

GEZONDHEIDSKLACHTEN BIJ RWZI HARNASCHPOLDER

Opdrachtgever(s)	Provincie Zuid Holland Dhr. R.A.J. Bontje
Auteur(s)	A. Dusseldorp, P. Morgenstern Centrum Inspectieonderzoek Milieucalamiteiten en Drinkwater, IMD
Becommentarieerd door:	M. van Bruggen (IMD), M. Mennen (IMD), J. Schijven (LZO), A.M. de Roda Husman (LZO), S. Rutjes (LZO)
Status rapport	Definitief
Datum	01 november 2007
Rapportnummer	609023012
Dit rapport bestaat uit	31 pagina's (inclusief deze pagina)
IMD vraagnummer	2911
Projectnummer	E/609023/26/AA

SAMENVATTING

RWZI Harnaschpolder is sinds het najaar 2006 in bedrijf. Sindsdien ondervinden de omwonenden geuroverlast en maken zij zich zorgen over hun gezondheid. Naar aanleiding van de klachten en de emissiemetingen heeft de Provincie Zuid-Holland een handhavingstraject ingezet waarin het bedrijf wordt gedwongen uiterlijk 15 november 2007 de geuroverlast terug te dringen. Om antwoord te kunnen geven op de vragen van de bewoners heeft de Provincie het RIVM gevraagd te onderzoeken welke stoffen en micro-organismen kunnen vrijkomen bij een RWZI, en na te gaan of dit hun gezondheidsklachten kan verklaren.

Chemische stoffen

Tijdens het proces ontstaan diverse gassen waaronder stikstof, methaan en diverse zwavelverbindingen. H₂S, één van de zwavelverbindingen, geeft snel geuroverlast. De gassen die vrijkomen in verschillende fasen van de zuivering worden via ventilatiekanalen naar de schoorsteen geleid, waar ze naar de buitenlucht worden geëmitteerd. Verspreidingsberekeningen wijzen uit dat de H₂S-concentratie op leefniveau als gevolg van emissie uit de schoorsteen maximaal enkele ng/m³ bedraagt. De H₂S emissie van de voorbezinktanks is op leefniveau veel duidelijker merkbaar. Berekeningen laten zien dat de concentraties door emissies bij de voorbezinktanks enkele µg/m³ tot (tijdelijk) maximaal 90 µg/m³ kunnen bedragen. Deze concentraties overschrijden niet de gezondheidkundige advieswaarden, maar wel de geurdrempel. Dit is consistent met het regelmatig optreden van geurklachten in de directe omgeving van de RWZI.

Biologische componenten

In afvalwater is een grote diversiteit aan micro-organismen aanwezig. Sommige zijn noodzakelijk voor het zuiveringsproces, andere worden aangevoerd met het afvalwater. Daar zitten ook pathogene micro-organismen bij. Om via de lucht te kunnen verspreiden naar de omgeving, dienen de micro-organismen in aërosolen terecht te komen. Omdat omwonenden niet direct met het afvalwater in contact komen, kunnen zij alleen op die wijze worden blootgesteld. Naar schatting kunnen de grote aërosolen (> 100 µm) zich tot een meter of tien verspreiden, en de kleinere over een afstand van enkele honderden meters. Studies laten zien dat er op zo'n afstand een behoorlijke verdunning optreedt. Uit de literatuur blijkt dat aërosolvorming bij 'bodembeluchting'¹, zoals bij de RWZI Harnaschpolder wordt toegepast, weinig optreedt. De meeste procesonderdelen van Harnaschpolder waar aërosolvorming plaats vindt zijn in pandig (bijvoorbeeld de inlaat van het afvalwater). Als aërosolen via de schoorsteen emitteren, komen deze pas na honderden meters in sterk verdunde vorm neer. Het is daarom onaannemelijk dat micro-organismen uit het water zich in relevante concentraties in de woonomgeving bevinden.

¹ In tegenstelling tot mechanische beluchting zoals bij de rotoren van een pasveersloot.

Gerapporteerde gezondheidsklachten

Werknemers van een RWZI hebben vaker dan andere groepen werknemers klachten van de luchtwegen het maagdarmsstelsel, moeheid en hoofdpijn. De precieze oorzaak daarvan is niet duidelijk maar micro-organismen zouden de oorzaak kunnen zijn. In tegenstelling tot omwonenden, kunnen werknemers ook worden blootgesteld via handen en mond. Daarnaast bevinden werknemers zich dicht bij de onderdelen van de zuivering en voeren soms werkzaamheden uit waarbij aërosolen worden gevormd waardoor inhalatoire blootstelling kan plaatsvinden.

In de wetenschappelijke literatuur van de afgelopen 15 jaar worden geen uitbraken gerapporteerd van ziekten van omwonenden van een RWZI. Algemene studies naar de gezondheid van omwonenden hebben we niet aangetroffen, met uitzondering van een Franse studie bij een RWZI die geuroverlast veroorzaakte. Daar kwam uit naar voren dat het optreden van gezondheidsklachten niet samenhangt met de afstand tot de RWZI. Wel kwam een aantal klachten vaker voor bij mensen die zelf aangaven intolerant te zijn voor chemische stoffen, of een relatie legden tussen geur en gezondheid. Dit is consistent met andere studies naar de effecten van geur: Geur kan naast hinder ook leiden tot verstoring van gedrag en lichamelijke klachten als hoofdpijn en misselijkheid. Diverse factoren zoals de onaangenaamheid van de geur, demografische factoren als leeftijd en geslacht, sociaal-economische factoren, bezorgdheid en de eigen ervaren gezondheid spelen hierin een rol.

Conclusie

De literatuurstudie en de verspreidingsberekeningen laten zien dat omwonenden van de RWZI Harnaschpolder niet worden blootgesteld aan relevante hoeveelheden micro-organismen. Wel is duidelijk dat de omwonenden geregeld te maken hebben met concentraties H₂S boven de geurdrempel. Directe gezondheidseffecten zijn daar niet van te verwachten, maar geurhinder zelf (élke geurhinder) kan aanleiding geven tot verstoring van gedrag en lichamelijke klachten.

INHOUDSOPGAVE

1.	INLEIDING	5
2.	PROJECTAANPAK	6
3.	PROCES RWZI	7
4.	CHEMISCHE VERBINDINGEN IN AFVALWATER EN VERSPREIDING NAAR OMGEVING	9
4.1	INLEIDING	9
4.2	VERSPREIDING.....	9
5.	MICRO-ORGANISMEN EN VERSPREIDING NAAR DE OMGEVING	11
5.1	AËROSOLVORMING.....	11
5.2	VERSPREIDING VAN AËROSOLEN	12
5.2.1	<i>Algemeen</i>	12
5.2.2	<i>Betekenis voor Harnaschpolder</i>	12
5.3	(OVERLEVING VAN) MICRO-ORGANISMEN IN AËROSOLEN.	12
5.3.1	<i>Meetgegevens (organismen in) aërosolen bij RWZI's</i>	13
6.	STUDIES NAAR GEZONDHEIDSKLACHTEN BIJ RWZI'S	15
6.1	OMWONENDEN, WETENSCHAPPELIJKE LITERATUUR	15
6.2	WERKNEMERS, WETENSCHAPPELIJKE LITERATUUR.....	15
6.2.1	<i>Welke klachten hebben werknemers?</i>	15
6.2.2	<i>Welke blootstellingen zijn in deze studies gemeten?</i>	16
6.3	ONDERZOEK VAN HET RIVM IN GARMERWOLDE.....	17
6.4	GEUR EN GEZONDHEID	18
7.	CONCLUSIES EN BESCHOUWING	19
7.1	ANTWOORDEN OP DE VRAGEN	19
7.2	BESCHOUWING	20
	BIJLAGE A. PROCESSHEMA HARNASCHPOLDER	24
	BIJLAGE B. H₂S EN ENDOTOXINEN	25
	BIJLAGE C. STACKS SCENARIO	26
	BIJLAGE D. MICRO-ORGANISMEN IN AFVALWATER	29
	BIJLAGE E. OVERZICHT VAN STUDIES NAAR GEZONDHEIDSKLACHTEN BIJ WERKNEMERS VAN RWZI'S	30

