

Achtergronddocument

methaan- en lachgasemissies door rioolwaterzuiveringsinstallaties



Auteurs
Maaïke Hoekstra, Ruby Neervoort en Frank Groot
(Afdeling waterketen, cluster kennis & ontwikkeling)

Registratienummer
22.0570551

1 Inleiding

HHNK werkt binnen het effect Schoon water aan het transporteren en zuiveren van afvalwater en het verwerken van zuiveringsslib. Deze processen kosten veel energie. Het primaire energiegebruik van de waterketen veroorzaakt jaarlijks 36.000 ton CO₂¹.

Daarnaast komen bij het zuiveringsproces de sterkere broeikasgassen methaan (CH₄) en lachgas (N₂O) vrij. Deze gassen worden niet meegenomen in de verschillende berekening van de CO₂-footprint, niet in de klimaatmonitor, de MJA3 noch bij de CO₂-prestatieladder. Toch is in het Klimaat en energie-programma (KEP) opgenomen dat deze sterke broeikasgassen moeten worden aangepakt (*'De uitstoot van lachgas en methaan van rwzi's wordt voor 2025 geminimaliseerd'*). In het najaar van 2022 wordt het algemeen bestuur van HHNK aan de hand van een koersdocument (22.0527827) gevraagd een ambitie en stappenplan vast te stellen voor de minimalisatie van methaan- en lachgasemissies. De voorliggende notitie dient als achtergronddocument en onderbouwing van de in het koersdocument voorgestelde maatregelen.

In mei 2022 is met het algemeen bestuur van HHNK een themabijeenkomst broeikasgassen gehouden. Ten behoeve van deze bijeenkomst zijn drie minicolleges gemaakt. Deze filmpjes zijn te vinden met de onderstaande links:

Minicollege 1: Broeikasgas emissies van de waterketen

<https://youtu.be/Q3uuLTrwOmo>

Minicollege 2: Methaan emissies uit de zuivering

<https://youtu.be/aDz2peCBdHQ>

Minicollege 3: Lachgas emissies uit de zuivering

<https://youtu.be/b7W5W3bvfEI>

Afbakening voor deze notitie zijn de methaan- en lachgasemissies door de rwzi's. Andere emissiebronnen zoals veenweidegebieden, transport of landbouw worden in dit document buiten beschouwing gelaten. Het document heeft de volgende opbouw:

Hoofdstuk 2: Broeikasgasemissies in de watersector

Dit hoofdstuk beschrijft de broeikasgassen en de problematiek rondom versterkte broeikasgassen, zoomt in op de CO₂-footprint van HHNK en de footprint van de afvalwaterketen.

Hoofdstuk 3 en 4:

Hoofdstuk 3 beschrijft de methaanemissies door rwzi's en hoofdstuk 4 de lachgasemissies. Beide hoofdstukken leggen uit waar in het zuiveringsproces de emissies ontstaan en welke factoren een rol spelen bij de omvang van de emissies. Vervolgens wordt gekeken naar hoe landelijk wordt omgegaan met deze emissies. Als laatste zijn in deze hoofdstukken emissie-reducerende maatregelen beschreven.

¹ uit (2019; KEP evaluatie 2020, de CO₂ uit groene stroom is hierin niet meegenomen, de CO₂ productie uit biogas wel, zie Corsa 20.43137)

2 Broeikasgas-emissies in de watersector

Van nature komen broeikasgassen zoals CO₂, CH₄ en N₂O voor in de atmosfeer. Deze stoffen zorgen dat de warmte van de zon wordt vastgehouden en de temperatuur op aarde gemiddeld 15 graden is. Door menselijk handelen komen er meer broeikasgassen in de atmosfeer. Dit wordt het 'versterkte broeikaseffect' genoemd. Door het versterkte broeikaseffect verandert het klimaat. Dat heeft allerlei gevolgen: de zeespiegel stijgt, het weer wordt extremer (hevige regenbuien, meer hittegolven) en sommige delen van de aarde worden droger. Om deze veranderingen te beperken wil HHNK de door haar veroorzaakte uitstoot reduceren.

Dit hoofdstuk beschrijft de akkoorden waarbij HHNK direct of indirect is betrokken. Vervolgens wordt beschreven wat de CO₂-footprint van HHNK en de waterketen is. Als laatste komt de impact van reductiemaatregelen op de CO₂-footprint van waterketen aan bod.

2.1 Ontwikkelingen in de watersector om de uitstoot van broeikasgassen te reduceren

Klimaatakkoord van Parijs

Het Klimaatakkoord van Parijs is in 2015 een mijlpaal in de mondiale bewustwording van de klimaatcrisis en een referentiepunt van het mondiale klimaat- en energiebeleid. In het akkoord is vastgelegd dat de opwarming van de aarde moet worden afgeremd en beperkt tot anderhalve graad of ten hoogste twee graden Celsius ten opzichte van de gemiddelde temperatuur aan het begin van de industriële revolutie.

Rapporten van het IPCC ²

Recentelijk zijn drie rapportages verschenen van het International Platform on Climate Change (IPCC). Deze hebben achtereenvolgens betrekking op het snelle verloop van de klimaatveranderingen (fysieke processen), de mogelijkheden om ons hieraan aan te passen (klimaatadaptatie) en de maatregelen die nodig zijn om verdere opwarming tegen te gaan door vermindering van de uitstoot van broeikasgassen (klimaatmitigatie).

Klimaatakkoord

Het Klimaatakkoord is in oktober 2019 ondertekend door alle waterschappen. In de uitwerking van het Klimaatakkoord hebben de waterschappen actief deelgenomen aan de Klimaattafels (Unie van Waterschappen, 2020). Naast de doelstellingen met betrekking tot reductie van broeikasgasemissies zijn in het Klimaatakkoord landelijke doelstellingen voor productie van duurzame energie opgenomen, zoals de doelstelling dat in 2030 70% van de totale elektriciteitsproductie hernieuwbaar opgewekt moet worden. Om een bijdrage te leveren aan de productie van duurzame energie hebben de waterschappen afgesproken in 2025 energieneutraal te zijn.

Fit for 55

In het kader van de Europese Green Deal en de Europese klimaatwet hebben de EU en de Nederlandse regering zich verbonden aan het doel uiterlijk in 2050 klimaatneutraal te zijn. Dat betekent dat de uitstoot van broeikasgassen de komende decennia sterk moet dalen. Als tussenstap naar klimaatneutraliteit heeft de EU haar ambitie voor 2030 opgevoerd: de emissies moeten tot en met dat jaar met minstens 55% naar beneden. Het kabinet wil in samenhang werken aan een klimaatneutrale, fossielvrije en circulaire toekomst. In het Coalitieakkoord zijn groen gas, waterstof en aquathermie benoemd als essentiële energiedragers binnen het

² [IPCC Deel 1](#)
[IPCC Deel 2](#)
[IPCC Deel 3](#)

toekomstige energiesysteem. Dit raakt ook de waterschappen, want dit zijn bouwstenen van het klimaat- en energiebeleid van de waterschappen.

