalans en adsorptieproeven blijkt dat circa 50% wordt gebonden door momentane adsorptie van actief slib in de selector. Het effluent bevat nauwelijks nog tolueen. Resteert circa 50% die gestript kan worden. Tolueen is goed afbreekbaar in het actiefslibproces. Uitgaande van de worst case, dat wil zeggen dat geen afbraak optreedt, wordt de rekenconcentratie 50% van 6 is 3 µg/l.

Verder blijkt uit onderzoek dat onder bepaalde milieuomstandigheden (deelstudie 2, STOWA 2010-04) toluene biochemisch wordt gevormd. In de praktijk komen dergelijke omstandigheden alleen voor op rwzi's waarvan het secundair slib ingedikt en gebufferd wordt. Een dergelijke situatie doet zich alleen voor op de kleinere rwzi's waar het slib enige tijd gebufferd moet worden voordat afvoer per as kan plaatsvinden. Dergelijke omstandigheden komen niet voor op rwzi's die RIE-plichtig zijn en/of groter zijn 100.000 IE_{60wb}.

Het op dergelijke (kleine) rwzi's geproduceerd slib kan relatief hoge toluengehaltes bevatten (er zijn waarnemingen bekend van 50 mg/l). Als het slib wordt afgevoerd naar grote rwzi's voor verdere verwerking kan in principe alsnog emissie van toluene plaatsvinden. De buffers waarin dergelijk slib wordt opgeslagen worden echter niet belucht, zijn afgedekt en de afgezogen lucht wordt behandeld in lavafilters.

In het e-MJV wordt toluene gerekend tot de NMVOS-stoffen.

HEXABROOMBIFENYL [90]

Deze stof is zeer slecht oplosbaar in water, niet vluchtig en hoopt makkelijk op in slib. In het rapport STOWA 2010-W07 zijn 5 influentmetingen opgenomen met een gemiddelde concentratie van 0,00038 µg/l. Het rapport STOWA 2009-30 bevat 10 influent waarnemingen die allen groter zijn dan de RG. De gemeten concentratie komt uit op 0,00 µg/l. Voor de rekenconcentratie wordt uitgegaan van 0,00038 µg/l.

BENZO(G,H,I)PERYLEEN [91]

Benzo(g,h,i)peryleen is zeer slecht oplosbaar in water, niet vluchtig en hoopt makkelijk op in slib. In het rapport STOWA 2009-30 zijn 62 influentmetingen gemeld waarvan 58 boven de RG met een mediaan van 0,00 µg/l en een gemiddelde 0,00 µg/l.

Uit metingen op rwzi Bath (deelstudie 1, rapport STOWA 2010-04) blijkt een gemiddelde influent concentratie van 0,08 µg/l. Uit een stoffenbalans en adsorptieproeven blijkt dat circa 20% wordt geloosd met het effluent en ruim 40% afgebroken wordt in de slibgisting.

Van de in het influent aanwezige benzo(g,h,i)peryleen bindt circa 60% zich vooral makkelijk aan primair slib en 30% aan secundair slib. Het effluent bevat nog circa 10% van de aangevoerde benzo(g,h,i)peryleen. De concentratie die gemeten is in het gefiltreerde actief slib bedraagt 0,0085 µg/l. Dit wordt als rekenconcentratie gebruikt.

BIJLAGE 4

ACHTERGRONDINFORMATIE EMISSIES

BEPAALD OP BASIS VAN *EXPERT JUDGEMENT*

FLUORKOOLWATERSTOFFEN [4]

Onder de groep van Fluorkoolwaterstoffen [4] worden de volgende stoffen begrepen: HFK23, HFK32, HFK41 (CAS 430-57-9), HFK-43-10mee, HFK125, HFK134, HFK134a, HFK143, HFK143a, HFK152a, HFK227ea, HFK236fa, HFK245ca, HFK365mfc. Als de drempelwaarde van 1 kg/j wordt overschreden dient ook over de afzonderlijke HFK's afzonderlijk gerapporteerd te worden.

Fluorkoolwaterstoffen worden toegepast op rwzi's, noch worden zij, voor zover bekend, met het influent aangevoerd. In de volgende tabel zijn voor de afzonderlijke HFK's enkele fysische eigenschappen opgenomen. Gezien de lage smelt- en kookpunten, met enkele uitzonderingen, is aanvoer met het influent niet te verwachten en hoeft een luchtgerelateerde emissie waarbij de drempelwaarde wordt overschreden derhalve ook niet verwacht te worden.

TABEL OVERZICHTSLIJST HFK'S EN ENKELE CHEMISCH/FYSISCH EIGENSCHAPPEN

PRTR-volgn.	Stofnaam	Oplosbaarheid in water in g/l	Smeltpunt in °C	Kookpunt in °C
[4]	HFK's			
[4.01]	HFK-23		- 155,2	- 82,1
[4.02]	HFK-32		- 136	- 51,6
[4.03]	HFK-41	2,30	- 141,8	- 78,2
[4.04]	HFK-43-10mee	0,14	- 83,7	55
[4.05]	HFK-125	0,55	- 103	- 48,5
[4.06]	HFK-134			- 20
[4.07]	HFK-134a	0,15	- 103,3	- 26,3
[4.08]	HFK-143			4
[4.09]	HFK-143a	0,51	- 111	- 47,6
[4.10]	HFK-152a		- 117	- 25
[4.11]	HFK-227ea			- 17,3
[4.12]	HFK-236fa	0,72	- 95	- 1
[4.13]	HFK-245ca			25
[4.14]	HFK-365mfc			40,2

Fluorkoolwaterstoffen worden niet toegepast op rwzi's en zullen in het influent, vanwege het fysisch/chemische karakter, niet voorkomen.

NMVOS [7]

Niet methaan vluchtige organische stoffen (NMVOS) zijn van belang omdat deze invloed hebben op de vorming van ozon. De potentie van deze stoffen wordt daarom uitgedrukt in *Photochemical Ozone Creation Potential* (POCP).

Onder Vluchtige Organische Stoffen (VOS) wordt verstaan organische stoffen met een dampspanning van minstens 0,1 kPa bij normale temperatuur en druk (VLAREM). Wanneer methaan daarvan wordt uitgesloten, wordt gesproken over niet-methaan vluchtige organische stoffen, afgekort NMVOS.

De separate behandeling van methaan heeft te maken met het feit dat het broeikas effect van dit gas 25 keer zo sterk is als dat van koolzuurgas.

Onder NMVOS vallen dus een groot aantal vluchtige stoffen. Om enkele concrete voorbeelden te noemen: al dan niet vertakte alifatische koolwaterstoffen (hoger dan CH_4 bijvoorbeeld ethaan, propaan), olefinische koolwaterstoffen (etheen, styreen), aromaten (benzeen, toluen, ethylbenzeen, xyleen), aldehyden (formaldehyde), ketonen (aceton), alcoholen en gechlloreerde koolwaterstoffen (chloroform, trichloorethyleen).

Het is lastig, omslachtig en kostbaar om de integrale emissie van NMVOS van een rwzi vast te stellen. Redenen daarvoor zijn dat onbekend is welke stoffen het betreft. Bovendien is het emissieoppervlak van een rwzi (met nam van aëratietanks en nabezinktanks) van een dergelijke omvang dat metingen niet goed uit te voeren zijn en/of zeer kostbaar zijn.

NMVOS worden ook vanuit gasverbrandingstoestellen (gasmotoren of bijvoorbeeld warmwaterketels die gestookt worden op biogas) geëmitteerd. Van afgassen van biogasmotoren zijn enkele C_xH_y -waarnemingen bekend (rwzi 's-Hertogenbosch). Het betreft een FID-meting conform NEN-EN 13526. Met een dergelijke meting worden alle gasvormige organische stoffen (dus ook methaan) meegenomen en kan geen onderscheid worden gemaakt tussen de verschillende soorten organische stoffen.

In het document Helptekst e-MJV wordt via een zogenaamde 'Standaard onderverdeling Aardgas' de mogelijkheid gegeven de NMVOS via een standaardverdeling te laten berekenen. In paragraaf 6.4 van de hoofdtekst is de emissie van VOS uitgewerkt. De conclusie is dat in het e-MJV met het aanbrengen van een specificatie door de gebruiker een betere weergave van de VOS-emissie wordt gegeven dan wanneer gebruik wordt gemaakt van de 'Standaard onderverdeling Aardgas'.

PERFLUORKOOLWATERSTOFFEN [9]

Onder de groep van Fluorkoolwaterstoffen [9] worden de volgende stoffen begrepen: CF_4 , C_2F_6 , C_3F_8 , C_4F_{10} , C_4F_8 , C_5F_{12} , C_6F_{14} . Als de drempelwaarde van 1 kg/j wordt overschreden dient ook over de afzonderlijke PFK's afzonderlijk gerapporteerd te worden.