1. INLEIDING

De RWZI in Harnaschpolder is in werking getreden in september 2006. Sinds de installatie in bedrijf is genomen, klagen omwonenden over stank en over o.a. lusteloosheid, slapeloosheid en astma. Het adviesbureau Odournet heeft een geuronderzoek verricht en geconcludeerd dat de geurnormen in de woonomgeving ruimschoots worden overschreden (rapportages april en juli 2007). Dit was voor de provincie aanleiding om een handhavingstraject in te zetten, te meer omdat bekend is dat geuroverlast op zich een reden kan zijn voor lichamelijke klachten. Het bedrijf heeft een plan van aanpak ingediend om de geuroverlast terug te dringen. De geuroverlast dient uiterlijk 15 november 2007 door het bedrijf te zijn opgelost. Daarna volgt een dwangsomregeling. De provincie heeft het RIVM gevraagd in de tussentijd mee te denken over het beantwoorden van de vragen van de omwonenden.

Oriënterend gesprek

Op 11 juli 2007 heeft een gesprek plaatsgevonden over deze situatie, gevolgd door een bedrijfsbezoek op 1 augustus. Daarbij waren vertegenwoordigers aanwezig van de provincie, de GGD Zuid-Holland West en het RIVM. Tijdens deze bezoeken kwamen de volgende zaken aan de orde:

- De grootste boosdoeners van de geuremissie zijn waarschijnlijk de vier grote voorbezink-tanks, vlakbij een aantal woonhuizen. Deze hebben een drijvend dak, waardoor emissie naar de omgeving makkelijk kan optreden, omdat deze de tanks niet volledig afsluiten.
- De meeste andere emissies worden over een lavafilter naar de centrale schoorsteen geleid die 40 meter hoog is.
- De bewoners zijn in grote lijnen op de hoogte van de bedrijfsvoering (er zijn avonden geweest van het bedrijf voor de bewoners) en het verloop van het handhavingstraject.
- De GGD is niet door de bewoners benaderd over de gezondheidsklachten.
- Er zijn diverse stukken beschikbaar van de bewoners, het geuronderzoek en de provincie over de situatie. De relevante documenten zijn door de provincie verstrekt aan het RIVM en de GGD.

Aanpak

Er is tijdens de gesprekken aan de orde gekomen dat de stankoverlast op zich voldoende reden zou kunnen zijn voor de genoemde klachten. Omdat er echter sprake is van ongerustheid over andere vormen van blootstelling (stoffen, micro-organismen) met mogelijke gezondheidseffecten is de volgende aanpak gekozen:

1. De GGD inventariseert de klachten van de bewoners die zich bij de provincie hebben gemeld. Dat zijn zeven families. Dit onderzoek wordt separaat gerapporteerd.
2. Het RIVM onderzoekt:
 - a. welke chemische of biologische agentia kunnen vrijkomen bij RWZI's;
 - b. welke effecten beschreven zijn bij werknemers van een RWZI (deze zijn het hoogst blootgesteld);
 - c. in hoeverre de genoemde agentia zich in de omgeving kunnen verspreiden;

- d. welke effecten er als gevolg van verspreiding beschreven zijn bij omwonenden van een RWZI.

Met behulp van deze gegevens beoordeelt het RIVM de waarschijnlijkheid van significante blootstelling aan chemische of biologische agentia rondom de RWZI Harnaschpolder. Er wordt bovendien met verspreidingsberekeningen op grond van de gegevens van Odournet getracht een indicatie te krijgen van de immissieconcentratie H₂S op leefniveau.

2. PROJECTAANPAK

Om de vragen te beantwoorden is allereerst een literatuuronderzoek gedaan. In MEDLINE is gezocht naar wetenschappelijke artikelen over effecten van het werken of wonen bij een RWZI, gepubliceerd in de laatste 15 jaar. Daarbij zijn de volgende trefwoorden (in diverse combinaties) gebruikt: *wastewater treatment, wastewater or sewage, health effects, odour/odor, bioaerosol exposure, wastewater and exposure, environment, air*. Daarnaast is gezocht naar gegevens over de vorming en verspreiding van aërosolen met de trefwoorden *wastewater treatment, bioaerosols* en via referenties die werden aangetroffen in de andere artikelen.

3. PROCES RWZI

Harnaschpolder is een conventionele aërobe rioolwaterzuiveringsinstallatie (RWZI). Het processchema van de RWZI Harnaschpolder is bijgevoegd als bijlage A.

Het rioolwater komt de zuivering binnen (influent) over een fijn rooster (6mm) waar de grove bestanddelen uit het water worden gefilterd. Daarna wordt het afvalwater naar een voorbezinktank geleid. Hier zakken de zwevende deeltjes naar de bodem en worden afgevoerd naar de sliblijn van de installatie. De overstort wordt vervolgens naar de biologische zuivering geleid. In de voorbezinktanks van Harnaschpolder wordt H₂S en andere zwavelverbindingen gevormd. De biologische zuivering bestaat uit een aëroob, een anaëroob en een aëroob-anoxische zone. In de eerste aërobe zone wordt vooral het organische vuil geoxideerd. Hierbij ontsnapt CO₂. In de daaropvolgende anaërobe en aërobe zone wordt fosfaat uit het afvalwater verwijderd door fosfaataccumulerende micro-organismen. Eventueel wordt bij een teveel aan resterend fosfaat nog ijzerchloride gedoseerd om het fosfaat neer te slaan. In de gecombineerde aëroob-anoxische zone vindt stikstofverwijdering plaats. Dit ontsnapt als N₂.

Vervolgens komt het slib/watermengsel in een nabezinktank terecht waar het slib kan bezinken en via een retourleiding naar het begin van de biologische zuivering wordt gepompt. De overstort van water (effluent) voldoet aan de lozingsnormen. Dit lozen gebeurt op 2,5 km uit de kust op zee. Tijdens het proces vindt aanwas van slib plaats. Het overschot aan slib wordt gespuid en vervolgens vergist. Daarbij komen onder andere zwavelverbindingen vrij, waaronder H₂S. In het hele proces bevindt zich een scala aan bacteriën in het water, zowel de bacteriën die van nut zijn voor het zuiveringsproces (onder andere: *Nitrobacteriaceae*, *Pseudomonas* en *Archromobacter*) als bacteriën die in het aangevoerde afvalwater zitten en ziekteverwekkend kunnen zijn voor mens en dier (onder meer *Campylobacter*, *Salmonella*, *Pseudomonas*, *Escherischia coli*). Bovendien kunnen andere ziekteverwekkende micro-organismen in het afvalwater aanwezig zijn zoals virussen, schimmels en parasitaire protozoa die net als de bacteriën afkomstig zijn van feces en andere door mens en dier uitgescheiden stoffen. Beluchting vindt in alle gevallen middels bellenroosters plaats en niet mechanisch. Een groot deel van het proces vindt afgesloten van de buitenomgeving plaats. Gassen worden bij de biologische zuivering afgevangen en door filters geleid alvorens ze in de buitenlucht worden geëmitteerd.

