

VLARIO

O V E R L E G P L A T F O R M

Overzichtsdocument geur en rioleringen

Mei 2014



Inhoud

1.	Doel van het document.....	3
2.	Geur(hinder) afkomstig van de riolering.....	4
2.1.	Geur van 'vers' huishoudelijk afvalwater.....	4
2.2.	Geur ontstaan in de riolering.....	4
2.3.	Geur van specifieke afvalwaters.....	4
3.	Ontstaan van geuren in de riolering.....	5
3.1.	Vorming van H ₂ S.....	5
3.2.	Randvoorwaarden en katalysatoren voor vorming van H ₂ S en transfer naar gasfase:.....	7
4.	Concentratie en metingen van H ₂ S.....	7
4.1.	H ₂ S-concentraties.....	7
4.2.	Plaatsbezoek en bevraging omwonenden.....	8
4.3.	Analytische metingen.....	8
5.	Waar komen geuremissies voor?.....	8
6.	Geur voorkomen bij ontwerp, uitvoering en beheer.....	9
6.1.	Anaërobe omstandigheden vermijden.....	9
6.2.	Keuze en ontwerp van lozingspunten.....	11
7.	Geur bestrijden.....	12
8.	Referentie- en literatuurlijst.....	14

BIJLAGEN

Bijlage 1:	Onderscheidende geurende stoffen in de rioolatmosferaer.....	15
-------------------	--	----

**Dit document werd samengesteld door de leden van werkgroep 2+3,
deelwerkgroep geur en rioleringen van VLARIO:**

Ingeborg Barrez, VMM
Raf Bouteligier, Ecobeton Water Technologies
Brecht Donckels, Aquafin
Guy Doumen, De Bonte
William Martens, TMVW
Marino Moons, Infrac
Dirk Stove, Grontmij Belgium
Liesbeth Theunis, VLARIO

Rolf De Bruyn, Provincie Vlaams-Brabant, voorzitter werkgroep 2+3

Wendy Francken, directeur VLARIO

1. Doel van het document.

Geuremissies afkomstig van de afvoer van afvalwater kunnen op verschillende plaatsen in ons rioolsysteem voorkomen en zijn op sommige plaatsen erg hinderlijk voor de burgers. Met dit document wordt geen kant en klare oplossing gegeven voor het aanpakken van geurproblemen maar wordt er getracht een duidelijk inzicht te geven in de oorzaken van de ontwikkeling van geuren in het rioolstelsel en de emissies van geuren naar de atmosfeer.

In vergelijking met vroeger worden in Vlaanderen meer gescheiden rioleringen aangelegd. Afkoppeling van regenwater kan leiden tot een overgedimensioneerd stelstel voor droogweer afvoer of kan leiden tot geurhinder indien de ventilatie niet aangepast wordt. Er komen meer drukrioleringen en lange transportafstanden in gravitaire riolering voor, waarbij specifiek aandacht aan sulfidenontwikkeling moet geschonken worden. Tenslotte leidt het gezamenlijk voorkomen van gescheiden en gemengde riolering tot specifieke situaties van geurhinder.

Vanuit de kennis van ontwikkeling van geur en de plaatsen waar geuremissies voorkomen worden een aantal aanwijzingen/maatregelen voorgesteld gaande van ontwerp tot uitvoering en exploitatie van rioolstelsels, om geurvorming enerzijds en geuremissies anderzijds te vermijden of tot een minimum te beperken. Meestal zal blijken dat een oplossing pas bereikt wordt door toepassen van een combinatie van verschillende maatregelen. Tot slot worden nog een aantal maatregelen aangereikt voor geurbestrijding tijdens exploitatie.

Op de problematiek van biogene zwavelzuurvorming, waarbij H_2S re-oxydeert naar zwavelzuur op de wanden van het riool en corrosie van de betonbuis tot gevolg heeft, wordt in dit document niet verder ingegaan maar er is wel een direct verband tussen geuroverlast en corrosie.

2. Geur(hinder) afkomstig van de riolering

2.1. Geur van 'vers' huishoudelijk afvalwater

De geur van 'vers' afvalwater wordt bepaald door zijn componenten. Voor normaal huishoudelijk afvalwater zijn dit overwegend faecaliën, urine, etensresten, zeep en schoonmaakproducten. De typische geur van normaal huishoudelijk afvalwater wordt in verse toestand ervaren als een "zwak muffe geur".

Geurhinder in huis wordt voornamelijk veroorzaakt door het **ontbreken van de nodige verluchting** van de privé-riolering, waardoor er een vrijstelling is van rioollucht in huis. De rioollucht is afkomstig uit de privé-riolering maar ook mogelijk gedeeltelijk uit de openbare riolering. De geurhinder kan zich voordoen na afkoppelingswerken maar ook bij nieuwbouw:

- de privé-riolering is niet of slecht verlucht (borrelende geluiden), waardoor de drukverschillen rechtstreeks inwerken op het geurslot en rioollucht in huis terechtkomt (dit kan voorkomen bij verbouwingswerken waarbij een ontluchtingspijp niet meer teruggeplaatst wordt of bij de aanleg van gescheiden riolering op eigen terrein waarbij in de oorspronkelijke toestand de ontluchting werd gerealiseerd via de regenwaterstandpijp maar kan ook voorkomen bij foutief aangelegde stelsels of bij uitbreiding van een stelsel);
- de septische put/IBA heeft geen verluchting, er is vrijstelling van H₂S en CH₄ in de riolering.