Perfluorkoolwaterstoffen worden toegepast op rwzi's, noch worden zij, voor zover bekend, met het influent aangevoerd. In de volgende tabel zijn voor de afzonderlijke PFK's enkele fysische eigenschappen opgenomen. Gezien de lage smelt- en kookpunten (met enkele uitzonderingen) is aanvoer met het influent niet te verwachten en hoeft een luchtgerelateerde emissie waarbij de drempelwaarde wordt overschreden derhalve ook niet verwacht te worden.

TABEL

OVERZICHTSLIJST HFK'S EN ENKELE CHEMISCH/FYSISCH EIGENSCHAPPEN

PRTR-volgn.	Stofnaam	Oplosbaarheid in water in g/l	Smeltpunt in °C	Kookpunt in °C
[9]	PFK's			
[9.1]	CF ₄	0,05	- 184	- 128
[9.2]	C ₂ F ₆	0,015	- 100	- 78
[9.3]	C ₃ F ₈		- 183	- 37
[9.4]	C ₄ F ₁₀		- 84,5	- 2,2
[9.5]	c-C ₄ F ₈		- 41,4	-6
[9.6]	C ₅ F ₁₂		- 10	30
[9.7]	C ₆ F ₁₄		- 90	56

ZWAVELHEXAFLUORIDE (SF₆) [10]

Zwavelhexafluoride is een zeer inert gas, ongeveer vijfmaal zwaarder dan lucht en reageert niet met water. Zwavelhexafluoride is een van de meest krachtige broeikasgassen en mag alleen toegepast worden in schakelapparatuur voor zeer hoge spanning.

Zwavelhexafluoride heeft een kookpunt van minus 64 °C.

Gezien het voorgaande is niet te verwachten dat SF₆ in influent voorkomt en/of luchtgerelateerde emissie van deze stof plaatsvindt vanuit rwzi's waarbij een drempelwaarde van 1 kg/j wordt overschreden.

CHLOORFLUORKOOLWATERSTOFFEN [14], CHLOORFLUORKOOLSTOFFEN [15] EN HALONEN [16]

Onder de groep van chloorfluorkoolwaterstoffen [14], chloorfluorkoolstoffen [15] alsmede halonen [16] worden koolwaterstoffen begrepen die gehalogeneerd zijn.

In het geval van chloorfluorkoolwaterstoffen en chloorfluorkoolstoffen zijn één of meerdere of alle waterstofatomen vervangen door chloor- of fluoratomen. In geval van halonen kan naast chloor, fluor ook broom aanwezig zijn.

In het geval van chloorfluorkoolwaterstoffen en chloorfluorkoolstoffen betreft het vaak koelmiddelen. Halonen werden vaak gebruikt als inert blusmiddel, maar zijn thans verboden vanwege het broeikasgaseffect en/of het effect op de ozonlaag.

Gezien het gebruik van dergelijke middelen in koelapparatuur, het feit dat het gebruik van halonen thans verboden is en dat meestal het kookpunt zeer laag is, is niet te verwachten dat deze stoffen in influent voorkomen en/of emissies van deze stoffen plaatsvinden vanuit rwzi's waarbij de drempelwaarde van 1 kg/j (per groep) wordt overschreden.

ARSEEN [17], CADMIUM [18], CHROOM [19], KOPER [20], KWIK [21], NIKKEL [22], LOOD [23] EN ZINK [24]

Het betreffen ionogene stoffen die niet in de luchtfase kunnen voorkomen. Bovendien worden er geen processen op een rwzi toegepast waarbij luchtgerelateerde emissies van deze stoffen voorkomen.

Er wordt vanuit gegaan dat luchtgerelateerde emissies van deze stoffen vanuit rwzi's niet voorkomen tot boven de drempelwaarde en derhalve rapportage niet nodig is.

Deze groep van zware metalen werden tot 2014 door zuiveringbeheerders regelmatig gemeten in influent, effluent en slib. In het kader van administratieve lastenverlichting is deze meting komen te vervallen. Omdat de emissie van zware metalen verplicht gerapporteerd moet worden (in het kader van de PRTR) is besloten om deze parameters mee te nemen in vierjaarlijks monitoringsprogramma voor het vaststellen van de water gerelateerde emissie.

ETHYLEENOXIDE [66]

Ethyleenoxide wordt als halffabricaat onder andere gebruikt voor de productie van ethyleenglycolen. Verder wordt het toegepast als desinfectans in ziekenhuizen voor hittegevoelig materiaal.

De stof is goed oplosbaar in water en is onder atmosferische condities gasvormig. Als gas is ethyleenoxide zwaarder dan lucht en extreem explosiegevaarlijk. Het smeltpunt is minus 112 °C en het kookpunt 10,5 °C. Deze stof is oplosbaar in water.

Waterige oplossingen van ethyleenoxide zijn stabiel en kunnen langere tijd bestaan zonder dat chemische reacties optreden. Door aanwezigheid van andere stoffen (bijvoorbeeld zuren) treden al snel polymerisatie reacties op waardoor glycolachtige stoffen worden gevormd.

Het is niet waarschijnlijk dat ethyleenoxide als zodanig met het influent op een rwzi wordt aangevoerd. Vorming van ethyleenoxide op een rwzi is zeer onwaarschijnlijk. De stof wordt niet gebruikt op rwzi's.

Het is zeer onwaarschijnlijk dat een luchtgerelateerde emissie van ethyleenoxide voor kan komen op een rwzi waardoor tevens een drempelwaarde van 1.000 kg/j wordt overschreden.

FENOLEN [71]

Fenolen worden als halffabricaat onder andere gebruikt voor de productie van onder andere harsen, zepen, kleefstoffen, shampoos, smeermiddelen.

Fenolen zijn met 84 g/l goed oplosbaar in water en is niet vluchtig. Onder atmosferische condities is fenol als vaste stof aanwezig. Het smeltpunt is 41 °C en het kookpunt 182 °C.

Van fenolen zijn geen waarnemingen bekend in influent of effluent van rwzi's. Noch is bekend of fenol wel/niet wordt afgebroken in actief slib (aëroob dan wel anaëroob).

Om maximale zekerheid te verkrijgen over het voorkomen en eventuele emissies wordt aanbevolen om fenol in het vierjaarlijkse i-PRTR-monitoringsonderzoek mee te nemen.

Vooralsnog wordt ervan uitgegaan dat de drempelwaarde niet wordt overschreden.

CHLOOR [80]

In de i-PRTR wordt onder chloor begrepen: chloor en zijn anorganische verbindingen (uitgedrukt als HCl conform Europese PRTR-verordening 166/2005). In de i-PRTR wordt met deze parameter chloorgas bedoeld of anorganische verbindingen daarvan.

Chloorgas (en anorganische verbindingen daarvan) komen niet voor in het influent of worden gebruikt op rwzi's. Het is onwaarschijnlijk dat de i-PRTR-drempelwaarde voor lucht van 10.000 kg/j wordt overschreden.

ASBEST [81]

Er zijn vele verschillende vormen van asbest. Het betreft een natuurlijk mineraal dat voornamelijk bestaat uit kristallijn magnesiumsilicaat. Asbest is onoplosbaar in water en is thermisch zeer stabiel. Bij wet is de toepassing van asbest verboden. Hoewel er strikte wet- en regelgeving is voor de omgang met asbest kan niet worden uitgesloten dat asbestvezels met influent worden aangevoerd op rwzi's.

Er zijn geen waarnemingen bekend in influent, effluent of slib.

Gezien de fysische eigenschappen is het zeer onwaarschijnlijk dat tijdens het beluchtingsproces asbest geëmitteerd wordt naar de luchtfase en de drempelwaarde van 1 kg/j wordt overschreden.

FLUOR [84]

In de i-PRTR wordt onder fluor begrepen: fluor en zijn anorganische verbindingen (uitgedrukt als HF). In de i-PRTR wordt met deze parameter fluorgas bedoeld of anorganische verbindingen daarvan.

Fluorgas (en anorganische verbindingen daarvan) komen niet voor in het influent of worden gebruikt op rwzi's. Het is onwaarschijnlijk dat de i-PRTR-drempelwaarde van 5.000 kg/j wordt overschreden.

ZWEVENDE DEELTJES PM10 [86]

Onder zwevende deeltjes wordt fijn stof verstaan. Tot fijn stof worden gerekend in de lucht zwevende deeltjes kleiner dan 10 µm. Fijn stof (anders dan aerosolen) bestaat uit deeltjes van verschillende grootte, herkomst en chemische samenstelling. Fijn stof kan weer onderverdeeld worden in fijnere fracties. De reden dat fijn stof in de i-PRTR-lijst is opgenomen heeft te maken met het nadelig effect op de gezondheid. De besmettingsweg loopt via de lucht (aërogeen).

Door depositie en afspoeling is het waarschijnlijk dat fijn stof met influent wordt aangevoerd op rwzi's.