Op weg naar klimaatneutraliteit

Met deze strategische visie beoogt de Unie van Waterschappen sectorale ambities vast te stellen voor 2035. Daarbij leggen de waterschappen vast wanneer zij klimaatneutraal willen zijn, hoe zij kunnen bijdragen aan de klimaatneutraliteit van Nederland en wat daarvoor nodig is. Hierbij worden meerdere opgaves integraal (inclusief stikstofemissies en klimaatadaptatie) bekeken en worden maatregelen genomen op die aspecten waarvan de impact het grootst is. Tegelijkertijd wordt onderzoek uitgevoerd naar innovatieve technieken die kunnen helpen de doelen sneller en efficiënter te realiseren.

De belangrijkste ambities en doelstellingen van de waterschappen in de visie:

1. Open houding voor samenwerking met omgeving op klimaatambities
2. Voorbeeldfunctie klimaatbeleid laten zien in verbinding met waterbeheer en klimaatadaptatie
3. Doelstelling van 100% energieneutraal in 2025
4. Ambitie van 100% klimaatneutraal in 2035 voor eigen processen (scope 1 en 2)
5. Ambitie van 100% klimaatneutraal in 2035 in de keten (scope 3)
6. Aanvullende inzet van potentieel duurzame energiebronnen t.b.v. 100% klimaatneutraliteit
7. Medeverantwortelijkheid nemen reductie broeikasgassen veenweiden en oppervlaktewater
8. Meekoppelen van klimaatadaptatie en waterkwaliteit via RES'en en gebiedsontwikkeling
9. Afspraken over duurzaam opdrachtgeverschap en koppeling met doelen circulaire economie

2.2 CO₂-footprint van HHNK

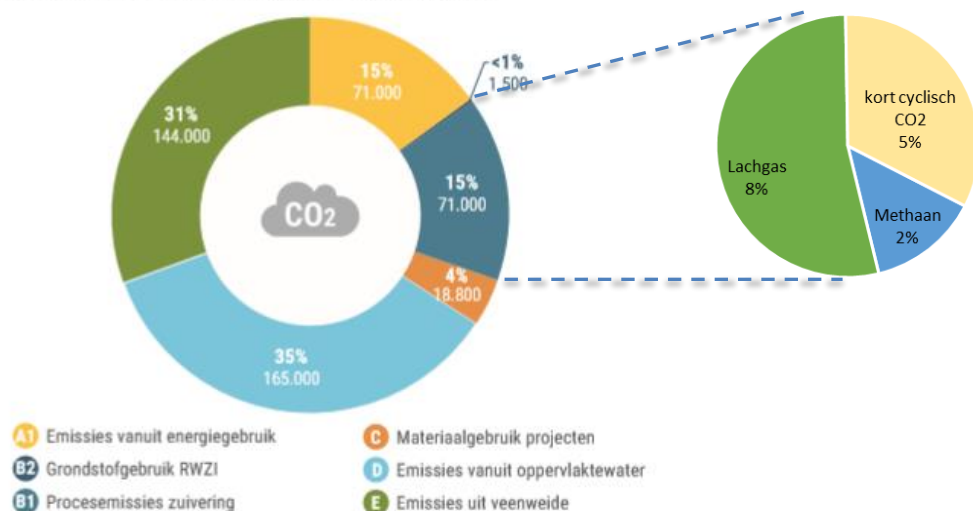
HHNK heeft een maatschappelijke verantwoordelijkheid in de transitie naar een duurzame, klimaatneutrale en circulaire toekomst. Door de Unie van Waterschappen zijn afspraken gemaakt over de reductie van broeikasgasemissies en de overgang naar volledig circulaire waterschappen. Om inzicht te krijgen in de impact die HHNK op zijn omgeving heeft, is een nulmeting van stofstromen en bijhorende CO₂-impact uitgevoerd (22.0520461).

Onderstaande figuur toont de emissies van HHNK in 2020, omgerekend naar CO₂-equivalenten. De meeste emissies zijn niet direct gemeten, maar berekend aan de hand van kentallen. De emissies van de waterketen vallen vooral in de kwadranten Energiegebruik, Grondstofgebruik rwzi en Procesemissies zuivering.

CO₂-equivalenten worden gebruikt om het broeikasgaseffect van verschillende broeikasgassen met elkaar te kunnen vergelijken. Voor elke kilo broeikasgas is uitgerekend hoe groot het effect is, als het om kilo's CO₂ zou gaan. Dit komt voor lachgas neer op een omrekenfactor van 265 (1 kilo lachgas heeft het effect van 265 kilo CO₂) en voor methaan op een omrekenfactor van 28.

Daarnaast is de zogenaamde *halfwaardetijd* van moleculen in de atmosfeer van belang in de broeikasgasdiscussie. Onder invloed van de straling kunnen moleculen niet eeuwig blijven bestaan in de atmosfeer; ze vallen op termijn uiteen in kleinere moleculen of atomen. De tijd waarin de helft van de moleculen uiteengevallen is wordt *halfwaardetijd* genoemd. De halfwaardetijd van de verschillende broeikasgassen verschilt: voor CO₂ is dit 120 jaar, voor methaan 10,5 jaar en voor lachgas 132 jaar. Het door HHNK uitgestoten methaan zal dus veel korter in de atmosfeer aanwezig zijn dan het uitgestoten lachgas en CO₂.

CO₂-impact totaal hoogheemraadschap hollands noorderkwartier



Figuur 5.1: Totale CO₂-impact (ton) hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier (2020).