Geurhinder in huis kan ook voorkomen bij verstoppingen of ontbreken van de sifonwerking:

- verstoppingen in de privé-riolering (vetten, vochtige doekjes, ...) verhinderen de afvoer van lucht en water naar de openbare riolering, waardoor rioollucht in huis terechtkomt;
- door verdroging van de sifon (door beperkt gebruik of na een vakantie) of ontbreken van de sifon (geurslot) op toestellen zoals wasbak, wasmachine, douchebak, ... staat de riolering in rechtstreekse verbinding met de lucht in huis. Een verdroogd geurslot is makkelijk op te lossen door er water in te gieten.

2.2. Geur ontstaan in de riolering

De geur die ontstaat door een rottingsproces in de riolering, wordt gekenmerkt door de typische rotte eieren-geur van waterstofsulfide (H₂S). Deze geur is niet beperkt tot waterstofsulfide, er worden ook andere geurcomponenten gevormd zoals methaan, ammoniak en mercaptanen (een volledige lijst van geurcomponenten is opgenomen in bijlage 1). Waterstofsulfide is echter gemakkelijk meetbaar en wordt daarom aanzien als indicatormolecule.

2.3. Geur van specifieke afvalwaters

Directe input van agressieve afvalwaters (zwavelhoudende en andere) uit bepaalde industrieën of septische putten leidt tot geuremissies. Op bedrijfsafvalwaters wordt niet verder ingegaan vermits deze heel specifiek en bedrijfsafhankelijk zijn.

Tot nu toe bestaat er nog geen geurnormering in Vlarem.

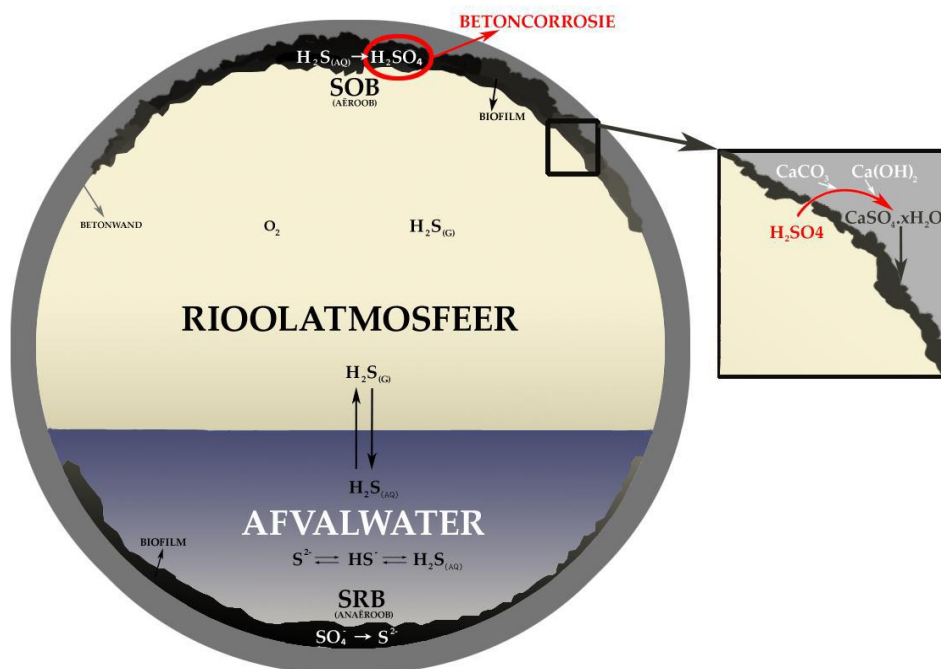
3. Ontstaan van geuren in de riolering

3.1. Vorming van H₂S

In het riool doet zich een zwavelcyclus voor waarbij het niet zo oplosbare H₂S, onder bepaalde voorwaarden uit de vloeistoffase ontsnapt en tot een hinderlijke rotte-eierenlucht aanleiding geeft.

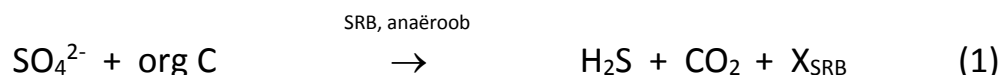
De zwavelcyclus bestaat uit een aantal opeenvolgende stappen: aanmaak van sulfiden in het water, transfer van H₂S van de waterfase naar de gasfase en verder re-oxydatie van H₂S naar zwavelzuur op de wanden van het riool. Het zwavelzuur kan vervolgens het beton aantasten.

De verschillende reactiemechanismen van zwavel in een gravitaire leiding zijn opgenomen in onderstaande figuur:



Stap 1: vorming van H₂S in het water.