De voorbezinktanks zijn in de zomer van 2007 gedurende enkele weken schoongemaakt en daarbij is veel geuroverlast ontstaan (doordat een open verbinding van de ontsnappende gassen uit het slibmengsel met de buitenlucht ontstaat). Sinds juli zijn geen schoonmaakwerkzaamheden meer nodig geweest. Ook zijn er aanpassingen aan het drijvend dak geweest waardoor het open oppervlak is verminderd.

Verspreiding van stoffen

Verschillende factoren zijn van belang voor de immissie-concentraties (concentratie op leefniveau) van componenten afkomstig van de RWZI. Uiteraard is de emissie zelf (hoeveelheid per tijd) van belang, maar ook de wijze waarop die emissie plaatsvindt (constant over een langere periode of piekgewijs) en de hoogte van de bron (schoorsteen van 40 meter of enkele meters boven het maaiveld). Zo is volgens een rapport van april 2007 van Odournet de schoorsteen verantwoordelijk voor meer geuremissie dan de voorbezinktanks, maar spelen de voorbezinktanks een veel belangrijkere rol voor de immissie concentratie en daarmee de overlast van de omwonenden. Tenslotte bepaalt de windrichting in hoge mate waar de eventueel uitgestoten stoffen terecht komen. De woningen nabij de Harnaschpolder staan ten noordoosten van de voorbezinktanks en dus staat een groot deel van de tijd de wind over de RWZI naar de huizen, die zich op een afstand van ongeveer 50 tot 100 meter van de voorbezinktanks bevinden.

De verspreiding van stoffen wordt verder uitgewerkt in hoofdstuk 4 (H₂S) en hoofdstuk 5 (micro-organismen).

4. CHEMISCHE VERBINDINGEN IN AFVALWATER EN VERSPREIDING NAAR OMGEVING

4.1 INLEIDING

Gasvormige componenten (chemische verbindingen) spelen in termen van potentiële verspreiding de belangrijkste rol. Veel voorkomende verbindingen zijn:

- Waterstofdisulfide (H_2S) en andere sulfides (mercaptanen, disulfiden, thioethers)
- Organische gassen als kooldioxide (CO_2) en methaan (CH_4)
- Stikstofgas (N_2) en ammoniak (NH_3)

Bij de voorbezinktanks (deze worden verantwoordelijk gehouden voor de grootste bijdrage aan immissieconcentratie) spelen met name de zwavelverbindingen een rol. Daarvan is H_2S , wat betreft potentiële gezondheidseffecten en geuroverlast, de meest relevante verbinding om te beschouwen. De andere zwavelverbindingen komen in veel lagere concentraties voor. De overige gassen komen in andere (afgesloten) delen van de zuivering vrij en zijn niet of minder toxisch dan H_2S . Om deze reden is in paragraaf 4.2. alleen H_2S beschouwd. Enkele gezondheidswaarden en geurdrempels van H_2S worden in bijlage B weergegeven.

4.2 VERSPREIDING

Er zijn geen metingen beschikbaar van de concentratie H_2S op de plek waar de omwonenden (of voorbijgangers) zich bevinden. Om een indruk te krijgen van de verspreiding van H_2S kan met behulp van meetgegevens van Odournet, op grond van een aantal aannamen, worden berekend welke concentraties op leefniveau zijn te verwachten. Hiervoor hebben we, evenals Odournet, gebruik gemaakt van het model Stacks. Het blijkt dat de emissie van de 40 meter hoge schoorsteen zeer lage concentraties H_2S op leefniveau (maximaal enkele ng/m^3) veroorzaakt. De effecten van de voorbezinktanks zijn op leefniveau veel duidelijker merkbaar (Zie paragraaf 4.3). De invoerparameters en het gekozen scenario zijn dezelfde als gebruikt door Odournet.

Emissie uit de voorbezinktanks

Odournet heeft een H_2S -meting gedaan boven het (open) midden van een voorbezinktank. De hoogste concentratie die daar werd gemeten was $511 mg/m^3$ (Odournet, juli 2007). Op basis van deze concentratie leveren Stacks-berekeningen (zie bijlage C) voor de vier voorbezinktanks concentraties op tot gemiddeld een enkele $\mu g/m^3$ op leefniveau in de nabijgelegen woonwijk tot een incidentele piekwaarde van $90 \mu g/m^3$ op leefniveau. Deze concentratie overschrijdt niet de gezondheidkundige waarde die de WHO heeft vastgesteld als 'Air Quality Guideline' ($150 \mu g/m^3$) maar wel de geurdrempel ($10 \mu g/m^3$). Op grond van deze berekeningen is de geuroverlast dus goed verklaarbaar.

Kanttekening

Stacks is ontwikkeld voor het berekenen van de verspreiding van stoffen die vrijkomen uit hoge bronnen. De verspreiding vanuit lage bronnen, zoals de voorbezinktanks, berekent het model minder nauwkeurig. Bij gebrek aan beter wordt Stacks daar echter wel voor gebruikt en geeft dan een ordegrootte weer van de concentraties op leefniveau. Ook onze berekeningen van de concentratie van H₂S moeten worden gezien als een ordegrootte, mede doordat een aantal aannamen moesten worden gedaan omdat niet alle parameters bekend waren.

5. MICRO-ORGANISMEN EN VERSPREIDING NAAR DE OMGEVING

In een RWZI komen velen micro-organismen voor, waarvan sommige ziekteverwekkend zijn, vooral bij orale blootstelling (zie bijlage D). Andere blootstellingroutes zoals via de ademhaling (inhalatoir) of de huid (dermaal) zijn in het algemeen minder risicovol. Voordat inhalatoire blootstelling kan plaatsvinden moeten de micro-organismen of bestanddelen daarvan middels aërosolen in de lucht terechtkomen (zie paragraaf 5.1.).

In bijlage E is aangegeven welke micro-organismen (en enkele chemische verbindingen) in de diverse wetenschappelijke studies op een RWZI zijn gemeten.

5.1 AËROSOLVORMING

Aërosolen zijn vaste of vloeibare deeltjes die in de lucht zweven. Vorming van vloeibare aërosolen treedt bijvoorbeeld op bij fonteynen, luchtbevochtigingsinstallaties, douches en whirlpools. Bij een RWZI, waar water belucht wordt, kunnen ook aërosolen ontstaan. Uit de beschikbare studies komt naar voren dat dit voornamelijk het geval is bij mechanische beluchting. Daarbij wordt lucht in het water ‘geslagen’. Dit kan ook het geval zijn als water door een rooster wordt geleid, zoals aan het begin van het proces.

Uit de studies waarin organismen zijn gemeten op RWZI's komt naar voren dat aerosolvorming vooral plaatsvindt bij de ‘grit removal’, dit is het rooster aan het begin van het proces (Prazmo 2003, Karra 2007) en de beluchtingtanks (o.a. Carducci e.a. 1999, Prazmo e.a. 2003).