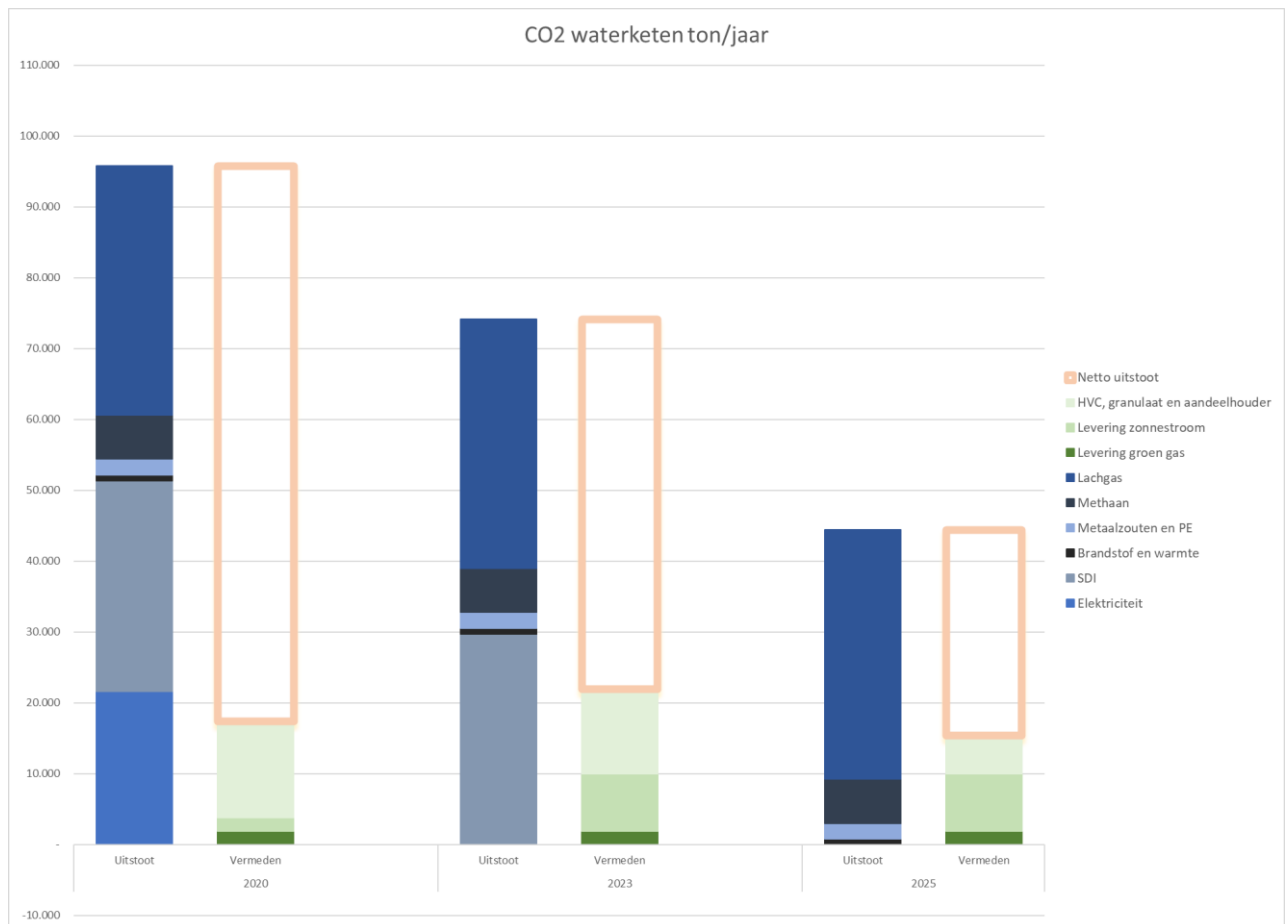
Figuur 1: Schatting van de emissies van CO₂ (equivalenten) van HHNK in 2020.

HHNK is nauw betrokken bij de landelijke kennisontwikkeling en heeft met theoretische getallen de methaan -en lachgasemissies in beeld gebracht en omgerekend naar CO₂-equivalenten. Voor de nulmeting zijn de emissies van CO₂, CH₄ en N₂O berekend. In deze notitie wordt uitsluitend gefocust op de mogelijkheden om de emissies van lachgas en methaan door rwzi's te minimaliseren.

2.3 Broeikasgasemissies uit de waterketen

Het totaal aantal CO₂-equivalenten vanuit de waterketen is ongeveer 25% van de totale uitstoot van HHNK. Deze uitstoot zien we in figuur 1 terug in de onderdelen Emissies vanuit energieverbruik, Grondstofgebruik rwzi en Procesemissies zuivering.

In figuur 2 wordt ingezoomd op de CO₂-uitstoot van de waterketen in 2020, 2023 en 2025. De linker kolom (per jaartal) representeert de uitstoot van dat jaar per onderdeel van de waterketen. Naast het veroorzaken van emissies zorgen we voor productie van duurzame energie. Dit is in de groene, rechter kolom weergegeven. Door zelf energie te produceren vermijden we eventuele CO₂-emissies door andere energieleveranciers (bijvoorbeeld kolencentrales). De groene kolom is opgebouwd uit de productie van groen gas (momenteel op de rwzi Beverwijk), groene stroom uit de zonnepanelen en groene energie die HVC maakt uit het gedroogde slib (granulaat) dat in de Bio-energie centrale in Alkmaar wordt verbrand. De netto uitstoot is weergegeven in oranje.



Figuur 2: Tonnen CO₂ equivalenten uitgestoten door de waterketen, per jaar.

De grafiek laat zien dat de emissies van lachgas en methaan (uitgedrukt in CO₂-equivalenten) een substantieel aandeel vormen van de totale emissie. In de toekomst zullen de CO₂-emissies voor het energiegebruik van HHNK sterk afnemen door het sluiten van de SDI, de eigen productie met zonnepanelen en de inkoop van duurzame elektriciteit.

2.4 Opgave waterketen

Ook als de waterketen alle bekende/geplande maatregelen neemt om de CO₂-equivalentenemissies te reduceren (dus emissies ten gevolge van het energiegebruik uit aardgas en stroom), blijft er netto een uitstoot over. Deze uitstoot wordt veroorzaakt door de lachgas- en methaanemissies die vrijkomen tijdens het zuiveringsproces³. Om de ambities van de Unie van Waterschappen te halen (reductie voor methaan, sliblijn 80%; lachgas, 50% in 2030) moeten we aan de slag met het reduceren van onze emissies. Er zal echter altijd een deel van de klimaatvoetafdruk overblijven dat niet volledig kan worden weggenomen, bijvoorbeeld het lachgas op de rioolwaterzuivering. We kunnen die onvermijdbare eigen voetafdruk compenseren met het opwekken en/of leveren van duurzame energie of terugbrengen door vastlegging van CO₂.

In de hoofdstukken 3 en 4 wordt achtergrondinformatie gegeven over de emissies van methaan (hoofdstuk 3) en lachgas (hoofdstuk 4) en hoe we deze kunnen reduceren.

³ Met de huidige kennis wordt de uitstoot ingeschat op respectievelijk 1,2% en 0,9% van de totale broeikasgasemissies van deze gassen in Nederland (bron: Beleidsverkenning broeikasgassen Aquafarm Bioclear Earth 5 februari 2020).