Er zijn geen waarnemingen bekend die betrekking hebben op luchtgerelateerde emissies vanuit water- en sliblijn. Het is echter niet waarschijnlijk dat vanuit de natte water- en slibprocessen fijn stof geëmitteerd wordt naar de luchtfase en de i-PRTR-drempelwaarde van 50.000 kg/j wordt overschreden. Met de verbranding van biogas in gasmotoren kan wel stof worden geëmitteerd. Op basis van de beschikbare waarnemingen (bijlage 5 bevat 3 waarnemingen die betrekking hebben op de rwzi 's-Hertogenbosch) is een gemiddeld stofgehalte vastgesteld van 3 mg/Nm³ rookgas. Het fijnstof is gemeten met toepassing van methode NEN-EN 13284-1. Deze methode heeft betrekking op het meten van 'Totaal vast stof'. De in de i-PRTR bedoelde fijnstof (PM10) is daar een fractie van. Dit betekent dat de 'Totaal vast stof'-waarde een worst case is.

Uitgaande van 12,65 Nm³ rookgassen per Nm³ biogas (turbo gasmotor) met een gehalte van 3 mg/Nm³ rookgas is dit 37,95 mg per Nm³ biogas. Omgerekend 1.628,8 mg stof per GJ biogas. De i-PRTR-drempelwaarde wordt overschreden wanneer meer dan 30,7 miljoen Nm³ biogas wordt verstoekt in gasmotoren. Bij een specifieke biogasproductie van 5,83 Nm³ biogas per IE_{150wb} speelt dat bij een rwzi die meer dan 5,3 miljoen IE_{150wb} verwerkt en waarvan al het slib wordt vergist. Een dergelijke grote rwzi komt in Nederland niet voor.

Aanbevolen wordt om in de update van het onderhavige rapport de berekeningen te baseren op een groter aantal waarnemingen. Bovendien dient bekeken te worden welk deel van de 'Totaal vaste stof' werkelijk bestaat uit de fractie PM10.

ACROLEÏNE [92]

Acroleïne wordt als halffabricaat onder andere gebruikt voor de productie van methionine, acrylzuur of glutaaraldehyde.

De aggregatietoestand van acroleïne (acrylaldehyd: CAS 107-02-8) is vloeistof. Het kookpunt is 52°C. Het is met 270 g/l goed oplosbaar in water.

Er zijn geen waarnemingen bekend van acroleïne in influent of effluent van rwzi's. Acroleïne is zeer toxisch voor waterorganismen. De stof heeft de neiging om spontaan te polymeriseren in aanwezigheid van reductoren, CO₂, licht en SO₂.

Acroleïne wordt gebruikt op rwzi's noch gevormd. Om maximale zekerheid te verkrijgen over het voorkomen en eventuele emissies wordt aanbevolen om acroleïne in het vierjaarlijkse i-PRTR-monitoringsonderzoek mee te nemen.

Het is niet aannemelijk dat de drempelwaarde wordt overschreden.

ACRYLONITRIL [93]

Acrylonitril wordt als halffabricaat onder andere gebruikt voor de productie van synthetische polymeren zoals nylon en synthetische rubber.

De aggregatietoestand van acrylonitril (CAS 107-13-1) is vloeistof. Het kookpunt is 77°C. Het is met 73 g/l goed oplosbaar in water.

Er zijn geen waarnemingen bekend van acrylonitril in influent of effluent van rwzi's. Acrylonitril is toxisch voor waterorganismen.

Acrylonitril wordt gebruikt op rwzi's noch gevormd. Om maximale zekerheid te verkrijgen over het voorkomen en eventuele emissies wordt aanbevolen om acrylonitril in het vierjaarlijkse i-PRTR-monitoringsonderzoek mee te nemen. Vooralsnog wordt ervan uitgegaan dat de drempelwaarde niet wordt overschreden.

ETHEEN [94]

Etheen wordt als halffabricaat op grote schaal geproduceerd en gebruikt in de chemische industrie voor de productie van voornamelijk ethyleenoxide, ethyleen dichloride en ethylbenzeen.

De aggregatietoestand van etheen (CAS 74-85-1) is gas. Het kookpunt is minus 104 °C. Het is met 130 mg/l matig oplosbaar in water.

Er zijn geen waarnemingen bekend van etheen in influent of effluent van rwzi's.

In het Achtergronddocument milieujaarverslag rioolwaterzuiveringinrichtingen (2000) is in paragraaf 3.6 gesteld dat de etheen emissie 10% bedraagt van de totale C_xH_y -emissie (lees: totale vluchtige organische stof-emissie). De waarde van 10% is afkomstig van TNO-MEP en is verder in het rapport niet onderbouwd.

Wel zijn zogenaamde C_xH_y -metingen bekend van afgassen van biogasmotoren. Het betreffen metingen die uitgevoerd zijn conform NEN-EN 13526 (Emissies van stationaire bronnen – Bepaling van de massaconcentratie van totaal gasvormig organisch koolstof in verbrandingsgassen uit processen waar oplosmiddelen gebruikt worden – Continue methode met vlamionisatiedetector).

De meetmethode van vlamionisatiedetector (FID) is gebaseerd op ionisatie van organisch gebonden koolstof in een vlam. De ionisatiestroom, gemeten door de FID, is een maat voor de hoeveelheid C-atomen die in een gasvlam wordt verbrand. Het voordeel van een FID is dat deze erg gevoelig is voor organische stoffen en minder voor anorganische stoffen (zoals CO, CO₂).

Nadeel is dat met een FID geen onderscheid gemaakt kan worden tussen verschillende organische verbindingen en ook CH₄ mee-geanalyseerd wordt. Dit betekent dat C_xH_y -metingen niet gebruikt kunnen worden om etheen-emissies te kwantificeren.

Etheen wordt gebruikt op rwzi's noch gevormd. Gezien het feit dat deze stof bij de heersende temperaturen op rwzi alleen in gasvorm kan voorkomen is aanvoer met het influent niet waarschijnlijk.

Het is niet waarschijnlijk dat tijdens het beluchtingsproces etheen geëmitteerd wordt naar de luchtfase en de drempelwaarde van 1.000 kg/j wordt overschreden.

Etheen wordt in het e-MJV gerekend tot de NMVOS-stoffen.

Gezien het voorgaande is etheen emissie vanuit rwzi's in betekende mate niet waarschijnlijk. Tenzij er nieuwe inzichten ontstaan, hoeft deze parameter niet nader onderzocht te worden.

FORMALDEHYDE [95]

Formaldehyde wordt als halffabricaat op grote schaal geproduceerd en gebruikt in de chemische industrie voor de productie van kleefstoffen, polymeren, cosmetische industrie en textiel. Formaldehyde opgelost in water wordt formaline genoemd en wordt gebruikt als desinfectiemiddel.

De aggregatietoestand van formaldehyde (CAS 50-00-0) onder atmosferische condities is gas. Het kookpunt is minus 19 °C. Het is met 400 g/l goed oplosbaar in water.

Er zijn geen waarnemingen bekend van formaldehyde in influent of effluent van rwzi's. In het verleden werd formaldehyde gebruikt als biocide in chemische toiletten. De inhoud van chemische toiletten wordt op rwzi's verwerkt. Uit navraag²¹ blijkt dat formaldehyde in Nederland nagenoeg niet meer gebruikt wordt als additief in chemische toiletten.

Formaldehyde wordt gebruikt op rwzi's noch gevormd. Om maximale zekerheid te verkrijgen over het voorkomen en eventuele emissies, wordt aanbevolen om formaldehyde in het vierjaarlijkse i-PRTR-monitoringsonderzoek mee te nemen. Vooralsnog wordt ervan uitgegaan dat de drempelwaarde niet wordt overschreden.

STYREEN [96]

Styreen is een aromatische koolwaterstof, wordt als halffabricaat op grote schaal geproduceerd en gebruikt in de chemische industrie voor de productie van kleefstoffen, polymeren, cosmetische industrie en textiel.

De aggregatietoestand van styreen (CAS 100-42-5) is vloeistof. Het kookpunt is 145 °C. Het is met 240 g/l goed oplosbaar in water.

Er zijn geen waarnemingen bekend van styreen in influent of effluent van rwzi's.

Styreen wordt gebruikt op rwzi's noch gevormd. Om maximale zekerheid te verkrijgen over het voorkomen en eventuele emissies, wordt aanbevolen om styreen in het vierjaarlijkse i-PRTR-monitoringsonderzoek mee te nemen. Vooralsnog wordt ervan uitgegaan dat de drempelwaarde niet wordt overschreden.