Het H₂S in het afvalwater ontstaat hoofdzakelijk door de natuurlijke omzetting van de zwavelverbindingen en is vooral aanwezig in stelsels van huishoudelijk afvalwater. De belangrijkste bron van sulfiden is vaak de reductie van sulfaten door middel van sulfatreducerende bacteriën (SRB) in anaërobe condities. Belangrijke parameters hierbij zijn het BOD-gehalte, de temperatuur, het gehalte aan zuurstof in het water en de hydraulische eigenschappen (diameter van de leiding, verblijftijd, helling, stroomsnelheid, ...). Het reactiemechanisme wordt weergegeven in vergelijking 1.



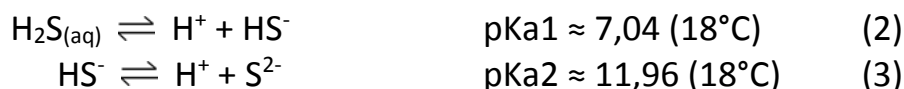
Voor de reductie van sulfaten naar sulfiden is een zuurstofarme omgeving nodig. In een niet volledig gevulde buis is het water zelden zuurstofarm. De zuurstof die aanwezig is in de lucht lost op in het water en voorkomt in de meeste gevallen de reductie van sulfaten tot sulfiden.

Op de ondergedompelde oppervlakken kan zich evenwel een biofilm vormen. Indien zuurstof aanwezig is in het afvalwater zal de buitenste laag aëroob reageren. De ondergelegen laag zal een anaërobe zone vormen. De sulfaten die in deze laag omgezet worden naar sulfiden zullen opnieuw geoxideerd worden indien de concentratie aan zuurstof minimaal gelijk is aan 1mg/l. Als de zuurstofconcentratie in het afvalwater lager is dan 1mg/l, zullen de sulfiden niet omgezet worden naar H₂SO₄ en uiteindelijk vrijgesteld worden naar de gasfase.

Dit laat toe te besluiten dat de vorming van H₂S zich voornamelijk voordoet in drukleidingen en persleidingen, waar een lange verblijftijd zich voordoet en de anaërobe situatie zich vlugger instelt. In een gravitair stelsel met een voldoende stroomsnelheid en een niet te hoge vullingsgraad (geen stagnatie van afvalwater) zal de kans op sulfidenvorming klein zijn. Indien de verblijftijd echter lang wordt en weinig 'vers' afvalwater toegevoerd wordt, zal er ook kans op sulfidenvorming en geurvorming zijn.

Stap 2: H₂S-transfer vanuit de waterfase naar de gasfase.

Afhankelijk van de pH komen sulfiden voor als H₂S_(aq), HS⁻ of S²⁻:



De typische pH van huishoudelijk afvalwater bedraagt 7-7,5 en bijgevolg is de fractie aan S²⁻ te verwaarlozen en zijn de twee voornaamste vormen H₂S_(aq) en HS⁻. Deze zijn in vergelijkbare hoeveelheden aanwezig aangezien de typische pH dichtbij de pKa-waarde van dit koppel ligt (vergelijking 2). Bij lagere pH-waarden verschuift het evenwicht naar H₂S_(aq), terwijl bij hoge pH-waarden een grotere fractie als HS⁻ voorkomt, zoals weergegeven in onderstaande tabel.

pH-waarde	Aandeel sulfiden in niet-geïoniseerde vorm %
6.0	91
6.6	72
7.0	50
7.2	39
7.4	28
7.6	20
7.8	14
8.0	9
8.5	3

Hoeveel $\text{H}_2\text{S}_{(\text{aq})}$ overgaat naar de gasfase $\text{H}_2\text{S}_{(\text{g})}$ is dus afhankelijk van de pH van het afvalwater én van de aanwezige turbulentie. Indien turbulentie aanwezig is, wordt aangenomen dat alle niet-geïoniseerde sulfiden (H_2S), aanwezig in het water, ontsnappen naar de atmosfeer. Het ontsnappen van H_2S speelt niet alleen een cruciale rol bij geurhinder maar bepaalt ook de toxiciteit van de omgeving en het ontstaan van aantasting door H_2SO_4 .

Stap 3: Re-oxydatie van H_2S naar zwavelzuur.

Sulfiden zetten zich neer op vochtige wanden van het riool en worden daar door sulfide-oxiderende bacteriën (SOB) opnieuw geoxideerd tot zwavelzuur.