Betekenis voor Harnaschpolder

Op de RWZI Harnaschpolder wordt, zoals op de meeste moderne installaties, geen gebruik gemaakt van mechanische, maar van diffuse beluchting. Daarbij worden luchtbellens van onderaf door het water geleid. Aërosolvorming op grote schaal is daarbij onwaarschijnlijk. Het rooster waarover het water binnenkomt bevindt zich in pandig, evenals een aantal specifieke werkzaamheden waarbij aërosolen kunnen ontstaan, zoals het vullen van vrachtwagens en het schoonspuiten van gebouwen.

5.2 *VERSPREIDING VAN AËROSOLEN*

5.2.1 *Algemeen*

De verspreiding van aërosolen naar de omgeving hangt af van de druppelgrootte, de hoogte van de emissie van deze druppels, en weersomstandigheden zoals temperatuur, windsnelheid en luchtvochtigheid. Hieronder wordt (sterk vereenvoudigd) beschreven welke invloed deze factoren hebben.

- De grootte van de aërosolen bepaalt hoe snel de aërosolen neerslaan na emissie. Grotere aërosolen slaan (door de zwaartekracht) snel neer, kleine aërosolen kunnen zich verder verspreiden waarbij de concentratie onderweg wordt verdund.
- De hoogte van de emissie bepaalt in belangrijke mate op welke afstand de aërosolen op de grond terechtkomen. Hoe hoger het emissiepunt, hoe verder weg dat is. Tegen de tijd dat de aërosolen op leefniveau terechtkomen, is de concentratie ervan verdund (en wel meer verdund naarmate de afstand groter is).
- Door een samenspel van temperatuur en luchtvochtigheid kunnen de aërosolen ofwel verdampen (en daardoor kleiner worden) ofwel aangroeien. Ook de zonnestraling speelt hierbij een rol (snellere verdamping bij veel zonneschijn). In de praktijk zullen de aërosolen eerder verdampen dan aangroeien, omdat de luchtvochtigheid vlak boven de tank iets hoger is dan in de buitenlucht.
- Bij lage windsnelheid verspreiden de aërosolen zich nauwelijks, bij hoge windsnelheden veel meer. Ook hier geldt weer dat bij verdere verspreiding meer verdunning optreedt.

Door het samenspel van deze verschillende factoren en omdat niet bekend is hoe groot de aërosolen zijn die ontstaan vlak boven de tank, is het niet precies te voorspellen waar aërosolen, mochten deze ontstaan, uiteindelijk terechtkomen en in welke concentraties.

5.2.2 *Betekenis voor Harnaschpolder*

In 5.1. hebben we aangegeven weinig aerosolvorming in de buitenlucht te verwachten. Als er aërosolen ontstaan in de tanks, is de emissie ongeveer 5 meter hoog. Op basis van een grove inschatting zouden grote aërosolen (> 100µm) zich tot een meter of tien verspreiden, en de kleinere deeltjes tot honderden meters. Op die afstand is inmiddels verdunning opgetreden. Als er aërosolen in de binnenlucht vrijkomen die de schoorsteen bereiken, komen deze pas na honderden meters neer, en zijn dan sterk verdund in concentratie.

5.3 *(OVERLEVING VAN) MICRO-ORGANISMEN IN AËROSOLEN.*

De concentratie waarmee de organismen door aerosolvorming in de lucht komen is veel lager dan de concentratie in het water. Karra e.a. (2007) geeft aan dat in het water van de ‘aerated grit

removal' de concentratie bacteriën in het water minstens 10^8 maal hoger was dan in de lucht boven de tank. De vraag is vervolgens of deze micro-organismen overleven.

Sommige organismen overleven beter in de aërosolen dan anderen. Ten aanzien van de overlevingskansen van micro-organismen kan het volgende gesteld worden:

- Belangrijkste factoren zijn de relatieve vochtigheid en temperatuur (Karra);
- In het algemeen zullen virussen beter overleven dan grotere bacteriën en parasieten;
- Enterale virussen hebben een grote stabiliteit (Carducci) en worden aangetoond in aërosolen dichtbij de RWZI;
- UV-straling² inactiveren virussen redelijk behalve adenovirussen.

5.3.1 Meetgegevens (organismen in) aërosolen bij RWZI's

Er zijn enkele meetgegevens bekend op wat grotere afstand (tot 50 meter) van onderdelen van een RWZI. Brandi e.a. (2000) rapporteren dat *Enterococci*, *Escherichia* en *Staphylococci* worden aangetroffen bij metingen op 10 meter afstand benedenwinds van een RWZI met mechanische beluchting (waarvan 20-40 % in de longen zou kunnen doordringen). Bij een installatie met een 'fine bubbled diffused air' systeem waren de concentraties van schimmels en bacteriën erg laag of zelfs afwezig. Dit wordt bevestigd door Radke e.a. (2003). *Shigella*, *Salmonella*, *Pseudomonas erginosa* en *Aeromonas* spp werden bij geen van beide RWZI's aangetroffen bij de benedenwindse metingen (Brandi e.a. 2000). Het aantal bacteriën gaat bij de metingen van Brandi ongeveer met een factor 2 naar beneden tussen 2 meter en 10 meter benedenwinds.

Ook Carducci e.a. (1999) hebben gemeten op diverse afstanden van de beluchtingstank met turbinebeluchting (mechanisch) van een RWZI waar huishoudelijk afvalwater van ca. 30.000 huishoudens wordt behandeld. Indien cytopathogene virussen werden aangetroffen in het water, dan werden ze ook in de lucht aangetoond, in elk geval boven de tank en op 20 meter afstand. In ca. de helft van de luchtmonsters werden cytopathogene virussen aangetroffen. De concentratie virussen was op 50 meter afstand van de tank afgenomen met 15 %, aantal bacteriën met 88 %, streptococci met 98 % en colifagen met 99 %. Deze terugval in concentraties ondersteunt het feit dat veel aërosolen op korte afstand neerslaan en verspreiding naar de verre omgeving niet uitgebreid plaatsvindt. Ook vindt bij eventuele verspreiding al snel een sterke verdunning plaats. Dat verspreiding beperkt is wordt ook ondersteund door het feit dat niet op het hele terrein van de RWZI hoge concentraties worden gevonden, maar slechts nabij een bron (Douwes e.a. 2001. Laitinen e.a. 2004, Karra e.a., 2007).

² UV straling wordt door de zon uitgezonden. De hoeveelheid straling varieert, maar is overdag altijd aanwezig (ook op een bewolkte dag).

Betekenis voor Harnaschpolder

De meetgegevens uit de literatuur wijzen erop dat er bij diffuse beluchting weinig micro-organismen worden aangetroffen in de lucht. Dit is ook te verwachten voor Harnaschpolder. Het is daarmee ook onwaarschijnlijk dat buiten de RWZI een substantiële verhoging van de concentratie micro-organismen heerst, zeker gezien het feit dat uit metingen met mechanische beluchting blijkt dat de concentratie micro-organismen snel afneemt met de afstand tot de tanks. Emissie vanuit de schoorsteen veroorzaakt zoals eerder opgemerkt, geen hoge concentraties op leefniveau in de omgeving van de RWZI.

6. STUDIES NAAR GEZONDHEIDSKLACHTEN BIJ RWZI'S

Er zijn nauwelijks onderzoeken gepubliceerd naar de gezondheid van omwonenden van RWZI's. Brandi e.a. stellen in hun artikel dat er voor zover bekend nooit een uitbraak van een bepaalde ziekte bij omwonenden van een RWZI is gerapporteerd (Brandi e.a. 2000). Ook in ons literatuuronderzoek zijn we dat niet tegengekomen. De enige studie die bij ons bekend is naar de gezondheid van omwonenden beschrijven we in paragraaf 6.1. Onder werknemers is meer onderzoek gedaan (zie paragraaf 6.2). Paragraaf 6.3 beschrijft eerder onderzoek van het RIVM rondom RWZI Garmerwolde, waar de aanleiding in eerste instantie werd gevormd door ongerustheid over dierziekten. Paragraaf 6.4. geeft een korte beschrijving over geur en gezondheid.