3 Methaanemissies door rwzi's

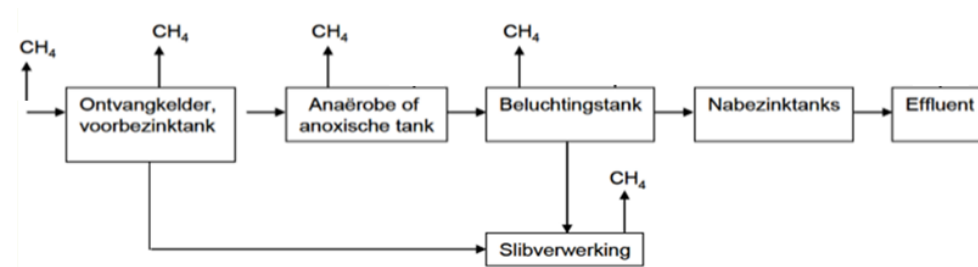
Methaan is een kleur- en reukloos gas dat vrijkomt tijdens de afbraak van organische stoffen. In de natuur komt het voor in natte gebieden zoals moerassen en veengebieden. Methaan wordt daarom ook wel 'moerasgas' genoemd. Ook ontstaat het gas door het verteren van voedsel door mensen en dieren. De uitstoot vindt vooral plaats in de veehouderij, maar ook in de afvalwaterketen. Daarnaast komt methaan vrij door het produceren van fossiele brandstoffen (olie, kolen en gas), landbouw (rijst en veeteelt) en afvalstort. Als broeikasgas is methaan zo'n 28 keer sterker dan CO_2 , en zorgt voor ongeveer 20 procent van het broeikaseffect. De halfwaardetijd van methaan is 10,5 jaar.

Dit hoofdstuk zoomt in op methaanemissies door rwzi's. Hierbij wordt stilgestaan bij de locatie, parameters die van invloed zijn en methaanemissies door de rwzi's van HHNK. Het hoofdstuk sluit af met mogelijkheden om de methaanemissies te reduceren.

3.1 Methaanemissies door rwzi's

Locatie

In de rwzi's komt methaan (CH_4 in onderstaande figuur 3) vrij in de ontvangstkelder, de anaerobe of anoxische tank, in de beluchtingstank en tijdens de slibverwerking. Dit is hieronder schematisch weergegeven.



Figuur 3: Schematische weergave van de rwzi met de plaatsen waar methaanemissies kunnen ontstaan⁴.

Een deel van het methaan wordt al gevormd in het rioleringsstelsel en komt vrij in de pompputten van de rioolgemalen, het ontvangstwerk van de rwzi en in de eerste stappen van het zuiveringsproces. In de riolering is de vorming van methaan een ongecontroleerd proces. De hoeveelheid wordt ingeschat op 90% van de methaanemissies door de rwzi's van HHNK. De lucht die uit de pompputten komt wordt op dit moment van H_2S ontdaan met behulp van een chemisch filter. Onderzocht moet worden of en in hoeverre dit filter ook methaan verwijdert. In de eerste tanks van een rwzi kan onder anaërobe omstandigheden CH_4 worden gevormd. Deze tanks zijn afgedekt en worden afgezogen. Daardoor vindt emissie van CH_4 pas plaats na de luchtbehandeling. Op dit moment is de luchtbehandeling niet ontworpen voor het afvangen van methaan en wordt maar een deel hiervan verwijderd. In de beluchtingstank kan zich CH_4 vormen door de aanwezigheid van methanogenen bacteriën in het slib. Deze bijdrage aan methaanvorming in een rwzi is echter beperkt. Emissie van methaan uit de beluchtingstank zal eerder het gevolg zijn van het strippen van methaan uit het influent dan door vorming van methaan in een anaërobe tank.

Daarnaast ontstaat methaan op gecontroleerde wijze bij het produceren van biogas (circa 60% van het biogas is methaan) door het vergisten van biomassa (primair en secundair slib). Dit CH_4 wordt benut om met gasmotoren elektriciteit op te wekken en/of warmte te leveren voor diverse processen op de rwzi, of wordt opgewerkt tot groen gas. Verder is sprake van methaanemissie uit

⁴ Beleidsverkenning broeikasgassen Aquafarm Bioclear Earth 5 februari 2020

slibbuffers, slibindikers of tijdens slibverlading⁵. Bij het verwerken en transport van (vergist) slib ontsnapt methaan; ongeveer 10% van de totale methaanemissies op de rwzi's van HHNK.

Parameters

Op dit moment lijken de belangrijkste factoren bij de emissie:

- de verblijftijd van het afvalwater in het (gesloten) transportsysteem (lengte en diameter)
- temperatuur van het afvalwater in het (gesloten) transportsysteem
- de verblijftijd, temperatuur en wel/niet afgesloten zijn van de uitgegist slibbuffers
- verblijftijd en temperatuur van de ontwaterd slibsilo's
- de kwaliteit van de verwerkingsinstallatie van het biogas.

3.2 Onderzoek naar methaanemissies (zie ook bijlage 1)

Afgerond onderzoek naar methaanemissies:

- *STOWA rapport 20 2012: Emissies van broeikasgassen van rwzi's*
- *STOWA 09 2016: Reductie van methaanemissie in de afvalwater en slibketen*

Een samenvatting van de resultaten van deze onderzoeken is te vinden in Bijlage 1.

3.3 Wat zijn de mogelijkheden om methaanemissies te minimaliseren

In werksessies met experts en technologen zijn verschillende reductiemaatregelen besproken. Bij deze maatregelen wordt onderscheid gemaakt in maatregelen in de sliblijn en in de waterlijn.

Niet van alle onderstaande maatregelen staat vast wat het exacte effect is op de emissie. De lijst moet worden gezien als een opsomming van ideeën en onderzoeken die in het vervolg verder worden uitgewerkt.

Sliblijn:

- Uitgegist slibbuffers afdekken, lucht afzuigen en verbranden in WKK.
- Afkoelen uitgegist slib. Hiernaar wordt in 2023 onderzoek gedaan.
- In serie schakelen van gistingen kan helpen de methaanemissies te verminderen.
- Op hoogte afpompen van uitgegist slib i.p.v. overstorten, omdat dit minder emissies geeft.
- Beluchten van uitgegist slib, zodat het opgeloste methaan kan worden gestript.
- Buffer ombouwen naar nagisting. Dit vergroot de gistingcapaciteit, maar vraagt eigenlijk om de bouw van een nieuwe/extra uitgegist slibbuffer.
- Vacuüm ontgassen van uitgegist slib. Pilot start bij collega waterschap.
- Bij aanpassingen of nieuwbouw van een gisting zorgen dat de methaanverliezen minimaal zijn (en de biogasproductie maximaal).
- Inzetten van de Excel tool van de Unie van Waterschappen om 80% reductie van de methaanuitstoot door de gisting te bereiken.
- Op dit moment wordt veel van het geproduceerde biogas (methaan) verbrand in WKK-installaties. Methaanslip is een bekend verschijnsel in WKK's. Door onvolledige verbranding ontsnapt een deel van het biogas/methaan. Op dit moment is er geen maatregel bekend om dit verlies te minimaliseren.
- Onderzoek naar kansen om in lavafilters ook methaan te verwijderen. Het gas uit de uitgegist slib buffers wordt nu behandeld in een lava filter. Deze filters zijn ontworpen voor het verwijderen van geur, niet van methaan.