3.2. Randvoorwaarden en katalysatoren voor vorming van H_2S en transfer naar gasfase:

Parameters afvalwater

- Hoge temperatuur (sulfiden worden gevormd door sulfaatreducerende bacteriën, er is meer sulfidenvorming bij hogere temperatuur)
- Afwezigheid van zuurstof en nitraat (sulfidenvorming gebeurt onder anaërobe omstandigheden, anaërobe afbraak vindt pas plaats als onvoldoende zuurstof en nitraat aanwezig zijn)
- Hoog BOD-gehalte (Afvallwaters met een grotere fractie aan biodegradeerbaar materiaal zorgen voor een grotere productie aan sulfiden (Hvitved-Jacobsen, 1995))
- Hoge sulfaatgehalten in afvalwater (sulfaat is de bron voor de sulfaatreducerende bacteriën in afvalwater, sulfaten zijn echter nooit een limiterende factor)
- Lage pH (sulfide in afvalwater komt voor onder 2 vormen, namelijk H_2S en S^- , bij pH 7 in een verhouding 50/50, bij lagere pH komt voornamelijk $\text{H}_2\text{S}_{(\text{aq})}$ voor)

Hydraulische parameters

- Weinig toevoer 'vers' afvalwater (en instelling anaërobe condities; kenmerkend voor een anaerobe situatie in gravitaire leidingen is een zuurstofconcentratie in het afvalwater van minder dan 1mg/l)
- Lange verblijftijden (en instelling van anaërobe condities)
- Geringe stroomsnelheid (slibophoping en vorming biofilm met anaërobe condities tot gevolg)
- Geringe schuifspanning
- Turbulentie (Turbulentie bevordert de H_2S -transfer naar de gasfase)

4. Concentratie en metingen van H_2S

4.1. H_2S -concentraties

De waarneming van de typische rotte eieren geur van H_2S is individueel verschillend maar ligt in het algemeen rond 1ppm, vanaf 20ppm wordt de geur als ondraaglijk ervaren. Bij concentraties hoger dan 100ppm is waterstofsulfide niet meer waarneembaar, aangezien bij dergelijke blootstellingen een snelle (tijdelijke) verlamming van de reukzin plaats vindt.

Waterstofsulfide is een zeer toxisch gas met een MAC-waarde (maximaal aanvaarde concentratie) van 1,6ppm. Bij concentraties tussen 0 en 10ppm treedt irritatie van neus, ogen en keel op. Vanaf 500ppm kan bewusteloosheid, coma of zelfs de dood optreden en bij

een concentratie vanaf 1000ppm is H₂S dodelijk binnen enkele minuten.

De oplosbaarheid van H₂S in water is zeer beperkt en temperatuurafhankelijk. Sulfideconcentraties van respectievelijk 0,5mg H₂S/l, tussen 0,5-2mgH₂S/l en >2mgH₂S/l worden (Hvitved-Jacobsen, 2002) geassocieerd met lage, gemiddelde en aanzienlijke risico's voor H₂S-problematiek (geuroverlast en aantasting).

4.2. Plaatsbezoek en bevraging omwonenden

Geurhinder kan, zoals in het voorgaande reeds aangehaald, verschillende oorzaken hebben. Door een plaatsbezoek kan de aard, de intensiteit van de geur, de precieze localisatie en de omstandigheden waarbij de geurhinder optreedt in kaart gebracht worden. Om een duidelijk beeld te krijgen van de situatie kan in bepaalde gevallen aan de omwonenden gevraagd worden een logboek bij te houden (op welke dagen en welke uren wordt geurhinder ervaren, hoe sterk wordt de geurhinder ervaren, de weersomstandigheden op dat moment, ...).

4.3. Analytische metingen

Systematische metingen van H₂S-concentraties in de riool atmosfeer en in het afvalwater zelf, kunnen verder aanwijzingen geven over het ontstaan van de geurhinder. Ook de aanvullende parameters zoals zuurstofverbruik, pH en temperatuur zijn hierbij belangrijk voor de verdere maatregelen.

Meting van H₂S in riool atmosfeer

H₂S-concentraties in de riool atmosfeer kunnen zowel door middel van eenmalige metingen als continue lange termijn metingen bepaald worden. Belangrijk hierbij is rekening te houden met de hogere dichtheid van H₂S (1,5392g/l) ten opzichte van lucht (dichtheid 1,293g/l). Waterstofsulfide is daarmee dus zwaarder dan lucht. De hoogste concentratie aan waterstofsulfide bevindt zich juist boven de afvalwaterspiegel en neemt met de hoogte geleidelijk aan af. De metingen van de H₂S-concentratie kunnen in een schacht, afhankelijk van de meethoogte, sterk verschillen.

Meting van sulfiden in afvalwater

De meting van sulfidenconcentraties in afvalwater gebeurt standaard door middel van staalname. Dit kan door enkelvoudige staalname, meervoudige staalname of staalname op lange termijn, afhankelijk van welke informatie men wil bekomen. In elk geval moet het genomen staal voor verder onderzoek op de gepaste wijze bewaard worden.

5. Waar komen geuremissies voor?

Uit het voorgaande is duidelijk dat sulfiden geproduceerd worden onder anaërobe omstandigheden en dat ze in een volgende stap worden vrijgezet in de gasfase. Door het lokaliseren van deze plaatsen, zal het ook mogelijk zijn om hiermee rekening te houden in het ontwerp, de uitvoering en het beheer van de riolering en op die manier geurhinder te voorkomen.