6.1 OMWONENDEN, WETENSCHAPPELIJKE LITERATUUR

In Frankrijk is naar aanleiding van klachten over geur een telefonische enquête uitgevoerd onder bijna 3000 omwonenden. De conclusie van het onderzoek luidt dat de mensen die tot 1,5 km afstand van de RWZI wonen meer geurklachten hebben dan degenen die verder weg wonen. Het aantal lichamelijke klachten verschilde niet tussen direct omwonenden (0-1,5 km) en mensen die verder weg wonen (tot 4,5 km). Wel traden rhinitis³ (significant) en astma en infecties van de luchtwegen (niet significant) vaker op bij mensen die zelf aangeven intolerant te zijn voor chemische verbindingen en/of geur zien als een bedreiging voor de gezondheid (Ségala e.a. 2003).

6.2 WERKNEMERS, WETENSCHAPPELIJKE LITERATUUR

Werknemers van RWZI's bevinden zich op plekken waar blootstelling aan chemische verbindingen of micro-organismen zou kunnen plaatsvinden. Daarnaast hebben zij een extra blootstellingroute: door contact met het slib kunnen bacteriën ook in aanraking komen met de huid en via de handen en mond ook in het maag-darmstelsel belanden.

6.2.1 Welke klachten hebben werknemers?

Thorn e.a. zetten in 2001 op een rij welke gezondheidsklachten bij werknemers van RWZI's vaker voorkomen dan bij andere groepen werknemers. Zij bekeken publicaties vanaf de jaren 50 tot en met 1999. Daar kwam uit naar voren dat klachten van werknemers voornamelijk de luchtwegen, moeheid en hoofdpijn en klachten van het maag-darmstelsel betreffen. In een aantal studies is ook bekeken of werknemers geïnfecteerd waren met bacteriën. Vooral Hepatitis A is veel onderzocht en vaak hebben werknemers een groter aantal antilichamen tegen Hepatitis A in het bloed dan controlegroepen. Hygiënemaatregelen verkleinen volgens de auteurs de kans op besmetting, onder andere omdat besmetting minder voorkomt als de werkkleren dagelijks

³ Aandoeningen van de neus, zoals een geïrriteerde of ontstoken neus. De symptomen zijn een loopneus, niezen, een verstopte neus en verder geïrriteerde oren, ogen en keel.

worden gewassen. Verder beschrijft Thorn studies naar het voorkomen van kanker onder werknemers. Een enkele studie vindt een verhoogd risico op kanker. De auteurs concluderen dat een samenhang met het werken op een RWZI onwaarschijnlijk is, omdat het type kanker elke keer anders is. Alleen maagkanker is in meer dan 1 studie gevonden als een verhoogd risico (drie studies). In de studies was echter niet gecorrigeerd voor bekende oorzaken van maagkanker (dieet, alcoholgebruik). Bovendien geven de auteurs aan dat geen van de veel voorkomende agentia op een RWZI ooit met maagkanker in verband is gebracht.

Smit e.a (2005) onderzochten symptomen bij werknemers van 216 werknemers van 40 RWZI's. Zij geven aan dat symptomen van de lagere luchtwegen, huidklachten en griepachtige symptomen vaker voorkwamen bij werknemers van een RWZI dan in de algemene bevolking. Ook het kantoorpersoneel had vaker klachten, dit was minder goed in te delen in samenhangende symptomen. Dit duidt mogelijk op incidentele blootstelling aan diverse componenten.

6.2.2 Welke blootstellingen zijn in deze studies gemeten?

Bij de verklaring van deze gezondheidseffecten van werknemers wordt voornamelijk gekeken naar de blootstelling aan pathogenen. Werknemers kunnen veel gemakkelijker dan omwonenden in aanraking komen met componenten in het water. Bijlage E geeft een overzicht van studies naar de blootstelling en/of gezondheid van werknemers van RWZI's. Hieronder worden nog een aantal zaken samengevat.

Endotoxinen

In diverse studies zijn metingen verricht naar de concentratie endotoxinen (zie ook bijlage B) op het terrein van RWZI's en ook de persoonlijke blootstelling van werknemers in kaart gebracht. Bij vergelijking van endotoxinen concentraties moet worden opgemerkt dat uniforme meet- en analysemethoden ontbreken en de interpretatie van verschillen tussen studies daarmee lastig is.

Laitinen e.a rapporteren endotoxinen concentraties op 9 RWZI's, variërend van 0,1 tot 350 ng/m³. Deze behandelen allemaal afvalwater van de voedingsindustrie en dat is niet helemaal vergelijkbaar met Harnaschpolder. Melbostad e.a (1994) rapporteren een persoonlijke blootstelling aan endotoxinen (bij 24 werknemers) van 30 ng/m³, Smit e.a. (2005) van gemiddeld 27 EU (Endotoxin Units) / m³ en Douwes e.a (2001) rapporteren een persoonlijke blootstelling van 10 EU/m³. De auteurs concluderen dat de klachten die de werknemers hadden (griepachtige symptomen, ademhalingsklachten en neurologische klachten) in dit geval niet te wijten zijn aan endotoxinen blootstelling, maar de veroorzakende stoffen waarschijnlijk divers zijn. Sommige van de symptomen lijken te voorkomen te zijn door eenvoudige hygiënemaatregelen. Prazmo e.a (2003) rapporteren als hoogste concentratie 5 ng/m³ en concluderen dat op moderne installaties in de open lucht de risico's voor werknemers laag zijn⁴.

Grofweg kan gesteld worden dat de persoonlijke blootstelling aan endotoxinen op de meeste RWZI's niet vaak de waarde van de Gezondheidsraad (50 EU/m³) overschrijden. Wel worden plaatselijk hogere concentraties gemeten, met name bij de slibontwatering en de beluchtingbassins en bij bepaalde schoonmaakwerkzaamheden (Visser e.a. 2006). Concentraties bij een RWZI zijn beduidend lager dan bij bedrijven waar meer stof vrijkomt, zoals varkenshouderijen (pers. mededeling L. Smit, 2007).

Bacteriën

Diverse studies naar gezondheidsklachten bij werknemers hebben de blootstelling aan bacteriën in kaart gebracht. In bijlage E staat een overzicht van meetresultaten. Vaak aangetroffen bacteriën in de lucht nabij onderdelen van de zuivering zijn: *Acinetobacter*, *Enterobacter* spp, *Pseudomonas* spp (oa. Laitinen e.a. 1994). Op een Noorse RWZI hadden 24 werknemers een persoonlijke 8-uursblootstelling aan bacteriën van gemiddeld 520 cfu/m³ (Melbostad e.a. 1994)

H₂S

Melbostad e.a. (1994) rapporteerden een persoonlijke 8-uurs blootstelling van werknemers aan H₂S van <1 ppm (oftewel <1,3 mg/m³). Smit e.a. geven aan dat het voor het verklaren van gezondheidsklachten van werknemers meer van belang lijkt te kijken naar microbiële blootstellingen dan H₂S (of andere chemische stoffen).