⁵ Stowa 09 2016: Reductie van methaanemissie in de afvalwater en slibketen

Waterlijn:

- Emissies uit riolerings- en influentgemalen in kaart brengen (schatting 90% emissies uit riolering en AT's). De mogelijkheden van een gezamenlijk STOWA-project worden onderzocht met behulp van de Riowat.
- Onderzoeken onder welke condities methaanoxidatie kan plaatsvinden in de rwzi en eventueel optimaliseren van deze condities.
- Methaanverwijdering in lavafilters. Het gas uit de anaerobe tank en influentgemaal wordt nu behandeld met een lavafilter. Deze filters zijn ontworpen voor het verwijderen van geur. Waarschijnlijk hebben ze weinig effect op methaanemissies. Misschien is het mogelijk de filters te optimaliseren voor methaanverwijdering.
- Methaanverwijdering met een chemisch filter in de pompput. De luchtstroom uit de pompputten wordt nu behandeld in een chemisch filter. Deze filters zijn ontworpen voor het verwijderen van H_2S . Waarschijnlijk hebben ze weinig effect op methaanemissies. Misschien is het mogelijk de filters te optimaliseren voor methaanverwijdering.
- Emissies door rwzi's meten in de lucht en zo in kaart brengen. Het is moeilijk om precies aan te wijzen waar de methaanemissies vanuit een rwzi plaatsvinden, want er zijn veel biologische processen actief. Met behulp van een drone of een sensor in een rijdende auto is het mogelijk om op één moment de methaanemissies door de rwzi te visualiseren.

4 Lachgasemissies door rwzi's

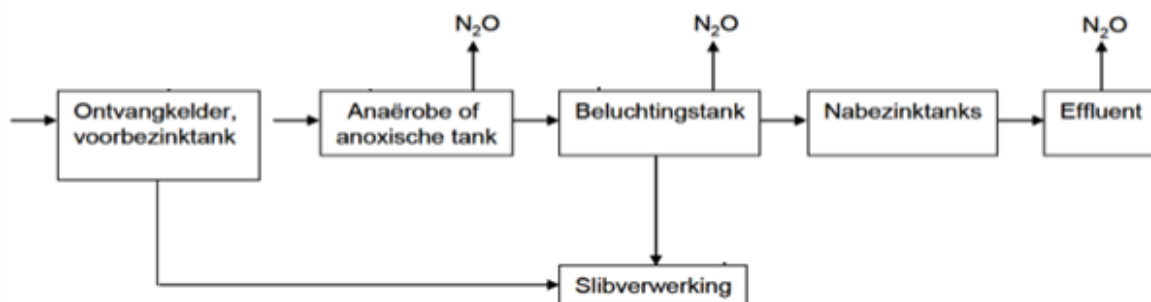
Lachgas is een kleur- en geurloos gas. De werkzame stof is distikstofmonoxide (N_2O). Het gas is bekend van de lachgaspatronen (voor bijvoorbeeld slagroomsputten) of lachgastankjes. In de natuur is het een veel voorkomende anorganische verbinding. Het wordt ingezet binnen de moderne wetenschap en techniek: in de medische wereld als verdoving, maar ook als booster/brandstof voor verbrandingsmotoren. Rwwi's stoten lachgas uit in het zuiveringsproces. In de atmosfeer uitgestoten lachgas is een krachtig broeikasgas: 265x zo sterk als CO_2 . In het algemeen is de uitstoot van lachgas relatief beperkt, ook op wereldschaal. Omdat het zo'n sterk broeikasgas is, met een halfwaardetijd van 132 jaar en een aandeel van 7% van het broeikas effect, wordt lachgas tot één van de belangrijkste broeikasgassen gerekend.

Dit hoofdstuk zoomt in op lachgasemissies door rwwi's. Hierbij wordt stilgestaan bij de locatie, parameters die van invloed zijn en lachgasemissies op de rwwi's van HHNK. Vervolgens komen reductiemaatregelen aan bod en sluit het hoofdstuk af met mogelijkheden om de lachgasemissies te reduceren.

4.1 Lachgasemissies door rwwi's

Locatie

Er zijn verschillende routes waarlangs lachgas kan ontstaan, onder zowel aerobe als anoxische condities. Lachgasemissies vinden vooral plaats vanuit de aerobe zones in de beluchtingstanks, omdat het gas hier wordt gestript door de beluchting. In de aerobe zones wordt lachgas gevormd tijdens nitrificatie en in de anoxische zones tijdens de denitrificatie (figuur 4). De combinatie van nitrificatie en denitrificatie zorgt voor volledige stikstofverwijdering.



Figuur 4: Schematische weergave van de rwwi met de plaatsen waar lachgasemissies kunnen ontstaan⁶.