Productie van sulfiden onder anaërobe omstandigheden (kenmerkend voor een anaerobe situatie in gravitaire leidingen is een zuurstofconcentratie in het afvalwater van minder dan 1mg/l) komt voor in:

- Pers/drukleidingen, afhankelijk van de verblijfsduur en de lengte van de leiding
- Gravitair stelsel met hoge vullingsgraad
- Septische putten
- Pompkelders
- Gravitair stelsel met stagnerend afvalwater
- Slibophoping in gravitair stelsel
- Droogweer-systemen bij hoge temperaturen
- Lange gravitaire leidingen
- Niet geventileerde riolen

De sulfiden worden stroomafwaarts van deze punten vrijgesteld, met de nodige aandacht voor:

- Lozingspunten van pers/drukleidingen
- DWA-leiding die uitmondt in een stroomafwaarts gelegen gemengde riolering (stroomopwaarts geurhinder mogelijk bij hevige buien)
- Turbulenties (vervalputten, uitstroom, scherpe bochten)
- Afvalwaterpompstations

6. Geur voorkomen bij ontwerp, uitvoering en beheer

Vanuit de kennis van de geurontwikkeling en de plaatsen waar geuremissies voorkomen, worden voor het ontwerp, de uitvoering en het beheer een aantal aanwijzingen gegeven en maatregelen voorgesteld om geurhinder te voorkomen, om te voorkomen dus dat sulfiden gevormd worden en dat ze worden vrijgesteld naar de gasfase.

6.1. Anaërobe omstandigheden vermijden

- Om geurhinder te voorkomen is het in het algemeen belangrijk om drukverschillen en hindernissen in het systeem zoveel als mogelijk te vermijden, zodanig dat de lucht zich (samen met het water) ongehinderd door het hele systeem kan bewegen. Bij gedeeltelijk gevulde gravitaire leidingen is immers de kans op sulfidenvorming minimaal. Als vuistregel wordt maximaal een halvebuisvulling aangehouden, zoals ook geadviseerd in de code van goede praktijk (CIW, augustus 2012).
- Bij het ontwerp dienen luchtophopingen vermeden te worden (bv. kritisch in hellende straten). Dit kan door hindernissen in het systeem te vermijden en door op verschillende plaatsen te gaan be- en ontluften. Daarbij moet voldoende aandacht geschonken worden aan de plaatsing van ontluftingen (op voldoende afstand van de bewoning) en moet een aangepaste hoogte en diameter van de ontluchting voorzien worden (schachtdeksel, ontluchting in combinatie met lantaarnpaal, eventueel ontluchting voorzien van geurfilter).
- Bij pompputten moet steeds verluchting voorzien worden.
- Ventilatie (be- en ontluchting) van de riolering is van groot belang om voldoende zuurstof in de riool atmosfeer te houden. Zolang er voldoende zuurstof in de atmosfeer

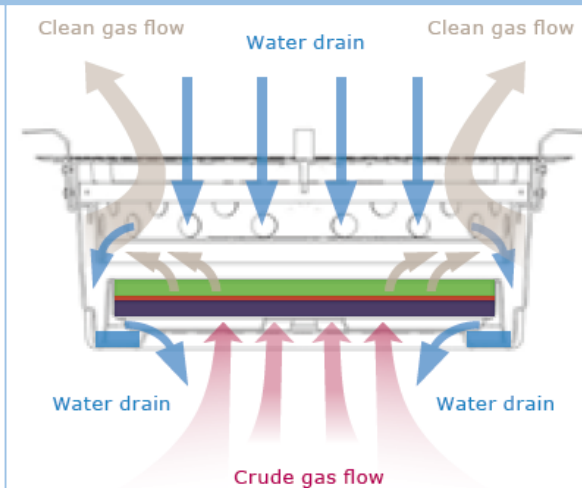
en in het water aanwezig is (zuurstofconcentratie in het afvalwater > 1mg/l) zal er geen sulfidenontwikkeling plaatsvinden. Onder normale omstandigheden is een natuurlijke verluchting van de riolering voldoende.



Putdeksel met verluchting



Aspirator op ventilatiekanaal



Filter met actief kool in mangat

- Naast de ventilatie van de openbare riolering is ook ventilatie van de privé-riolering noodzakelijk, hieraan moet voldoende aandacht geschonken worden bij nieuwbouw maar ook bij uitbreiding van de riolering of afkoppeling van het hemelwater (zie punt 3.1.) Het belang van ventilatie in de privériolering wordt bij voorkeur door de gemeenten aan de burger gecommuniceerd.
- Verblijftijden (drukleiding, persleiding, ...) worden best zo kort mogelijk gehouden. In persleidingen bijvoorbeeld is de hoeveelheid sulfiden die worden aangemaakt recht evenredig met de verblijftijd.
- Lokale bezinking (en sulfidenvorming in bezonken slib) moet vermeden worden door een goed ontwerp en een goede uitvoering van de riolering, waarbij een goede afstroming van het afvalwater (minimum sleepsnelheid) moet nagestreefd worden (Vlario, 2006). In de code van goede praktijk voor het ontwerp, de aanleg en het onderhoud van rioleringsystemen punt 4.3.2 (CIW, augustus 2012), wordt voor ontwerp van een DWA-riolering een schuifspanning van 1 à 2N/m² aanbevolen. Deze aanbeveling geldt op voorwaarde dat het onderhoudsprogramma wordt afgestemd op de gekozen schuifspanning.
- Bezinksel en biofilms bevorderen sulfidenvorming in leidingen. Het ruimen van aangeslibde riolering zal het ontstaan van hinderlijke geuren voor de omgeving dan ook beperken. Voor de aanpak van het onderhoudsgebeuren en opmaak van een onderhoudsplan verwijzen we naar de code van goede van goede praktijk hoofdstuk 9 (CIW, augustus 2012)