21 Telefonische mededeling Thetford BV, Etten-Leur

BIJLAGE 5

KWALITEIT ROOKGASSEN VAN BIOGASMOTOREN RWZI'S

Waterschap	Rwzi	Gasmotor code	Fabrikaat gasmotor	Bouwjaar	Datum inspectie / afgasmetingen	Vermogen- electrisch kW	As-Rendement %	biogas- verbruik Nm ³ /h	tempe- ratuur rookgas °C	gas-snel- heid m/s	diameter rookgas- kanaal m	rookgas- volume- stroom* Nm ³ /h	specifiek rookgas- volume-stroom Nm ³ /h/kW	rookgas-volume- stroom Nm ³ /Nm ³ biogas
1	Regge en Dinkel	WKK1	Waukesha	1996	20-03-10	312	38,0%	130						
2	Regge en Dinkel	WKK2	MAN	1990	30-03-10	165	38,0%	66						
3	Regge en Dinkel	WKK1	MAN	2000	30-03-10	165	38,0%	70						
4	Regge en Dinkel	WKK1	Perkins	1999	29-03-10	300	38,0%	128						
5	Regge en Dinkel	WKK2	Perkins	1999	29-03-10	400	38,0%	167						
6	Aa en Maas	WKK2	MAN	2008	20-01-10	190	39,0%	89						
7	Aa en Maas	WKK1	MAN	2008	20-01-10	360	39,0%	168						
8	Aa en Maas	WKK3	MAN	2008	20-01-10	190	39,0%	89						
9	Aa en Maas	WKK2	MAN	2008	13-03-12	190			114	21,1	0,14	700	3,68	7,87
10	Aa en Maas	WKK1	MAN	2008	13-03-12	360			191	23,2	0,2	1300	3,61	7,74
11	Aa en Maas	WKK3	MAN	2008	13-03-12	190			110	23,4	0,14	800	4,21	8,99
12	Brabantse Delta	WKK1	MAN	2000	17-08-05	165	36,1%	72						
13	de Dommel	WKK2	MAN	2007	20-10-08	340	36,7%	121						
14	de Dommel	WKK1	MAN	2003	20-10-08	340	36,7%	121						
15	Rivierland	WKK1	Caterpillar		27-08-09	850	36,9%	372						
16	Rivierland	WKK1	MAN		10-05-10	160								
17	Fryslan	WKK2	MAN	1982	14-09-04	170	35,0%	80,5						
18	Fryslan	WKK2	MAN	1982	14-09-04	170	35,0%	80,5						
19	Veluwe	WKK1	Deutz	2007	23-03-11	740	39,8%	300						
20	Veluwe	WKK2	Deutz	2007	23-03-11	740	39,8%	300						
21	Veluwe	WKK3												
22	Veluwe	WKK4												
23	Veluwe	WKK1	MAN	2007		85	35,0%	53						
24	Veluwe	WKK1	MAN	1985	2-03-11	150	30,0%	70						
25	Veluwe	WKK2	MAN	1985	2-03-11	140	30,0%	70						
26	Veluwe	WKK3	MAN	1985	2-03-11	140	30,0%	70						
27	Veluwe	WKK1	Waukesha	2001	22-03-11	420	35,0%	194						
28	Veluwe	WKK2	MAN	2008	3-02-11		35,0%							
29	Waternet	WKK1	MAN	1992	30-08-10	85	35,1%	12	231					
30	Waternet	WKK1	MAN	1990	30-08-10	150	36,1%	58	557					
31	Waternet	WKK2	Waukesha	1993	30-08-10	210	36,1%	88	292					

* het gasvolume is gebaseerd op droog gas bij 273 °K en een druk van 1013 hPa.

No	Waterschap	Rwzi	gasmotor code	CO ₂ -gehalte %	CO-gehalte ppm	O ₂ in vol% in droog gas vol %	NO _x ppm	NO _x (ISO) g/GJ	NO _x (ISO) g/Nm ³ biogas	NO ppm	C _x H _y uitgedrukt als C mg/Nm ³ afgas	C _x H _y uitgedrukt als C g/uur	stof mg/Nm ³	BEES-eis (berekend) tav NO _x (ISO) g/GJ
1	Regge en Dinkel	Hengelo	WKK1	7,6	349	7,4	170	118	2,75	147	141			177,3
2	Regge en Dinkel	Hengelo	WKK2	7,8	421	7	186	130	3,02	156	237			177,3
3	Regge en Dinkel	Goor	WKK1	8,1	431	6,5	195	158	3,68	168	37			177,3
4	Regge en Dinkel	Enschede	WKK1	7,4	553	7,7	189	161	3,75	157	31			177,3
5	Regge en Dinkel	Enschede	WKK2	7,1	511	8,3	164	146	3,40	145	19			177,3
6	Aa en Maas	Den Bosch	WKK2	7,8	368	7,4	212	184	4,29	150	62			182,0
7	Aa en Maas	Den Bosch	WKK1	7,3	435	8,3		221	5,15					182,0
8	Aa en Maas	Den Bosch	WKK3	7,8	368			156	3,63					182,0
9	Aa en Maas	Den Bosch	WKK2			7,4						506	358	
10	Aa en Maas	Den Bosch	WKK1			7,2						556	724	
11	Aa en Maas	Den Bosch	WKK3			7,6						605	491	
12	Brabantse Delta	Waalwijk	WKK1	8,1	498	8,7	192	42		188	70		3,2	168,5
13	de Dommel	Tilburg	WKK2	6,9	178	8,9	220	172		70	70		0,5	171,3
14	de Dommel	Tilburg	WKK1	7,4	397	8,1		117						171,3
15	Rivierenland	Nijmegen	WKK1	7,1	610	8,2	70	172		45				172,2
16	Rivierenland	Arnhem	WKK1											
17	Fryslan	Leeuwarden	WKK2			4,3		1233		1220	80			163
18	Fryslan	Leeuwarden	WKK2			4,8		1184		1120	84			163
19	Veluwe	Apeldoorn	WKK1		119	9,6		88						186
20	Veluwe	Apeldoorn	WKK2		86	8,8		75						186
21	Veluwe	Apeldoorn	WKK3		664			126						
22	Veluwe	Apeldoorn	WKK4		607			175						
23	Veluwe	Terwolde	WKK1											163
24	Veluwe	Harderwijk	WKK1		526	6,2		128						300
25	Veluwe	Harderwijk	WKK2											300
26	Veluwe	Harderwijk	WKK3		171	6		118						300
27	Veluwe	Elburg	WKK1		505	6,4		171						163
28	Veluwe	Elburg	WKK2		400	6,4		148						163
29	Waternet	Weesp	WKK1	8,7	567	5,4	253	170		196				316
30	Waternet	Horstermeer	WKK1	8,2	785	6,3	224	188		166				168
31	Waternet	Horstermeer	WKK2	7,5	414	7,6	47	37		14				168
max					785			1233						
min					86			37						
gemiddelde					433			225						
gemiddelde zonder uitbijters (Fryslan)		n = 23						139,16						
90 % percentiel					609			208						
*	het gasvolume is gebaseerd op droog gas bij 273 °K en een druk van 1013 hPa.													

BIJLAGE 6

WAARNEMINGEN SLIBGISTINGEN VAN
RWZI'S WAAR ALLEEN EIGEN SLIB WORDT
VERGIST (PEILJAAR 2011)