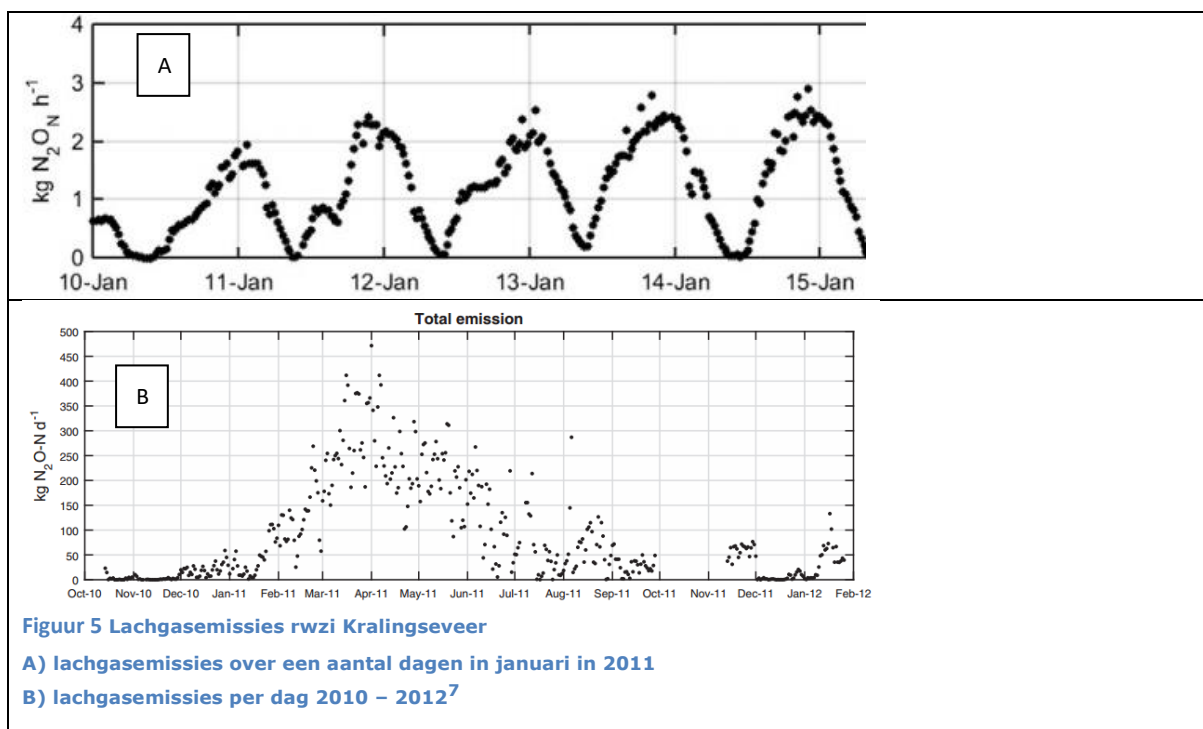
Parameters

Op dit moment lijken de belangrijkste factoren bij de emissie:

- verstoringen van het stikstof-omzettingsproces bijvoorbeeld bij sterke veranderingen van het zuurstofgehalte of door ophoping van remmende stoffen
- snelle wisselingen van omstandigheden (zuurstofrijk/-arm/-loos, verandering in slibconcentraties)
- seizoen verandering en mogelijk het gevolg hiervan op de microbiële samenstelling van het slib.

Op verschillende rwwi's in Nederland worden de lachgasemissies gemeten (zie als voorbeeld rwwi Kralingseveer in figuur 5). Duidelijk is dat de emissies variëren gedurende de dag, in de verschillende seizoenen en per rwwi. Zoals hierboven aangegeven zijn procescondities van invloed op de lachgasemissies, maar over de gevoeligheid en hiërarchie in deze effecten is nog veel onbekend.

⁶ Beleidsverkenning broeikasgassen Aquafarm Bioclear Earth 5 februari 2020



Rwzi's die nu in Nederland worden gebouwd, zijn vaak gebaseerd op Nereda-technologie. Het zuiveringsprincipe van deze installaties is gebaseerd op dezelfde biologische principes als conventionele 'actief slibsystemen'. De routes voor lachgasvorming zijn daarom niet anders. Uit de wetenschappelijke literatuur blijkt dat ook het percentage lachgasvorming (t.o.v. het binnenkomende stikstof) in een Nereda-installatie niet significant anders is dan in een actief slibstelsysteem⁸. De nieuwbouw van een (Nereda) rwzi biedt wel de mogelijkheid om de installaties te overdekken (of het overdekken in een later stadium mogelijk te maken). Op dit moment is er nog geen techniek op de markt om het lachgas in de luchtstroom te verwijderen.

4.2 Onderzoek naar lachgasemissies (zie ook bijlage 1)

Afgerond onderzoek naar lachgasemissies:

- *Stowa-rapport 05 2019: Risico-inschatting emissie lachgas vanuit Nederlandse rioolwaterzuiveringen*
- *Bioclear Earth 5 februari 2020: Beleidsverkenning broeikasgassen Aquafarm*

Een samenvatting van de resultaten van deze onderzoeken is te vinden in Bijlage 1.

Lopend onderzoek bij HHNK:

- Vanuit de STOWA is er een landelijke Community of Practice (COP) N₂O-emissies, waaraan HHNK deelneemt. Binnen deze COP worden analysemethoden, resultaten en mogelijke methoden voor mitigatie besproken. Er doen 18 waterschappen mee aan de COP. Bij een aantal waterschappen worden N₂O-emissies al gemeten, andere waterschappen zijn dit op korte termijn van plan. In de zomer van 2022 is er vanuit de Vereniging van zuiveringsbeheerders (VvZB) en de Unie van Waterschappen aan de COP gevraagd een onderzoeksplan voor lachgasminimalisatie op te stellen. Op dit moment wordt gewerkt aan dit plan.

⁷ Daelman 2014, Proefschrift, Greenhouse gas emissions from full-scale municipal wastewater treatment plants

⁸ Dijk 2021, Nitrous oxide emission from full scale municipal aerobic granular sludge

- Door de TU Delft is in 2020 een onderzoek gestart naar het effect van de microbiële populatie op N₂O-emissies. Uit eerder onderzoek door de TU Delft en de Stowa is gebleken dat lachgasemissies sterk verschillen tussen rwzi's. Een verklaring hiervoor zou het verschil in bacteriepopulatie kunnen zijn. Dit onderzoek wordt door de STOWA en een aantal waterschappen (waaronder HHNK) gefinancierd. Dit project zal worden afgerond in 2023-2024. Op dit moment wordt overwogen of en in welke vorm dit project voortgezet kan worden.
- Momenteel wordt voortzetting van het Aquafarmproject uitgewerkt, waarbij methaan- en lachgasemissies een belangrijk focuspunt zullen zijn.

4.3 Mogelijkheden om lachgasemissies te minimaliseren

Niet van alle onderstaande mogelijkheden staat vast wat het exacte effect is op de emissie. De lijst moet worden gezien als een opsomming van ideeën en onderzoeken die in het vervolg verder worden uitgewerkt.

- Emissies door een rwzi in kaart brengen door te meten in de lucht. Het is moeilijk om precies aan te wijzen waar de lachgasemissies door een rwzi plaatsvinden, want er zijn veel verschillende biologische processen actief. Met behulp van een drone of een sensor in een rijdende auto is het mogelijk om op één moment de lachgasemissies door de rwzi te visualiseren.
- Extra lachgassensoren - op verschillende plaatsen in een rwzi - om de plaatsing en gevoeligheid van sensoren te onderzoeken.
- Met behulp van een computational fluid dynamics analyse (CFD) de plaatsing van sensoren onderzoeken op rwzi's.
- Op meerdere rwzi's sensoren plaatsen om de verschillende zuiveringssystemen met elkaar te vergelijken op emissie. Dit kan worden ondersteund door modellen in te zetten.