- Om bezinking te voorkomen in bezinkingsbekkens en collectoren worden goede resultaten geboekt door gebruik te maken van spoelsystemen zoals bv. de spoelsystemen van Steinhardt. De werking berust op de opslag van een bepaald watervolume, dat op geregelde tijdstippen gebruikt wordt voor de creatie van een flush/debietsverhoging. De bedoeling is door de debietsverhoging het bezinksel/aangeslibde bestanddelen in suspensie te brengen en verder stroomafwaarts mee te voeren. Op deze wijze wordt voorkomen dat het slib gaat gisten en sulfiden gaat vormen. Voor meer informatie over spoelsystemen verwijzen we naar oa “Application of flushing devices in sewer systems” (Shirazi, 2013).

6.2. Keuze en ontwerp van lozingspunten

- Lozingspunten van anaëroob water op gravitaire leidingen moeten voorzien worden op een plaats waar veel ‘vers’ afvalwater wordt aangevoerd, zodanig dat er verdunning optreedt. ‘Vers’ afvalwater wordt gekenmerkt door een pH van ca. 7,0 en een hoeveelheid opgeloste zuurstof van ca. 6,5 – 7,0mg/l. Als het toekomstige debiet van ‘vers’ afvalwater minimaal gelijk is aan 1/3 van het debiet van het sulfidenhoudend afvalwater, zullen de risico’s op problemen met sulfiden sterk verminderen (Vlario, 2006). Door het hogere zuurstofgehalte van het toestromende water en de vermenging (na menging zal het zuurstofgehalte minimum gelijk zijn aan 1mg/l), zullen de sulfiden opnieuw geoxideerd worden en niet meer kunnen ontsnappen naar de atmosfeer.
- Drukriolering lost bij voorkeur zonder turbulentie met een “verdrongen uitstroom” in gravitaire leidingen. Op die manier verloopt de overgang van niet geïoniseerde sulfiden naar gasvorm veel trager. Hou vanaf het lozingspunt rekening met het sulfidenrijke afvalwater en vermijd ook verder in de leiding turbulenties tot op plaatsen waar voldoende ‘vers’ afvalwater wordt aangevoerd.
- Bij lozingspunten van drukriolering wordt in sommige gevallen zoveel mogelijk turbulentie beoogd om het vrijgekomen H₂S-gas af te vangen via geurfilters (bv. kaliumpermanganaatfilters), de zogenaamde woelputten. Dit is echter geen algemeen aanvaard principe vermits niet alle sulfiden worden omgezet naar de gasfase en worden afgevangen en men ook na de woelput moet uitgaan van sulfidenrijk afvalwater, tot de plaats waar voldoende ‘vers’ afvalwater is aangevoerd. In bepaalde omstandigheden is een woelput, rekening houdend met de beperkte kostprijs, een goede maatregel voor geurhinder doch niet altijd gunstig om corrosie te voorkomen.
- Bij uitstroom van een druk/persleiding in een gravitaire leiding in de nabijheid (enkele honderden meter) van huisaansluitingen, zullen de plaatselijk hoge concentraties aan sulfiden, zich ook verspreiden via de privériolering naar de woning toe. In dit geval biedt een afzonderlijke/parallele DWA-leiding voor de huisaansluitingen een oplossing en dit over een lengte tot een voldoende afstand van de uitstroom (productie sulfiden) is bereikt of tot er een voldoende vermenging met zuurstofrijk afvalwater is opgetreden. Als vuistregel wordt aangenomen dat een parallele leiding dient voorzien te worden op plaatsen waar de vullingsgraad >50% is en dit over een lengte van ca. 200m. Er wordt vanuit gegaan dat de drukverschillen na 200m zijn afgevlakt.

7. Geur bestrijden

Zoals uit het voorgaande blijkt, is het in de eerste plaats noodzakelijk om door een goed ontwerp en goede uitvoering van riolering, sulfidenvorming en vrijstelling naar de gasfase zoveel als mogelijk te voorkomen. In bepaalde gevallen (bestaande toestand, persleiding, ...) zal ook overgegaan moeten worden naar geurbestrijding. Bij geurbestrijding waarbij gebruik gemaakt wordt van chemische producten moeten steeds de nodige veiligheidsmaatregelen in acht worden genomen!