Waterschap	Naam rwzi	Ontwerp- capaciteit rwzi in IE à 150 g TZV	Werkelijke belasting in IE à 150 g TZV belasting	Inhoud	Jaarproductie van biogas m³/j	Jaarproductie van biogas in Nm³/j	Specifiek biogas- productie in Nm³ biogas/IE _{150wb}	Slibproductie van de watertlijn toegevoerd aan de gisting in ton ds/j	Vergist slibproductie in ton ds/j	Specifieke verslib- productie in kg ds/ IE _{150wb} /j	CH ₄ -emissie vanuit procesonderdelen na de slibgisting in kg CH ₄ /j (bijlage 2.1)	Emissie NH ₃ van de watertlijn (bijlage 2.1 en 3.2) in kg NH ₃ -N/j	Emissie NH ₃ van de stiblijn (igv een slibgisting) (bijlage 2.1 en 3.2) in kg NH ₃ -N/h
AGV	Amstelveen	113.300	121.100	3.000	832.000	788.486	6,51	2.340	19,3	19,3	21.967	3,00	1,41
AGV	Horstermeer	181.300	122.500	4.600	1.192.200	1.129.848	9,22	3.060	25,0	25,0	31.478	3,03	2,02
AGV	Weesp	40.800	33.100	2.025	316.200	299.663	9,05	916	27,7	27,7	8.349	0,82	0,54
AM	Asten	72.500	71.543	2.300	322.455	305.591	4,27	1.222	868	17,1	8.514	1,77	0,55
AM	Den Bosch	310.100	305.483	8.000	2.135.013	2.023.352	6,62	6.070	3.802	19,9	56.371	7,56	3,62
AM	Land van Cuijk	158.700	158.974	2.900	678.968	643.458	4,05	2.805	1.895	17,6	17.927	3,94	1,15
BD	Waalwijk	78.000	59.474	3.190	406.173	384.930	6,47	751	12,6	12,6	10.724	1,47	0,69
DL	De Groote Lucht 2011	258.600	216.148	9.100	1.368.821	1.297.232	6,00	4.982	23,0	23,0	36.141	5,35	2,32
DL	Harnaschpolder 2011	1.187.700	931.664	23.200	5.534.241	5.244.800	5,63	18.449	19,8	19,8	146.120	23,07	9,39
DL	Houtrust 2011	389.900	288.122	9.750	2.060.198	1.952.450	6,78	6.555	22,8	22,8	54.395	7,13	3,49
DL	Nieuwe Waterweg 2011	99.700	75.403	3.100	567.734	538.042	7,14	1.632	21,6	21,6	14.990	1,87	0,96
DL	De Groote Lucht 2010	258.600	208.148		1.644.650	1.558.635	7,49	4.223	20,3	20,3	43.424	5,15	2,79
DL	Harnaschpolder 2010	1.187.700	919.940		5.544.097	5.254.141	5,71	19.335	21,0	21,0	146.380	22,78	9,40
DL	Houtrust 2010	389.900	295.991		2.019.490	1.913.871	6,47	7.354	24,8	24,8	53.320	7,33	3,43
DL	Nieuwe Waterweg 2010	99.700	78.279		592.597	561.604	7,17	1.867	23,9	23,9	15.646	1,94	1,01
Do	Boxtel	108.800	82.800	3.150	337.000	319.375	3,86	755	9,1	9,1	8.898	2,05	0,57
Do	Tilburg-Noord	340.000	439.000	8.880	2.393.100	2.267.941	5,17	7.750	17,7	17,7	63.185	10,87	4,06
Fr	Burgum	66.200	31.200	2.000	151.400	143.482	4,60	713	535	22,9	3.997	0,77	0,26
Fr	Drachten	90.700	85.600	1.800	332.600	315.205	3,68	1.599	1.208	18,7	8.782	2,12	0,56
Fr	Franeer	54.400	59.600	1.640	166.100	157.413	2,64	1.015	820	17,0	4.386	1,48	0,28
Fr	Leeuwarden	226.700	163.900	9.400	1.071.000	1.014.987	6,19	3.587	2.327	21,9	28.278	4,06	1,82
GS	Kampen	81.500	71.513	2.550	606.341	574.629	8,04	1.152	16,1	16,1	16.009	1,77	1,03
GS	Raalte	73.685	62.253	1.520	271.948	257.725	4,14	993	16,0	16,0	7.180	1,54	0,46
HA	Assen	114.000	93.000	2.500	769.200	728.971	7,84	2.289	24,6	24,6	20.309	2,30	1,30
LB	Panheel	30.200	35.300	1.000	160.000	151.632	4,30	547	359	15,5	4.224	0,87	0,27

Waterschap	Naam rwzi	Ontwerp- capaciteit in IE à 150 g TZV	Werkelijke belasting in IE à 150 g TZV belasting	Inhoud	Jaarproductie van biogas m³/j	Jaarproductie van biogas in Nm³/j	Specifiek biogas- productie in Nm³ biogas/IE _{150wb}	Stibproductie van de watertlijn toegevoerd aan de gisting in ton ds/j	Vergist sibproductie in ton ds/j	Specifieke verssib- productie in kg ds/ IE _{150wb} /j	CH ₄ -emissie vanuit procesonderdelen na de sibgisting in kg CH ₄ /j (bijlage 2.1)	Emissie NH ₃ van de watertlijn (bijlage 2.1 en 3.2) in kg NH ₃ -N/j	Emissie NH ₃ van de stiblijn (igv een sibgisting) (bijlage 2.1 en 3.2) in kg NH ₃ -N/h
LB	Roermond	206.800	212.500	5.600	1.380.000	1.307.826	6,15	4.974	3.350	23,4	36.436	5,26	2,34
LB	Stein	36.200	38.400	1.550	260.000	246.402	6,42	885	579	23,0	6.865	0,95	0,44
LB	Susteren	292.400	248.500	5.600	1.100.000	1.042.470	4,20	3.876	2.582	15,6	29.043	6,15	1,87
LB	Venray	71.200	70.000	2.000	450.000	426.465	6,09	1.445	916	20,6	11.881	1,73	0,76
LB	Weert	120.500	137.900	3.400	520.000	492.804	3,57	1.897	1.285	13,8	13.730	3,41	0,88
NZV	Garmerwolde	360.000		9.200									
RIJ	Etten	206.700	176.800	2.580	821.800	778.820	4,41	2.765		15,6	21.698	4,38	1,39
Rijn	Leiden Noord	140.000	114.900	3.860	706.362	669.419	5,83	2.299	1.468	20,0	18.650	2,84	1,20
Rijn	Velsen	121.000	72.500	2.400	450.350	426.797	5,89	1.214	684	16,7	11.891	1,80	0,76
RL	Arnhem-Zuid	208.500	166.000	3.750	950.000	900.315	5,42	2.985	2.094	18,0	25.083	4,11	1,61
RL	Tiel	120.000	95.700	2.260	217.000	205.651	2,15	1.462	912	15,3	5.729	2,37	0,37
SR	DeWeern	48.000	39.000	1.700	281.000	266.304	6,83	420		10,8	7.419	0,97	0,48
VV	Nijkerk	90.700	126.646	1.300	704.450	667.607	5,27						
VV	Renkum	145.100	77.976	4.200	588.614	557.829	7,15						
VV	Soest	129.700	108.917	3.870	803.784	761.746	6,99						
VV	Veenendaal	150.500	103.960	3.340	759.832	720.093	6,93						
VV	Elburg	145.100	120.893	7.500	925.489	877.086	7,26						
VV	Harderwijk	208.500	226.028	4.200	1.648.789	1.562.557	6,91						
VV	Terwolde	36.300	47.565	1.300	178.720	169.373	3,56						
ZZL	Dronten	48.000	47.415	1.200	281.400	266.683	5,62	1.302		27,5	7.430	1,17	0,48
ZZL	Tollebeek	131.500	110.500	2.000	781.900	741.007	6,71	2.216		20,1	20.644	2,74	1,33
Totalen/subtotalen		9.029.385	7.352.135	178.415	45.283.016	42.914.714							
Mediaan							6,09						
Rekenkundig gemiddelde										19,37	27.566		
Aantal totaal rwzi's met sibgisting		42					5,83						

De gemiddelde biogasproductie bedraagt 5,83 Nm³ biogas per IE_{150wb} per jaar. De specifieke CH₄-emissie vanuit bedrijfsonderdelen waar vergist slib in voor kan komen (de stiblijn) bedraagt 27,86 g CH₄ per Nm³ geproduceerde biogas. Zie tevens bijlage 3.1.

BIJLAGE 7

LUCHTGERELATEERDE EMISSIES VANUIT BELUCHTE ACTIEFSLIBTANKS MET TOEPASSING VAN DE WET VAN HENRY

INHOUDSOPGAVE

1. Inleiding
2. Henry-coëfficiënten en andere eigenschappen van een viertal vluchtige verbindingen
3. Temperatuurafhankelijkheid
4. Stripeffect in afwezigheid van biologische afbraak
5. Stripeffect in aanwezigheid van biologische afbraak
6. Voorbeeldberekening voor de stoffen HDPE en naftaleen
7. Conclusies
8. Gebruikte literatuur

APPENDICES

Appendix 1. Fysische en chemische eigenschappen groot aantal PRTR-parameters

Appendix 2. Berekening emissiecoëfficiënt voor bepaalde stoffen vanuit de beluchtingsbassins van de rwzi Bath

1. INLEIDING

In afvalwaterzuiveringsinrichtingen kunnen opgeloste stoffen emitteren naar de lucht door strippen. De mate waarin een opgeloste stof vervluchtigt, hangt af van de dampspanning van deze stof. Hoe hoger de dampspanning, des te groter het effect van strippen.

De dampspanning wordt vaak uitgedrukt in de dimensieloze Henry constante en weergegeven met H, HN of soms m. De dimensieloze Henry-constante is gedefinieerd als de concentratie in de lucht gedeeld door de concentratie in water bij evenwicht en is sterk afhankelijk van de temperatuur.

Op verzoek van BACO-adviesbureau BV is door Miltech een inventarisatie gemaakt van een geschikte methode om aan de hand van de waarde van de Henry-coëfficiënt van een vluchtige verbinding, een betrouwbare schatting te kunnen maken van de mate van strippen. Als voorbeeld gelden de vluchtige verbindingen carbazole en methyleenchloride waarvan diverse eigenschappen zijn vermeld in hoofdstuk 2 en 3.