Daarnaast wordt van onderstaande maatregelen verwacht dat de emissie vermindert:

- Slim sturen van beluchting (in relatie tot de ammoniumconcentratie van het water) om lachgasvorming te minimaliseren. Bij andere waterschappen en in de literatuur is de ervaring dat een stabiele beluchtingsregeling zorgt voor minder lachgasemissies. Deze kennis kunnen wij zelf toepassen in onze beluchtingsregeling. Daarnaast is het mogelijk een black box-model in te kopen, ook al zijn de ervaringen met dit soort blackbox-modellen voor minimalisatie van lachgasemissie wisselend.
- Afdekken van de beluchtingstanks bij nieuwe installaties en de afgezogen lucht behandelen (al moet een behandelmethode nog worden ontwikkeld).
- Slim sturen van de slibconcentratie. Er zijn indicaties in de literatuur dat de slibconcentratie in de AT's effect heeft op de lachgasemissies. Andere waterschappen in Nederland zijn dit effect aan het onderzoeken. HHNK volgt dit onderzoek.
- (praktijk)Onderzoeken of beluchting met pure zuurstof zorgt voor meer of minder lachgas. HHNK is aangesloten bij het project via de STOWA.
- Fysisch-chemisch zuiveren. Op dit moment wordt ons afvalwater biologisch gezuiverd, waarbij de vorming van lachgas altijd een risico is. Voor de lange termijn wordt onderzocht of fysisch chemisch zuiveren een geschikt alternatief kan zijn voor de biologische zuivering.

Bijlage 1 Onderzoeken

Internationaal

Internationaal wordt door academische groepen onderzoek gedaan naar lachgasemissies door rwzi's. Met deze groepen wordt contact onderhouden, onder andere door het bezoeken van internationale conferenties. Belangrijke spelers zijn:

- Ghent University; Eveline Volcke
- Korea Advanced Institute of Science and Technology; Suhkwan Yoon
- Technical University of Denmark; Barth Smets
- Tokyo University of Agriculture and Technology; Akihiko Terada
- University of Notre Dame; Robert Nerenberg.

In deze bijlage wordt een overzicht gegeven van afgeronde en lopende studies op het gebied van methaan- en lachgasemissies door rwzi's.

Onderzoeken naar methaanemissies en lachgasemissies

- *Emissies van broeikasgassen van rwzi's (Stowa rapport 08 2010)*
Doelstelling van dit onderzoek is inzicht in de bruikbaarheid van de bestaande emissiefactoren van methaan en lachgas, zodat een inschatting kan worden gemaakt van de totale broeikasgasemissie vanuit Nederlandse rwzi's. Op basis van dit onderzoek kan worden geconcludeerd dat de emissiefactoren (die het IPCC voor 2010 gebruikte) voor methaan bruikbaar zijn. Gezien de grote variatie van lachgas is het niet reëel één factor te hanteren voor alle rwzi's. Verder is nog te weinig inzicht in de oorzaken van lachgasvorming en -emissie.
- *N₂O and CH₄ emission from wastewater collection and treatment systems, global water research coalition (incl Stowa) 2011*
Omdat de emissiefactoren waren gebaseerd op gelimiteerde data, hebben Australië, Frankrijk, Amerika en Nederland de handen ineengeslagen om uitgebreide onderzoeksprogramma's uit te voeren, waardoor uitstoot van lachgas en methaan beter kan worden ingeschat en de vormingsprocessen beter worden begrepen. Met deze gezamenlijke inspanning is meer kennis ontstaan over de vormingsprocessen. Er is echter nog onvoldoende informatie om de lachgas- en methaanuitstoot te bepalen. Wel is gebleken dat één kengetal niet voldoet.
- *Emissies van broeikasgassen van rwzi's (Stowa rapport 20 2012)*
Dit onderzoek is een vervolg op het onderzoeksrapport uit 2010. Doelstelling van dit vervolgonderzoek is het ontwikkelen van kennis en inzicht om de uitstoot van methaan en lachgas door Nederlandse rwzi's in te schatten en het ontwikkelen van kennis en inzicht in de vormingsprocessen van lachgas en methaan in een rwzi, dit om de praktische mogelijkheden voor reductie van de emissie te kunnen bepalen. Op basis van dit onderzoek kan voor de emissie van lachgas worden geconcludeerd dat metingen voor het inschatten van de uitstoot van lachgas door een rwzi noodzakelijk zijn. Voor rwzi's zonder slibgisting kan de emissie van methaan worden ingeschat aan de hand van een empirisch model voor de vorming van methaan in persleidingen. Voor rwzi's met slibgisting kan nog geen volledige inschatting worden gegeven, omdat de verschillen tussen model en praktijk te groot zijn.
- Door het Waterinnovatiefonds is de ontwikkeling van een innovatie gefinancierd die een nieuwe techniek van luchtwassen mogelijk maakt. Een toepassing voor het filteren van lachgas en methaan met deze techniek is niet ondenkbaar.
- *Greenhouse gas emissions from full-scale municipal wastewater treatment plants (Promotie onderzoek Mathijs Daelman, TU Delft 2014)*
Om inzicht te krijgen in de oorsprong van methaan- en lachgasemissies door rwzi's is een goede dataset belangrijk. In dit onderzoek zijn de methaan- en lachgasemissies van rwzi Kralingseveer meerdere jaren gevolgd. Vastgesteld is dat methaan in de riolering en in uitgegist slibbuffers ontstaat. De vorming van lachgas wordt beïnvloed door verschillende - onbekende - parameters en is daarom slecht te voorspellen.
- *Luchtgerelateerde emissies vanuit rwzi's in het kader van het I-PRT (2015)*

Dit rapport geeft detailinformatie over luchtgerelateerde emissies door rwzi's. Met de bijbehorende 'Rekentool (versie 2015)' kunnen zuiveringbeheerders deze emissies berekenen.

Onderzoeken naar methaanemissies

- *Reductie van methaanemissie in de afvalwater en slibketen (Stowa 09 2016)*
Doelstelling van dit onderzoek is concrete en praktische toepasbare maatregelen te vinden die de emissie van methaan verminderen bij het transport en het zuiveren van afvalwater en bij de verwerking van zuiveringsslib binnen de grenzen van de rwzi. In dit onderzoek is geconcludeerd dat concrete en financieel haalbare maatregelen beschikbaar zijn. Voorbeelden zijn het aanpassen van de vergistingstanks (ombouw van mesofiel naar thermofiel) eventueel in combinatie met het aanpassen van de buffer voor het uitgeste zuiveringsslib (ombouw naar nagisting of afgezogen lucht meeverbranden in een WKK).