In onderstaande tabel is een samenvatting opgenomen van een aantal geurbestrijdingsmaatregelen uit de literatuur. In Vlaanderen hebben we een beperkte ervaring met afvalwaterbehandeling, de referenties daarvan zijn opgenomen in onderstaande tabel. Luchtbehandeling bij rioolstelsels wordt in Vlaanderen zelden toegepast. Gezien de beperkte ervaring met deze geurbestrijdingstechnieken, worden er geen indicaties gegeven naar kostprijs en haalbaarheid.

Voor ervaringen in het buitenland verwijzen we oa naar Pomeroy (1974), Ganigue (2011) en ATV-DVWK-Regelwerk (2003). In Nederland werd in 2004 door AWKB een handboek "Hoe om te gaan met geur" uitgebracht, waarin een overzicht wordt gegeven van luchtbehandelingstechnieken bij RWZI's en afvalwaterpompstations (Schenk, 2004). Recent werd ook bij DWA (Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall) een praktijkhandboek uitgebracht over de sulfidenproblematiek in afvalwater (FB-SULFID-08 - Sulfid-Praxishandbuch).

	Maatregel	Doel	Referenties Vlaanderen
AFVALWATERBEHANDELING			
1	Kalkmelk (Ca(OH) ₂), Natronloog (NaOH), Natriumaluminaat, Magnesiumhydroxide (Mg(OH) ₂)	pH-verhoging	
2	Ijzer(II)chloride (FeCl ₂), Ijzer(III)chloride (FeCl ₃), Ijzer(II)sulfaat, Ijzer(III)chloridesulfaat-oplossing	Neerslagvorming	Dosering Ferri-chloride (FeCl ₃) in pompstation om betoncorrosie te voorkomen (Aquafin).
3	Ijzerhydroxide	Neerslagvorming	
4	Nitraatdosering -Kaliumnitraat -Calciumnitraat -Amoniumnitraat	Vermijding anaërobe afbraak	Dosering Calciumnitraatoplossing in persleiding van 4km om geurproblemen te vermijden (Aquafin).
5	Nitrietdosering	Afdoden biofilm	
6	Natronloog (NaOH)	Afdoden biofilm	
7	Lucht- en zuurstofinjectie	Vermijding anaërobe afbraak	Luchtinjectie in drukriolering en persleiding (Aquafin).
8	Waterstofperoxide, Chloor(Cl ₂)oplossing, Kaliumpermanganaat (KMnO ₄), Chloordioxide (ClO ₂) Natriumhypochloriet	Chemische oxidatie	
9	Toevoeging water	Verduunning	Wordt niet toegepast in Vlaanderen omwille van afkoppelingsbeleid;

LUCHTBEHANDELING			
10	Kaliumpermanganaat (KMnO ₄)		Toepassing van geurfilter (kaliumpermanganaat) in woelkamer van drukriolering (project Kapellen/project Aalter) of in pompstations
11	Luchtwater oxidatie -H ₂ O ₂ -Chloor -Ozon -Natriumhypochloriet	Chemische oxidatie	
12	Luchtwater chemische absorptie met NaOH	Chemische absorptie	
13	Biowater met wasvloeistof	Biologische afbraak	
14	Biotricklingfilter -houtsnippers -compost -...	Biologische afbraak	
15	Biofilter met of zonder geforceerde ventilatie	Biologische afbraak	Toepassing op enkele RWZI's (o.a. op influentputten).
16	Aktief kool	Adsorptie	Toepassing in Oostende door Electrawinds op pompstation van TMVW.
17	Ozondosering		
18	Toevoeging lucht	Verduunning	

8. Referentie- en literatuurlijst

ATV-DVWK-M 154 (2003). Geruchsemissionen aus Entwässerungssystemen – vermeidung oder vermindering. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall (ATV-DVWK), Hennef, Duitsland.

Schenk J., Greefkes G., Surink J. en Brattinga M. (2004). Hoe om te gaan met geur. Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier - Afvalwaterketenbedrijf (AWK), Nederland.

Carlton E. Hagen, Robert W. Hartung, P.E. (1997). Without negative side effects, new organic scavenger technology controls hydrogen sulfide odor in a variety of applications. Pulp and Paper, Volume 71, issue 11.

Ganigue R., Gutierrez O., Rootsey R., Yuan Z. (2011). Chemical dosing for sulfide control in Australia: An industry survey. Water research 45 (2011) 6564-6574.

Meersseman M. (2012). Nitraat- en nitrietdoserings voor bestrijding van H₂S-vorming in rioleringen: modelbouw en simulatiestudie. Masterproef, Faculteit Bio-ingenieurswetenschappen, Universiteit Gent, België.

Pomeroy R.D. (1974). Process design manual for sulfide control in sanitary sewerage systems. Technology Transfer Office of the US Environmental Protection Agency.

Shirazi R.H.S.M. (2013). Application of flushing devices in sewer systems. Groep Wetenschap en Technologie, KULeuven, België.

Snaterse K. (2014). Goed asset management voorkomt aantasting door biogene sulfiden en ander agressief afvalwater. WT afvalwater, jaargang 14, nr.1.