In hoofdstuk 4 is een methode uitgewerkt, waarmee de mate van strippen in een aëratie-tank geschat kan worden. Hierbij wordt aangenomen dat alle lucht, die door de beluchters in het aëratiebassin gebracht wordt, verzadigd het bassin verlaat. Dat wil zeggen dat de uittredende lucht in evenwicht is met de hoeveelheid vluchtige stof die in het water aanwezig is. Eventuele verdamping aan het oppervlak wordt niet mee gerekend. Het effect van het strippen kan alleen geschat worden als de component niet afgebroken wordt in het aëratiebassin (hoofdstuk 4), maar ook indien een deel van de component verdwijnt door biologische afbraak (hoofdstuk 5). Met behulp van deze berekeningsmethode kan het stripverlies geschat worden in die aëratiebassins, op voorwaarde dat het luchtdebiet exact bekend is. Om deze reden geldt de methode in principe alleen voor beluchting.

2. HENRY-COËFFICIËNTEN EN ANDERE EIGENSCHAPPEN VAN EEN VIERTAL VLUCHTIGE VERBINDINGEN

Een samenvatting van de Henry-coëfficiënten en andere eigenschappen van de twee vluchtige verbindingen is weergegeven in tabel 1. De dimensieloze Henry-coëfficiënt H (of HN) is gedefinieerd als de concentratie in de lucht gedeeld door de concentratie in water bij evenwicht en is dimensieloos: $[\text{mol} \cdot \text{m}^{-3} / (\text{mol} \cdot \text{m}^{-3})]$ of $[\text{g} \cdot \text{m}^{-3} / (\text{g} \cdot \text{m}^{-3})]$. De Henry-coëfficiënt HLC is gedefinieerd als de partiële druk van de verbinding in de lucht gedeeld door de concentratie in water bij evenwicht (dimensie: $\text{atm}/(\text{mol}/\text{m}^3)$).

TABEL 1 SAMENVATTING VAN DE DIMENSIELOZE HENRY-COËFFICIËNTEN VAN EEN VIERTAL VLUCHTIGE STOFFEN BIJ 25 °C

CAS no	Verbinding	Oplosbaarheid in water mg/l	Henry constante		log K_{ow}	HLC/HN	HN/HLC
			HLC $\text{atm}/(\text{mol}/\text{m}^3)$	HN(dimensieloos) $(\text{mol}/\text{m}^3)/(\text{mol}/\text{m}^3)$			
86-74-8	Carbazole	7,48	1,53E-08	6,26E-07	3,59	2,44E-02	4,09E+01
75-09-2	Methyleen chloride	1,30E+04	2,19E-03	8,98E-02	1,25	2,44E-02	4,10E+01
117-81-7	di(2ethylhexyl)ftalaat (DEHP)	0,34	1,02E-07	4,18E-06	7,30	2,44E-02	4,10E+01
91-20-3	Naftaleen	3,10E+01	4,83E-04	1,98E-02	3,36	2,44E-02	4,10E+01
						0,0244	41

Met de K_{ow} wordt de octanol/water partition coëfficiënt bedoeld.

Aangeraden wordt om bij het gebruik van de waardes rekening te houden met onnauwkeurigheden die kunnen optreden tot meer dan 10%, met name voor de slecht wateroplosbare verbindingen (Gossett 1987; Shiu et al 1981). De wijze van omrekening van HLC naar HN en omgekeerd is weergegeven in appendix 1.

3. TEMPERATUURAFHANKELIJKHEID

De Henry-coëfficiënten zijn sterk temperatuurafhankelijk. Tabel 2 illustreert dit feit voor methyleenchloride.

TABEL 2

DIMENSIELOZE HENRY-COËFFICIËNT VAN METHYLEENCHLORIDE BIJ VERSCHILLENDE TEMPERATUREN (GOSSETT 1987)

Temperatuur	H (C_g/C_L bij T °C)
9,6	0,0498
17,5	0,0549
24,8	0,0895
34,6	0,129

Uit deze en andere gegevens (Gossett 1987) voor gechloreerde verbindingen, kan worden afgeleid dat bij 10 oC de Henry-coëfficiënt 1,5 tot 3 keer lager is dan bij 25°C. Het verband tussen de temperatuur en de Henry-coëfficiënt lijkt lineair te zijn.

4. STRIPEFFECT IN AFWEZIGHEID VAN BIOLOGISCHE AFBRAAK

Met behulp van de in dit hoofdstuk vermelde formules kan worden berekend welk percentage van een opgeloste stof uit een aëratiebassin 'verdwijnt' als gevolg van strippen naar de lucht. Aangenomen wordt dat het stromingspatroon in aëratiebassin voldoet aan het CSTR (continuous stirred tank reactor)-principe en dat alle lucht, die door de bellenbeluchters in het aëratiebassin gebracht wordt, verzadigd het bassin verlaat. Dat wil zeggen, dat de lucht in evenwicht is met de concentratie vluchtige stof in het water. Eventuele verdamping aan het oppervlak wordt niet mee gerekend. Deze methode is alleen bruikbaar voor aërobe tanks die onderaf met behulp van perslucht belucht worden (de hoeveelheid ingebrachte lucht is bekend, in tegenstelling tot bij oppervlakte beluchters).

De vraag is wat dan de concentratie wordt in het effluent van een perfect gemengde aëratie-tank als gevolg van strippen.

Aanname: Uitgaande lucht is in evenwicht met de stofconcentratie in de vloeistof.

$$C_{gas} = C_{vloeistof} \times H \quad C_g = C_l \times H$$

Massabalans:

$$\frac{dC_L}{dt} \times V = \boxed{\text{influent} - \text{effluent} - \text{gestripte hoeveelheid}}$$

met: $\phi_L = \text{debiet van vloeistof}$
 $\phi_g = \text{luchtdebiet}$

$$0 = \phi_L \times C_{L,inf l} - \phi_{L,eff l} - \phi_g \times H \times C_{L,eff l}$$

Omwerken van formule geeft:

$$C_L = \frac{\phi_L \times C_{L,inf l}}{\phi_L - \phi_g \times H}$$

5. STRIPEFFECT IN AANWEZIGHEID VAN BIOLOGISCHE AFBRAAK

Aannames: Uitgaande lucht is in evenwicht met de concentratie in de vloeistof.
 $G_g = C_l \times H$
 Concentratie in de vloeistof wordt gemeten en is stabiel.

Massabalans:

$$\frac{dC_L}{dt} \times V = \boxed{\text{influent} - \text{effluent} - \text{gestripte hoeveelheid} - \text{consumptie}}$$

De concentratie $C_{L,eff l}$ verandert niet, dus:

$$0 = \phi_L \times C_{L,inf l} - \phi_L \times C_L - \phi_g \times H \times C_L - r$$

$$r = \phi_L \times (C_{L,inf l} - C_L) - \phi_g \times H \times C_L$$

Definities $r =$ biologische omzettingssnelheid [mg COD.h⁻¹]

$\eta =$ verwijderingsefficiëntie in vloeistof $= 1 - C_{L,eff l}/C_{L,inf l} = (C_{inf l} - C_{L,eff l})/C_{inf l}$

$\eta_{biol} =$ fractie afbraak $= r/(\phi_L \times C_{L,inf l})$

$$\eta_{biol} = \frac{r}{\phi_L \times C_{L,inf l}} = \frac{\phi_L \times (C_{L,inf l} - C_{L,eff l}) - \phi_g \times H \times C_{L,eff l}}{\phi_L \times C_{L,inf l}}$$

$$\eta_{biol} = \frac{C_{L,inf l} - C_{L,eff l}}{C_{L,inf l}} - \frac{\phi_g}{\phi_L} \times H \times \frac{C_{L,eff l}}{C_{L,inf l}}$$

$$\eta_{biol} = \eta - \frac{\phi_g}{\phi_L} \times H \times (1 - \eta)$$

CONCLUSIE

Als de verwijderingsefficiëntie (η) gemeten wordt, kan het aandeel afbraak (η_{biol}) berekend worden. De fractie die door strippen verdwijnt, is $(\eta - \eta_{biol})$. De benodigde parameters zijn de debieten van lucht en vloeistof alsmede de Henry-coëfficiënt.

6. VOORBEELDBEREKENING VOOR DEHP EN NAFTALEEN

Aan de hand van berekeningen is bepaald welk percentage van DEHP [70] en naftaleen [68], die voorkomen in het influent, uit de vloeistof gestript worden in de aëratietank van de rwzi Bath. Deze rwzi is in het rekenvoorbeeld genomen omdat deze bekend staat als een rwzi waar relatief veel industrieel afvalwater wordt verwerkt, de persluchtgegevens continue gemeten worden en één van de zes rwzi's is, waarvan om de vier jaar de effluentkwaliteit wordt gemonitord in het kader van de PRTR.

De berekening is uitgevoerd met de aanname dat er geen biologische en/of chemische afbraak van DEHP respectievelijk naftaleen plaatsvindt. Dit komt neer op een *worstcase* benadering. Als in de aëratietank van de rwzi Bath biologische afbraak van DEHP respectievelijk naftaleen plaatsvindt, zal het stripverlies altijd minder zijn. Dit geldt ook als er DEHP respectievelijk naftaleen aan het actiefslib wordt geadsorbeerd (de mate waarin wordt bepaald door de waarde van het $\log K_{ow}$ -getal).