Studies over lachgas

- *Risico-inschatting emissie lachgas vanuit Nederlandse rioolwaterzuiveringen (Stowa rapport 05 2019)*
Het doel van dit onderzoek is verifiëren of op basis van gemiddelde effluentwaardes voor ammonium en nitriet tot een betrouwbare inschatting van het risico op lachgasvorming en emissie kan worden gekomen. Uit het onderzoek is gebleken dat nitriet een sterke indicator is voor het risico op lachgasvorming. Ammonium is dit in mindere mate. Al is de relatie van nitriet in de aeratietank met de lachgasconcentratie in de waterfase sterker dan met nitrietconcentraties in het effluent. Om deze reden kan de hoogte van de emissie niet direct worden ingeschat met de hoogte van de nitrietconcentratie in het effluent. Wel kan op basis van de effluentconcentratie binnen een beheersgebied van een waterschap een selectie van rwzi's met een hoog risico worden gemaakt, zodat hier metingen kunnen worden uitgevoerd om de werkelijke emissie vast te stellen.
- *Beleidsverkenning broeikasgassen Aquafarm (Bioclear Earth 5 februari 2020)*
Door Bioclear Earth is onder de waterschappen een beleidsverkenning uitgevoerd binnen het project Aquafarm. De aanpak van methaan- en lachgasemissies bij de verschillende waterschappen is hierbij een belangrijk onderdeel.
- Vanuit de STOWA is er een landelijke Community of Practice N₂O-emissies, waaraan HHNK deelneemt. Binnen deze COP worden analysemethoden, resultaten en mogelijke methoden voor mitigatie besproken. Er doen 11 waterschappen mee aan de COP. Bij een aantal waterschappen worden N₂O-emissies gemeten, andere waterschappen zijn dit op korte termijn van plan.
- Door de TU Delft is in 2020 een onderzoek gestart naar het effect van de microbiële populatie op N₂O-emissies. Uit eerder onderzoek door de TU Delft en van de Stowa is gebleken dat lachgasemissies van rwzi's sterk van elkaar verschillen. Een verklaring hiervan zou het verschil in bacteriepopulatie kunnen zijn. Dit onderzoek wordt door de STOWA en een aantal waterschappen (waaronder HHNK) gefinancierd.
- Om een indruk te krijgen van de lachgasemissies zal de emissie van een aantal rwzi's van HHNK worden gemeten. Dit proces is opgestart na de coronapandemie.
- *Dynamics of nitric oxide and nitrous oxide emission during nitrogen conversion processes Promotie-onderzoek Marlies Kampschreur, TU Delft 2010*
Onderzoek naar NO- en N₂O-emissies tijdens stikstofomzettingen. Het onderwerp is op verschillende schaalniveaus bekeken, van rwzi's tot een metabool-model van een cel. Belangrijkste conclusie is dat er veel verschillende routes zijn die leiden naar N₂O-emissies. Welke route actief is hangt sterk af van lokale condities.
- *Promotieonderzoek van Lisanne Hendriks, Radboud universiteit Nijmegen*
Onderzoek naar lachgasemissies vanuit de Aquafarm. Onderzoek is gestart in 2020.

Bijlage 2 Biologische vorming van methaan en lachgas

De biologische methaanvorming op de rwzi

De vorming van methaan en de omstandigheden waaronder dit gebeurt zijn bekend. Het is een proces waarbij organisch materiaal (alles wat kan rotten) onder zuurstofloze omstandigheden door micro-organismen wordt omgezet in methaan. Het proces bestaat grofweg uit vier stappen:

1. Hydrolyse: Tijdens de hydrolyse worden complex organische verbindingen (zoals cellulose, vetten, eiwitten) omgezet in eenvoudig oplosbare stoffen (onder andere suikers, aminozuren).
2. Acidogenese: In deze fase worden de eenvoudige oplosbare stoffen omgezet in vluchtige vetzuren, alcoholen, CO_2 , H_2 , NH_3 , H_2S en nieuw celmateriaal.
3. Acetogenese: Tijdens deze fase worden de producten omgezet in azijnzuur, CO_2 , H_2 en nieuw celmateriaal.
4. Methanogenese: Azijnzuur, H_2 en CO_2 worden tenslotte omgezet in methaan (CH_4), CO_2 en nieuw celmateriaal. Ongeveer 30% van het methaan is afkomstig van de omzetting van CO_2 en H_2 in methaan. Ongeveer 70% is afkomstig van de omzetting van azijnzuur naar methaan.

Bij elke stap zijn verschillende groepen micro-organismen betrokken (Wateropleidingen, 2018).

Biologische Lachgasvorming op de rwzi

Nitrificatie is de aerobe omzetting van ammonium (NH_4) in nitraat (NO_3). Het is een proces dat wordt uitgevoerd door een samenwerking van twee soorten bacteriën. Tijdens de nitrificatie is lachgas geen tussenproduct, maar het kan ontstaan als verstoringen in het proces optreden. Hierbij kun je denken aan veranderende zuurstofconcentraties of nitrietophoping. De eerste omzetting van ammonium naar nitriet (NO_2) wordt uitgevoerd door de AOBs (ammonium oxiderende bacteriën) en bestaat uit meerdere stappen, waarbij een instabiel tussenproduct (hydroxylamine; NH_2OH) kan leiden tot de productie van lachgas. Als door omstandigheden hydroxylamine ophoopt, veroorzaakt dit verhoogde lachgasemissies. De AOBs zijn, naast het oxideren van ammonium, in staat nitriet te reduceren naar lachgas. Dit proces speelt een belangrijke rol bij lachgasproductie door AOB onder zuurstofarme condities.

De tweede omzetting van nitriet naar nitraat wordt uitgevoerd door NOBs (nitriet oxiderende bacteriën). Deze bacteriën dragen niet bij aan lachgasproductie, maar als nitriet ophoopt kan dit worden omgezet in lachgas. De routes voor lachgasproductie tijdens nitrificatie zijn bekend, maar de gevoeligheid voor procesparameters en de gevolgen voor de lachgasproductie worden nog onderzocht.

Denitrificatie is de anoxische omzetting van nitraat naar stikstofgas en het tweede deel van de biologische stikstofverwijdering. Dit proces bestaat uit meerdere stappen ($\text{NO}_3 - \text{NO}_2 - \text{NO} - \text{N}_2\text{O} - \text{N}_2$). Deze stappen kunnen worden uitgevoerd door één of meerdere soorten bacteriën. Lachgas wordt hierbij gevormd als tussenproduct. Ophoping van lachgas kan worden veroorzaakt door een lage CZV/N-verhouding. De denitrificatieroute wordt in dit geval niet afgemaakt naar stikstofgas. Deze ophoping van lachgas leidt niet tot significante lachgasemissies in de anoxische zone, omdat hier geen actieve aeratie plaatsvindt en lachgas zeer goed oplosbaar is in water. Het geaccumuleerde lachgas komt vrij in de aerobe zone, waar actief wordt belucht. Het snel wisselen van aerobe en anoxische condities kan bijdragen aan lachgasemissies.