6.3 ONDERZOEK VAN HET RIVM IN GARMERWOLDE

Het RIVM was eerder betrokken bij onderzoek rondom een RWZI. Samen met het RIZA werd in 2001 onderzoek gedaan bij de RWZI te Garmerwolde (Van Bruggen en Kamps, 2001). Daar werden diergezondheidsproblemen toegeschreven aan de RWZI. Vervolgens ontstond ook ongerustheid bij de omwonenden of hun gezondheid niet in gevaar werd gebracht door stoffen die vrijkomen bij de rioolwaterzuivering.

Naar aanleiding van de klachten over diergezondheid van het vee van één veehouder waren diverse bodem- en grondwateronderzoeken uitgevoerd op het betreffende perceel, vlakbij de RWZI. Het RIVM en het RIZA hebben de beschikbare gegevens bestudeerd en deze gebruikt als basis voor een risicoschatting. De conclusie hieruit luidde dat de gevonden concentraties aan metalen geen verklaring gaven voor de dierziekte.

Ten aanzien van de eventuele blootstelling aan pathogenen luidde de conclusie dat de dierziekte niet deed denken aan een besmetting via oppervlaktewater. Verspreiding via de lucht van pathogenen op grote schaal werd onwaarschijnlijk geacht omdat

1. Grote aërosolen binnen enkele tientallen meters neerslaan;
2. Kleine aërosolen verdund worden tijdens verspreiding.

⁴ In de studie van Prazmo wordt aangegeven dat het grootste deel van de bioaerosolen kleiner dan 3 µm zijn en dus inhaleerbaar.

Daarnaast speelde in Garmerwolde nog mee dat de heersende windrichting niet over het getroffen perceel stond.

De lokale GGD heeft later de gemelde gezondheidsklachten onderzocht en concludeerde dat deze niet waren toe te schrijven aan de RWZI. Bewoners waren ongerust geworden en vroegen ook of een aantal kankergevallen te maken konden hebben met de RWZI. Omdat de gevallen van kanker diverse typen kanker betrof (en dus waarschijnlijk niet door een en dezelfde factor zijn veroorzaakt) en het aantal gevallen ook niet hoger lag dan gemiddeld in de Nederlandse bevolking, is de conclusie getrokken dat de kankergevallen niet samenhangen met het wonen nabij de RWZI.

6.4 GEUR EN GEZONDHEID

Geur heeft als direct effect geurhinder. In veel situaties blijkt geur ook samen te hangen met andere klachten en verstoring van gedrag of activiteiten zoals slechte ventilatie, niet graag thuis of buiten zijn en minder diep ademen (Smeets en Fast, 2006). Diverse factoren zoals de onaangenaamheid van de geur, demografische factoren als leeftijd en geslacht, sociaal-economische factoren, bezorgdheid en de eigen ervaren gezondheid spelen een rol in de relatie tussen geur en gezondheid.

Andere lichamelijke klachten zoals misselijkheid, hoofdpijn en andere algemene gezondheidsklachten worden vaak toegeschreven aan componenten die de geur veroorzaken. Gezondheidsklachten rondom geur-emitterende industrieën vaker worden aangegeven door mensen die ook geurhinder ondervinden, ook bij blootstellingen waarbij toxische effecten kunnen worden uitgesloten (Sucker e.a. 2001). Mensen met astma, allergieën of bepaalde vormen van overgevoeligheid zoals meervoudig chemische overgevoeligheid en mensen die bezorgd zijn, ervaren eerder hinder en bijbehorende symptomen dan anderen (Smeets en Fast, 2006). Ook in de Franse studie (zie paragraaf 6.1.) lijkt dit een rol te spelen.

Schiffman (2005) geeft een overzicht van diverse studies naar gezondheidsklachten, waaronder specifiek 6 studies waarbij H₂S was betrokken (alle bij andere bronnen dan een RWZI). Ook daar werden gezondheidsklachten gerapporteerd (ver) beneden concentraties waarbij toxicologische effecten door H₂S kunnen optreden. Schiffman stelt dat gezondheidsklachten (buiten geurhinder) bij zwavelachtige verbindingen vaak bij lage concentraties optreden, waarbij de geurdrempel wel is overschreden, maar de concentraties (zeer) ruim onder toxicologische grenswaarden liggen.

Het zou kunnen dat stressmechanismen die optreden door geurhinder een rol spelen van het ontstaan van gezondheidsklachten (Sucker e.a. 2001).

7. CONCLUSIES EN BESCHOUWING

7.1 ANTWOORDEN OP DE VRAGEN

Welke verbindingen kunnen vrijkomen bij een RWZI?

Bij het zuiveringsproces ontstaan verschillende gasvormige verbindingen, zoals H₂S, N₂, CO₂, CH₄. Daarnaast bevinden zich diverse micro-organismen en bestanddelen van micro-organismen (endotoxinen) in het afvalwater. Sommige daarvan kunnen schadelijk zijn voor de mens. Blootstelling op afstand aan micro-organismen kan alleen plaatsvinden als aërosolen worden gevormd. Bij diffuse beluchting, zoals toegepast bij Harnaschpolder, vindt dit nauwelijks plaats. Bij de (overdekt opgestelde) roosters aan het begin van het proces en tijdens werkzaamheden, die vooral binnen plaatsvinden, is meer kans op aërosolvorming.

Kunnen deze verbindingen zich verspreiden naar de omgeving?

De gasvormige verbindingen worden voor het grootste deel afgevoerd via de 40 meter hoge schoorsteen. Door verdunning is concentratie van deze gassen op leefniveau laag. Daarnaast kunnen gassen die vrijkomen vanuit de 5 meter hoge voorbezinktanks zich naar de omgeving verspreiden, omdat deze niet helemaal zijn afgesloten. Zoals is gebleken veroorzaakt dit in het geval van H₂S overlast voor de omwonenden. De concentraties op leefniveau variëren sterk, maar kunnen op basis van de Stacksberekeningen oplopen tot tientallen µg/m³ (bijvoorbeeld bij het openen van het dank van een tank). Dit is consistent met de regelmatige geurklachten en de geurdrempel van 10 µg/m³, maar overschrijden niet de gezondheidkundige advieswaarde die de WHO heeft vastgesteld als 'Air Quality Guideline' (150 µg/m³). Indien aërosolen ontstaan, die via de schoorsteen worden geëmitteerd, komen deze pas na enkele honderden meters op leefniveau terecht, en daardoor in sterk verdunde concentratie. Omdat de RWZI gebruik maakt van bodembeluchting ontstaan er naar verwachting nauwelijks aërosolen bij de diverse tanks. Als er aërosolen ontstaan, verspreiden zich niet veel verder dan enkele tientallen meters.

Wat is bekend over gezondheidsklachten bij werknemers van een RWZI?

Uit de diverse studies komt naar voren dat werknemers vaker dan controlegroepen klachten hebben van de luchtwegen, moeheid en hoofdpijn en klachten van het maag-darmstelsel. Werknemers bevinden zich soms op plaatsen waar inhalatoire blootstelling aan verbindingen, aanwezig op de RWZI, door de zeer geringe afstand mogelijk is. Bovendien kunnen zij ook door contact met het water en/of het slib de verbindingen via hand-mond binnenkrijgen. Voor het grootste deel van de micro-organismen die in het afvalwater voorkomen is dit de meest relevante blootstellingroute.

Wat is bekend over gezondheidsklachten bij omwonenden van een RWZI?