Stichting Rioned (2006). Leidraad Riolerings Beheer van mechanische riolerings C3100. Stichting Rioned, Ede, Nederland.

Vinck E., Donckels B., Weemaes M., De Gueldre G. (2013). Omgaan met de vorming van toxische waterstofsulfidegassen in rioleringen. WT afvalwater, jaargang 13, nr.5.

VLARIO (2006). Biogene zwavelzuuraantasting, parameterevaluatie en theoretische benadering met behulp van model van Pomeroy.

Bijlage 1: Onderscheidende geurende stoffen in de rioolatmosferaer

verbinding	chemische formule	geurdrempel [mg/m ³]	duidelijke waarneming [mg/m ³]	herkenning [mg/m ³]	MAK meer bepaald TRGS 900		WGK	karakteristieke geur	effect als een stof
					[mg/m ³]	[ml/m ³]			
waterstofsulfide	H ₂ S	0,0025	0,013	0,0063	14 ^{**}	10	2	rotte eieren	zeer giftig
methylmercaptaan (methaanthiol)	CH ₃ -SH	0,002	0,003	0,002	1	0,5	3	bedorven of rotte groente	giftig
ethylmercaptaan (ethaanthiol)	CH ₃ CH ₂ -SH	0,001	0,002	0,001	1,3	0,5	3	bedorven of rotte groente (bedorven kool)	schadelijk voor de gezondheid
Allylthiol (allyl mercaptaan)	CH ₂ CHCH ₂ -SH	0,00015					3	sterk naar afval (sterk knoflook, koffie)	
propaanthiol (propyl mercaptaan)	CH ₃ CH ₂ CH ₂ -SH	0,0002	0,0051	0,076			3	onaangenaam	schadelijk voor de gezondheid
crotyl mercaptaan	CH ₃ CHCHCH ₂ -SH	0,00043	0,00092				n.g.	stinkend (stinkdier)	
tributylmercaptaan	(CH ₃) ₃ C-SH	0,0015	0,0037	0,0027	1,9	0,5	n.g.	onaangenaam, stinkend	
amylmercaptaan	CH ₃ (CH ₂) ₃ CH ₂ -SH	0,0001					3	onaangenaam, vuil	schadelijk voor de gezondheid
Fenylmethaanthiol (benzylmercaptaan)	C ₆ H ₅ CH ₂ -SH	0,0018	0,013				3	sterk onaangenaam	schadelijk voor de gezondheid
dimethylsulfide	CH ₃ -S-CH ₃	0,0025	0,0026	0,0026			1	mierikswortel (bedorven groenten)	schadelijk voor de gezondheid
difenylsulfide	C ₆ H ₅ -S-C ₆ H ₅	0,0026	0,0026	0,016			2	onaangenaam	schadelijk voor de gezondheid
thiofenol (fenylmercaptaan)	C ₆ H ₅ -SH	0,0012	0,0043		2 ^{*)}		3	naar rottend afval, afgestorven organisme (verrot, knoflookachtig)	zeer giftig
thiocresol	CH ₃ C ₆ H ₄ -SH	0,0014					3	ranzig, stinkend (stinkdier)	irriterend
boterzuur	C ₃ H ₇ COOH	0,001	0,0035	0,02			1	onaangenaam, zoetachtig (bv. zweetvoeten)	bijtend
methylamine	CH ₃ -NH ₂	0,01	0,065	0,027	13	10	2	visachtig, ammoniak	schadelijk voor de gezondheid, bijtend
dimethylamine	(CH ₃) ₂ -NH	0,05	0,64	2,2	3,7	2	2	visachtig, ammoniak	schadelijk voor de gezondheid, bijtend
trimethylamine	(CH ₃) ₃ -N	0,0002	0,0011	0,0034	4,9 ^{**}	2	2	scherp, visachtig, ammoniak	schadelijk voor de gezondheid
indool	C ₈ H ₄ (CH) ₂ -NH	0,00015	0,0006				1	walgelig, onaangenaam, smerig (bv. ontlasting, misselijkmakend)	schadelijk voor de gezondheid
skatool	C ₉ H ₇ -N	0,00002	0,00035	0,00035			2	walgelig, onaangenaam, smerig (bv. ontlasting, misselijkmakend)	schadelijk voor de gezondheid

n.g. = niet gespecificeerd

^{*)} = grenswaarde in de lucht

^{**}) = grenswaarde in herziening

WGK = waterverontreinigingsklassen

1 = zwak waterverontreinigend

2 = waterverontreinigend

3 = sterk waterverontreinigend

MAK = maximale arbeidsplaatsconcentratie, waarbij de gezondheid van de werknemers niet verzwakt wordt

bronnen: Sulfid-Praxishandbuch der Abwassertechnik (D. Weismann und M. Lohse) 2007 tabel 9.23 blz. 287

<http://www.lenntech.nl/geurtabel.htm>

<http://www.4g-air.nl/artikelen-sp-842/algemene-info/24-geurende-stoffen-osmogenen-en-ander-geurdrempels>

<http://united-tech.com/stinks/>