SCHATTING:

De achtergrond van de berekening, inclusief de significante kengetallen van de rwzi Bath, zijn weergegeven in appendix 2.

Voor DEHP geldt: $C_{\text{gas}} = 4,18 \times 10^{-6} \cdot C_{\text{vloeistof}}$

Vul nu de dampspanning van DEHP in bij de gegevens van de rwzi Bath, aannemende dat er geen biologische afbraak optreedt:

$$C_{L,\text{effl}} = \frac{\phi_L \times C_{L,\text{infl}}}{\phi_L + \phi_g \times H}$$

H = $4,18 \times 10^{-6}$ bij 25°C (mol/m³)/(mol/m³) = dimensieloos
 = 100,64 m³ water/IE₁₅₀ per jaar
_g = 307 Nm³ lucht/IE₁₅₀ per jaar (dit betreft het persluchtdebiet, gebaseerd op het gemiddelde van de jaren 2009 en 2010).

Het resultaat van deze berekening is weergegeven in tabel 3.

TABEL 3 BEREKENING EMISSIE VAN DEHP EN NAFTALEEN OP RWZI BATH

Formule	Eenheid	DEHP	Naftaleen
Specifiek luchtdebiet	Nm ³ lucht/IE ₁₅₀ /jaar	307	307
Q _g = Q _L			
Belasting rwzi Bath	IE ₁₅₀	432.000	432.000
H (=HN) dimensieloos	(mg/m ³)/(mg.m ³)	4,18E-06	1,98E-02
Concentratie stof influent	µg/l	1,80E+01	1,95
Concentratie stof effluent	µg/l	0,154	0,006
Gestripte hoeveelheid stof per IE ₁₅₀ per jaar	mg/IE ₁₅₀ /jaar	1,98E-04	3,65E-02
Gestripte hoeveelheid stof per jaar voor de gehele rwzi	mg/jaar	8,54E+01	1,58E+04

UITKOMST:

Ervan uitgaande dat geen biologisch afbraak en/of hechting aan het actiefslib van de twee stoffen plaatsvindt in de aëratietank van de rwzi Bath, is bij 25 °C de gestripte hoeveelheid DEHP en naftaleen respectievelijk 0,085 gram/jaar en 15,8 gram/jaar.

7. CONCLUSIES

Uit dit literatuuronderzoek mag geconcludeerd worden dat de Henry-coëfficiënten van zeer veel, in de waterzuivering relevante, vluchtige verbindingen bekend zijn bij 25 °C. Voor andere temperaturen dan 25°C zijn soms gegevens bekend of kan een schatting gemaakt worden.

Voor een beluchtingssysteem waarin met perslucht gewerkt wordt, kan de gestripte hoeveelheid vluchtige stof geschat worden als de debieten van lucht en vloeistof en de Henry-coëfficiënt bekend zijn, en de overall verwijderingsefficiëntie gemeten is.

Voor andere type beluchtingssystemen, waarbij het beluchtingsdebiet niet exact bekend is, kan deze methode niet gebruikt worden. Ook verdamping aan het wateroppervlak, bijvoorbeeld als gevolg van wind, is met deze methode niet te bepalen.

De wijze waarop de omvang van de emissie is berekend, dient beschouwd te worden als een *worst case*-benadering, omdat biologische afbraak en/of hechting aan het actief slib niet zijn meegerekend. Derhalve dient de berekende emissie ook beschouwd te worden als *worst case*. In werkelijkheid zal de emissie lager zijn.

8. LITERATUUR

Amoore JE, Hautala E. 1983. Odor as an aid to chemical safety: odor thresholds compared with threshold limit values and volatilities for 214 industrial chemicals in air and water dilution. J. Appl. Toxicol. 3: 272-290.

Gossett JM. 1987. Measurement of Henry's law constant for C1 and C2 chlorinated hydrocarbons. Environ. Sci. Technol. 21: 202-208.

McKay D, Shiu WY. 1981. A critical review of Henry's law constants for chemicals of environmental interest. J. Phys. Chem. Ref. Data 10: 1175-1199.

Sander R. 1999. Version 3 (April 8, 1999) Compilation of Henry's Law Constants for Inorganic and Organic Species of Potential Importance in Environmental Chemistry

Soil Screening Guidance (SSG), table 36, Chemical-Specific Properties Used in Soil screening levels calculations (EPA, USA)

APPENDIX 1. FYSISCH EN CHEMISCHE EIGENSCHAPPEN VAN EEN GROOT AANTAL PRTR-PARAMETERS

PRTR-no CAS no.	i-PRTR parameter	oplosbaar- heid	molecuul gewicht	dampdruk	berekende HLC	Henry- coëfficiënt HLC	Henry coëfficiënt HN	Partitie coëfficiënt	HLC/HN	HN/HLC	Lijst van bronnen
		mg/l	g/mol	Pa	atm.m ³ /mol	atm.m ³ /mol	dimensionless	log Kow	-	-	
26	309-00-2 Aldrin	1,80E-01	364,91	0,0159	3,18E-04	1,70E-04	6,97E-03	6,50	2,44E-02	4,10E+01	1, 2
28	57-74-9 Chlordane	5,60E-02	409,78			4,86E-05	1,99E-03	6,32	2,44E-02	4,09E+01	1
33	50-29-3 DDT	2,50E-02	354,49	2,10E-05	2,94E-06	8,10E-06	3,32E-04	6,53	2,44E-02	4,10E+01	1, 2
35	75-09-2 Methylene chloride	1,30E+04	84,93			2,19E-03	8,98E-02	1,25	2,44E-02	4,10E+01	1
36	60-57-1 Dieldrin	1,95E-01	380,91			1,51E-05	6,19E-04	5,37	2,44E-02	4,10E+01	1
39	72-20-8 Endrin	2,50E-01	380,91			7,52E-06	3,08E-04	5,06	2,44E-02	4,10E+01	1
41	76-44-8 Heptachlor	1,80E-01	373,32	0,05329	1,09E-03	1,09E-03	4,47E-02	6,26	2,44E-02	4,10E+01	1, 2
42	118-74-1 Hexachlorobenzene	6,20E+00	284,78	0,0024	1,09E-06	1,32E-03	5,41E-02	5,89	2,44E-02	4,10E+01	1, 2
44	608-73-1 1,2,3,4,5,6-hexachloorcyclohexaan (HCH) som α, β, γ	5,10E-01					2,35E-04	3,80			3, 5
45	58-89-9 γ-HCH (Lindane)	8,52E+00	290,83	4,40E-03		1,48E-05	5,74E-04	3,73	2,58E-02	3,87E+01	1, 3
46	2385-85-5 Mirex					8,20E-06	3,36E-04				5
47	PCDD + PCDF (dioxinen + furanen) als Teq (data gebaseerd op 2,3,7,8-tetrachloor dibenzo-p-dioxine)	6,12E-05	322	1,60E-06	8,31E-05	2,47E-05	1,01E-03	4,60			5, 8
48	608-93-5 Pentachloorbenzeen										5
49	87-86-5 Pentachlorophenol	1,95E+03	266,34	0,01467	1,98E-08	2,44E-08	1,00E-06	5,09	2,44E-02	4,10E+01	1, 2
50	1336-36-3 Polychloorbifenylen (PCBs)	0,7				1,60E-03	1,07E-01				5
52	127-18-4 Tetrachloroethylene	2,00E+02	165,83			1,84E-02	7,54E-01	2,67	2,44E-02	4,10E+01	1
53	56-23-5 Carbon tetrachloride	7,93E+02	153,82			3,04E-02	1,25E+00	2,73	2,43E-02	4,11E+01	1
55	71-55-6 1,1,1-Trichloroethane	1,33E+03	133,4			1,72E-02	7,05E-01	2,48	2,44E-02	4,10E+01	1
56	79-34-5 1,1,2,2-Tetrachloroethane	2,97E+03	167,85			3,45E-04	1,41E-02	2,39	2,45E-02	4,09E+01	1
57	79-01-6 Trichloroethylene	1,10E+03	131,39			1,03E-02	4,22E-01	2,71	2,44E-02	4,10E+01	1
58	67-66-3 Chloroform	7,92E+03	119,38			3,67E-03	1,50E-01	1,92	2,45E-02	4,09E+01	1
59	8001-35-2 Toxaphene	7,40E-01	413,81			6,00E-06	2,46E-04	5,50	2,44E-02	4,10E+01	1
60	75-01-4 Vinyl chloride	2,76E+03	62,5			2,70E-02	1,11E+00	1,50	2,43E-02	4,11E+01	1
61	120-12-7 Anthracene	4,34E-02	178,23			6,50E-05	2,67E-03	4,55	2,43E-02	4,11E+01	1
62	71-43-2 Benzene	1,75E+03	78,11			5,55E-03	2,28E-01	2,13	2,43E-02	4,11E+01	1