Er is voor zover bekend geen uitbraak van ziekten rondom een RWZI gerapporteerd. Een Franse studie vond geen relatie tussen lichamelijke klachten en de afstand tot een RWZI. Geurhinder, waar H₂S snel toe leidt, kan op zichzelf samenhangen met het optreden van diverse lichamelijke klachten, zoals moeheid en hoofdpijn.

7.2 **BESCHOUWING**

Op grond van de bestudeerde literatuur en de procesvoering van de RWZI is het onaannemelijk dat micro-organismen of gassen zich in hoge concentraties in de lucht bevinden op leefniveau. Het meten van chemische of biologische verbindingen is op grond van deze literatuurstudie en de uitgevoerde verspreidingsberekeningen dan ook niet noodzakelijk. Duidelijk is dat de omwonenden geuroverlast ondervinden van H₂S. Dit is op zich een ongewenste situatie en kan ook samenhangen met lichamelijke klachten als hoofdpijn en misselijkheid.

Momenteel worden, zoals in de inleiding kort aangegeven, maatregelen getroffen om deze overlast terug te dringen. In elk geval zou het bedrijf de bewoners kunnen waarschuwen (voor zover dat nog niet gebeurt) wanneer werkzaamheden gaan plaatsvinden waarbij de geuroverlast duidelijk toeneemt (het schoonmaken van de tanks). De bewoners weten dan wat ze te wachten staat, waardoor ze wat meer grip hebben op de situatie.

LITERATUUR

Brandi G. Sisti M., Amagliani G. Evaluation of the environmental impact of microbial aerosols generated by wastewater treatment plants utilizing different aeration systems. *Journal of Applied Microbiology* 2000, 88, 845-852.

Bruggen M. van, Kamps J. Onderzoek naar de veronderstelde invloed van RZWI en persleiding te Garmerwolde op ziekten bij mens en dier. RIVM, RIZA, september 2001.

Carducci A. Gemelli C., Cantiani L., Casini B., Rovini E. Assessment of microbial parameters as indicators of viral contamination of aerosol from urban sewage treatment plants. *Letters in Applied Microbiology* 1999, 28, 207-210.

Douwes J., Mannetje A., Heederik D. Work-related symptoms in sewage treatment workers. *Ann. Agric. Environ. Med* 2001, 8, 39-45

Gezondheidsraad, 2006. Hydrogen Sulphide. Health-based recommended occupational exposure limit in the Netherlands. No 2006/07OSH, Den Haag.

Hall, EF. Gezondheidsklachten in Garmerwolde en hun mogelijke relatie met de rioolwaterzuiveringsinstallatie. GGD Groningen, 19 maart 2003.

Horneman MH, Schets FM en Roda Husman AM de (2005) Microbiologische verontreiniging van oppervlaktewater ten gevolge van lozingen door afvalwaterzuiveringsinstallaties. ZHEW.

Karra, S., Katsivela E. Microorganisms in bioaerosol emissions from wastewater treatment plants during summer at a Mediterranean site. *Water Research* 2007, 41 (6), 1355-65,

Laitinen S, Kangas J, Kotimaa M, Liesivuori J, Martikainen PJ, Nevalainen A, Sarantila R, Husman K. Workers' exposure to airborne bacteria and endotoxins at industrial wastewater treatment plants. *Am Ind Hyg Assoc J.* 1994 Nov;55(11):1055-60.

Lepri L., Del Bubba M., Masi F., Udisti R., Cini R. Particle Size Distribution of Organic Compounds in Aqueous Aerosols Collected from Above Sewage Aeration Tanks. *Aerosol Science and Technology* 32:404-420 (2000).

Lodder WJ and Roda Husman AM de (2005) Presence of Noroviruses and Other Enteric Viruses in Sewage and Surface Waters in The Netherlands. *Applied and Environmental Microbiology* 71(3):1453-1461.

Melbostad E., Eduard W., Skogstad A., Sandven P., Lassen J., Heldal K. Exposure to Bacterial Aerosols and work-related symptoms in sewage workers. *Am Journal of Industrial Medicine* 25:59-63 (1994).

Mulloy KB. Sewage workers: toxic hazards and health effects. *Occup Med.* 2001 Jan-Mar;16(1):23-38.

Odournet, Geuronderzoek AWZI Harnaschpolder, april 2007

Odournet, Plan van aanpak geur voor AWZI Harnaschpolder, juli 2007

Prazmo Z, Krysinska-Traczyk E, Skorska C, Sitkowska J, Cholewa G, Dutkiewicz J. Exposure to bioaerosols in a municipal sewage treatment plant. *Ann Agric Environ Med.* 2003;10(2):241-8.

Radke M., Herrman R. Aerosol-Bound emissions of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Sterols from Aeration Tanks of a Municipal Wate Water Treatment Plant. *Environ. Sci. Technol.* 2003, 37, 2109-2113.

Schenk J, Greefkes G, Surink J en Brattinga M. Hoe om te gaan met Geur. AWKB Afvalwaterketenbedrijf. 04.18551. 21 december 2004

Schets FM, Berg HHJL van den, Engels GB, Lodder WJ and Roda Husman AM de. (2007) *Cryptosporidium* and *Giardia* in commercial and non-commercial oysters (*Crassostrea gigas*) and water from the Oosterschelde, the Netherlands. *International Journal of Food Microbiology* **113**(2): 189-94.

Schiffman S., Williams C.M. Science of Odor as Potential Health Issue. *J. environm Qual.* 34:129-138

Ségala C., Poizeau D., Macé J.M. Odors and health: a descriptive epidemiological study around a wastewater treatment plant. (abstract). *Rev. Epidemiol Sante Publiwue.* 2003. Apr; 51(2):201-14.

Smeets M., Fast T. Dosis effect relatie geur, effecten van geur. Opdenkamp adviesgroep BV. Document IP-DER-06-40. 23 mei 2006.

Smit LA, Spaan S, Heederik D. Endotoxin exposure and symptoms in wastewater treatment workers. *Am J Ind Med.* 2005 Jul;48(1):30-9.

Smit LA. Universiteit van Utrecht, IRAS. Persoonlijke mededeling sept 2007.

Sucker K., Both R., Winnke G. Adverse effects of environmental odours: reviewing studies on annoyance responses and symptom reporting. *Water Science and Technology.* 2001: vol 44. No 9 pp 43-51.

Thorn J., and Kerekes E. Health Effects among Employees in Sewage Treatment Plants: A literature Survey. *Am. Journal of Industrial Medicine* 40:170-179 (2001).

Thorn, J., Beijer L., Jonsson T., Rylander R. Measurement Strategies for the Determination of Airborne Bacterial Endotoxin in Sewage Treatment Plants. *Ann. Occup. Hyg.* Vol.46, no6, 549-554, 2002a.

Thorn J., Beijer L., Rylander R. Work related symptoms among sewage workers: a nationwide survey in Sweden. *Occupational and Environmental Medicine* 2002b;59:562-566

van den Berg HHJL, Lodder WJ, Poel WHM van der, Vennema H and Roda Husman AM de (2005) Genetic diversity of noroviruses in raw and treated sewage water. *Research in Microbiology* 156:532-540.

Visser, M J ; S Spaan ; H J J M Arts ; L A M Smit ; D J J Heederik. Influence of different cleaning practices on endotoxin exposure at sewage treatment plants.