68	91-20-3	Naphthalene	3,10E+01	128,17	4,83E-04	1,98E-02	3,36	2,44E-02	4,10E+01	1
70	117-81-7	Bis(2-ethylhexyl)phthalate	3,40E-01	390,56	1,02E-07	4,18E-06	7,30	2,44E-02	4,10E+01	1
72,1	50-32-8	Benzo(a)pyrene	1,62E-03		1,13E-06	4,63E-05	6,11	2,44E-02	4,10E+01	1
72,2	205-99-2	Benzo(b)fluoranthene	1,50E-03	252,32	1,11E-04	4,55E-03	6,20	2,44E-02	4,10E+01	1
72,3	207-08-9	Benzo(k)fluoranthene	8,00E-04	252,31	8,29E-07	3,40E-05	6,20	2,44E-02	4,10E+01	1
72,4	193-39-5	Indeno(1,2,3-cd)pyrene	2,20E-05	276,34	1,60E-06	6,56E-05	6,65	2,44E-02	4,10E+01	1
73	108-88-3	Toluene	5,26E+02	92,14	6,64E-03	2,72E-01	2,75	2,44E-02	4,10E+01	1
85	74-90-8	hydrogen cyanide	miscible	27,03	5,10E-02	2,094E+00	0,66	2,44E-02	4,11E+01	5
90	36355-01-8	Hexabromobiphenyl	0,001	627,59	1,10E-06	4,50E-05		2,44E-02	4,09E+01	7
91	191-24-2	Benzo(g,h,i)perylene	2,60E-04	276,33	1,00E-07	5,74E-06	7,00	2,44E-02		4, 5, 6

HN = Dimensionless Henry's law constant (HLC[atm.m³/mol * 41] (25 °C) (mol/m³)/(mol/m³)

Kow = Octanol/water partition coefficient

HLC (dimensionless): calculated by using the equation: HLC = vapor pressure * molecular weight/solubility

(3) Totale massa fluorkoolwaterstoffen: som van HFK23, HFK32, HFK41 (CAS 430-57-9), HFK43-10mee, HFK125, HFK134, HFK134a, HFK143, HFK143a, HFK152a, HFK227ea, HFK236fa, HFK245ca, HFK365mfc

(4) Totale massa perfluorkoolwaterstoffen: som van CF4, C2F6, C3F8 (CAS 76-19-7), C4F10, c-C4F8, C5F12 (CAS 678-26-2), C6F14 (CAS 355-42-0).

(5) Totale massa van de stoffen van groep VIII van bijlage I bij Verordening (EG) nr. 2037/2000 van het Europees Parlement en de Raad van 29 juni 2000 betreffende de ozonlaag afbrekende stoffen (PBL 244 van 29.9.2000, bladzijde 1). Verordening gewijzigd bij Verordening (EG) nr. 1804/2003 (PB L 265 van 16.10.2003, biz. 1), met inbegrip van hun isomeren.

(6) Totale massa van de stoffen van groep I en II van bijlage I bij Verordening (EG) nr. 2037/2000, met inbegrip van hun isomeren.

(7) Totale massa van de stoffen van groep II I en VI van bijlage I bij Verordening (EG) nr. 2037/2000, met inbegrip van hun isomeren.

(8) Alle metalen worden gerapporteerd als de totale massa van het element in alle chemische vormen aanwezig in de uitstoot.

vetgedrukt: stof die in de rekenvoorbeelden van hoofdstuk 6 zijn gebruikt

Omrekening HLC naar HN			graden Celcius	graden Kelvin
1 mol/m ³ van een stof =	22,4	liter/m ³	bij: 0	273
1 mol/m ³ van een stof =	24,45128	liter/m ³	bij: 25	298
1 mol/m ³ van een stof =	0,024451	atm		
1 atm 25 graden Celsius	41	mol/m ³		
HN =	HLC	vermenigvuldigd met:		
		41		

Informatie inzake oplosbaarheid, dampdruk, Henry-coëfficiënt en Kow is afkomstig uit verschillende bronnen. De bronverwijzing is opgenomen in de kolom 'Lijst van bronnen':

1 Soil Screening Guidance (SSG), table 36, Chemical-Specific Properties Used in Soil screening levels calculations (EPA, USA)

2 Hansler RJ, Herwijnen R van, Posthumus R. 2004. Indicatieve milieukwaliteitsnormen voor prioritaire stoffen 2004. RIVM.

3 Common implementation. Strategy for the water framework directive. Environmental Quality Standards. Substance data sheet. Priority Substances no 18. Hexachloorhexanes

4 Handbook of FC Properties and environmental fate for organic chemicals. Mackay1

5 Sander R. 1999. Compilation of Henry's law constants

6 Chemical properties for calculation of Impact to ground water soil remediation standards

7 Factsheet EPA Emerging Contaminant PBDEs PBBs 12-2010

8 Intermedia transfer factors for contaminants hazardous waste sites 2378-TCDD Dioxine, University of California 1994

APPENDIX 2. BEREKENING EMISSIECOEFFICIËNT VOOR BEPAALDE STOFFEN VANUIT DE BELUCHTINGSBASSINS VAN DE RWZI BATH

	wel/geen variabele	eenheid	waarde	opmerking
rwzi				
belasting rwzi	*	IE _{150wb}	431.905	Bath (beheerd door w'schap Brabantse Delta) peiljaar 2009 en 2010
type beluchting rwzi	*		bellenbeluchting	
luchtinbreng in praktijk	*	Nm ³ lucht/kWh	56	waarde berekend op basis van praktijkwaarnemingen rwzi Bath
specifieke luchtinbreng	*	Nm ³ lucht/IE _{150wb} /jaar	307	waarde berekend op basis van praktijkwaarnemingen rwzi Bath
voorbeeld stof 1			di(2ethylhexyl)-ftalaat (DEHP)	
			[70]	
Henry constante HLC	*	atm.m ³ /mol	1,02E-07	
Henry constante HN	*	(mg/m ³)/(mg/m ³)	4,18E-06	dimensieloos
C stof influent	*	µg/l of mg/m ³	1.80E+01	
C stof effluent	*	µg/l of mg/m ³	17,2	met deze concentratie wordt gerekend; de reden daarvoor is dat de in het effluent voorkomen concentratie dezelfde is als die van de aëratietank, waarin zich het beluchtingsproces afspeelt
Gestripte stofhoeveelheid		mg/IE _{150wb} /jaar	0,0221	
Gestripte stofhoeveelheid op jaarbasis voor de rwzi Bath		mg/jaar		
voorbeeld stof 2			naftaleen [68]	
Henry constante HLC	*	atm.m ³ /mol	4,83E-04	
Henry constante HN	*	(mg/m ³)/(mg/m ³)	1,98E-02	dimensieloos
C stof influent	*	µg/l of mg/m ³	1,95	
C stof effluent	*	µg/l of mg/m ³	0,7	met deze concentratie wordt gerekend; de reden daarvoor is dat de in het effluent voorkomen concentratie dezelfde is als die van de aëratietank, waarin zich het beluchtingsproces afspeelt
Gestripte stofhoeveelheid		mg/IE _{150wb} /jaar	4,26	
Gestripte stofhoeveelheid op jaarbasis voor de rwzi Bath		mg/jaar		

*: aanduiding voor variabele waarde

Berekeningen zijn gebaseerd op de werkelijke ingebrachte hoeveelheden perslucht op de rwzi Bath in de jaren 2009 en 2010, gegeven in de volgende tabel.
Bron: waterschap Brabantse Delta , 7 juni 2012

98 BELASTING EN BELUCHTINGSGEGEVENS AëRATietANKS RWZI BATH OVER DE JAREN 2009, 2010 EN 2011

Jaar	Belasting rwzi op IE _{150wb} werkelijke belasting als	influent jaardebiet van de rwzi m ³ /j	verbruik energie tbv het beluchtingsproces kWh/j	hoeveelheid perslucht die ingebracht is Nm ³ /j	specifieke lucht-hoeveelheid Nm ³ /kWh	specifieke beluchtings-hoeveelheid Nm ³ /IE _{150wb}	specifieke beluchtings-hoeveelheid Nm ³ /m ³ influent
2009	417.570	38.138.710	2.352.818	137.015.000	58	328	3,6
2010	446.240	40.494.100	2.394.131	127.353.000	53	285	3,1
2011	455.171	37.239.067	3.262.653	159.700.000	49	351	4,3
gemiddelde op basis van 2009 en 2010	431.905	39.316.405	2.373.475	132.184.000	56	307	3,4

Opmerking: in 2011 is relatief veel belucht vanwege een calamiteit. Om deze reden is het jaar 2011 niet meegenomen in het rekenkundig gemiddelde.