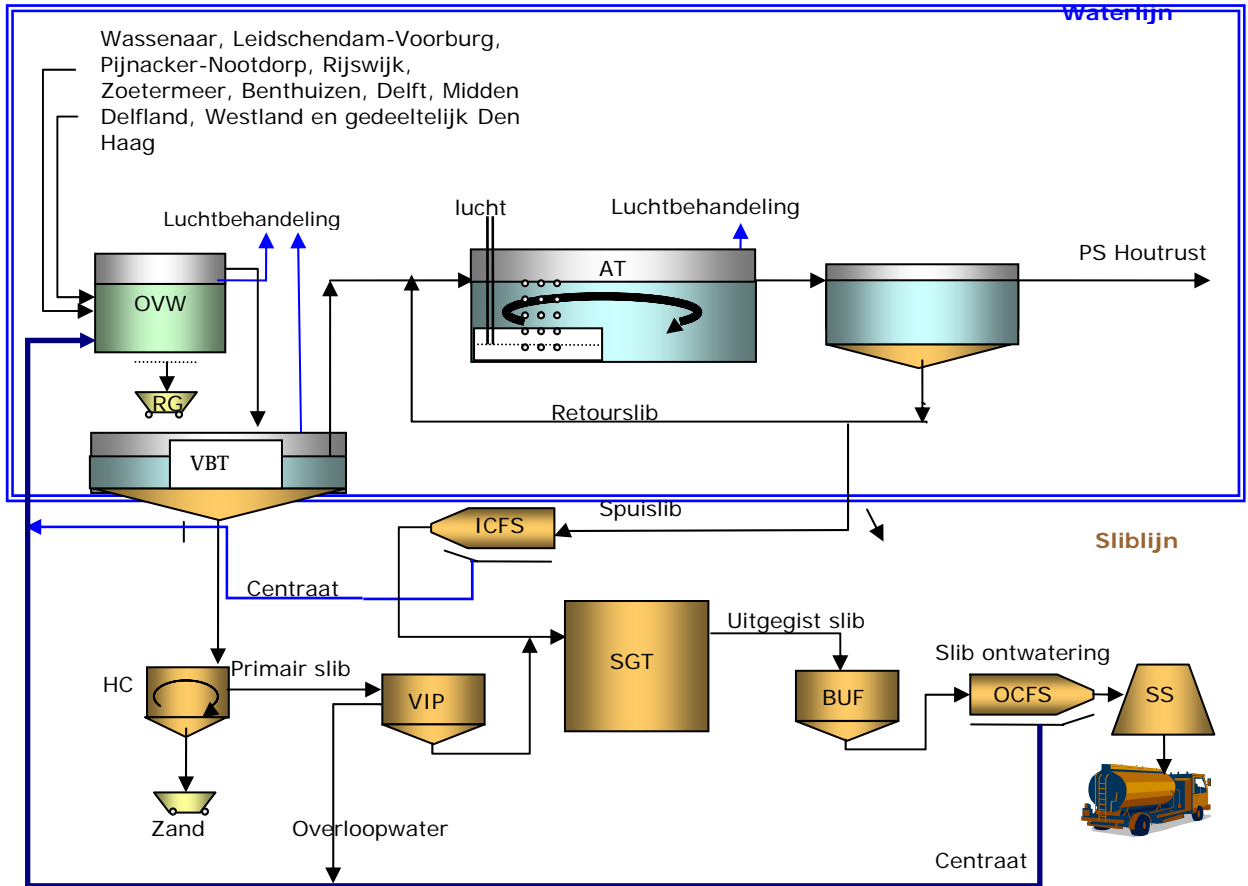
Annals of Occupational Hygiene, volume 50, issue 7: 731-6, 2006-10

VROM-Inspectie, interventiewaarden gevaarlijke stoffen, 2006

WHO, 2000. Air Quality Guidelines for Europe. Second Edition. WHO regional publications, European series No. 91.

BIJLAGE A. PROCESSHEMA HARNASCHPOLDER

Bron: RWZI HARNASCHPOLDER



Afkorting	Onderdelen waterlijn	Aantal	Afkorting	Onderdelen sliblijn	Aantal
OVW	Ontvang- en verdeelwerk	1	HC	Hydrocycloon Zandvangerv	4
VBT	Voorbezinktanks	4	VIP	Voorindikker (primair slib)	2
AT	Beluchtingstanks (incl. Selector en Anaërobe tank)	8	ICFS	Indikcentrifuge (secundair slib)	4
NBT	Nabezinktanks	16	SGT	Slibgistingstanks	2
RG	Roostergoedverwijdering	5	BUF	Buffertank uitgelist slib	1
			OCFS	Ontwateringscentrifuges	4
			SS	Slibsilos	2

BIJLAGE B. H₂S EN ENDOTOXINEN

Waterstofsulfide (H₂S)

H₂S: 1 ppm is ongeveer 1,4 mg/m³

Zwavelwaterstof is een kleurloos gas met een rotte eieren lucht. De Gezondheidsraad (GR) geeft als algemeen geldende geurdrempel 0,18 mg/m³, maar geeft aan dat de geur ook al bij 0,03 mg/m³ kan worden waargenomen. Andere bronnen noemen nog lagere geurdrempels (0,01 mg/m³). Er zijn beperkt gegevens beschikbaar over de effecten van korte of langdurige blootstelling van mensen aan H₂S. De Gezondheidsraad beschouwt als kritisch effect het effect dat in dierstudies is gevonden: weefselschade in de neus. Op grond daarvan is een gezondheidkundige advieswaarde voor de werkplek afgeleid van 2,3 mg/m³. (GR, 2006). De WHO geeft een air quality guideline van 0.15 mg/m³ (24-uursgemiddelde) en beveelt een maximale waarde van 7 µg/m³ aan om substantiele geurklachten te voorkomen (30 minuten gemiddelde) (WHO, 2000). Voorlichtingsrichtwaarde (VRW) is 0,05 mg/m³. Alarmeringsgrenswaarde is 50 mg/m³. Levensbedreigende waarde is 200 mg/m³ (VROM-Inspectie, 2006).

Endotoxinen

1 ng endotoxinen komt overeen met ongeveer 10 endotoxinen-units (EU). (Smit, 2007).

Endotoxinen zijn bestanddelen van de celwand van Gram-negatieve bacteriën. In diverse industriële takken worden werknemers aan endotoxinen blootgesteld (bijvoorbeeld bij veevoerproductie). De Gezondheidsraad beveelt voor werknemers een maximale blootstelling aan van 50 EU/m³ (voor werknemers, health based).

BIJLAGE C. STACKS SCENARIO

TOELICHTING:

- **Concentraties ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) in dit scenario zijn een factor duizend te hoog (er is gerekend met een 1000-maal hogere invoer concentratie omdat Stacks niet werkt met te lage concentraties) en dienen dus nog door duizend te worden gedeeld!**
- In Stacks kan niet met H_2S worden gerekend. Daarom is met SO_2 gerekend. Beiden gassen zullen zich echter op korte afstand vergelijkbaar gedragen.

KEMA-STACKS VERSIE 2006

Release 2006, 31 mei 2006

starttijd: 11:28:09

datum/tijd journaal bestand: 21/09/2007 11:53:35

BEREKENINGRESULTATEN

Stof-identificatie: SO2

Meteologie-bestand: C:\Stacks62\input\schiphol19952005.bin

opgegeven emissie-bestand C:\Stacks62\input\emis.dat

Alleen bron(nen)-bijdragen berekend!

Doorgerekende (meteo)periode

Start datum/tijd : 1- 1-2001 1:00 h

Eind datum/tijd : 31-12-2005 24:00 h

Aantal uren waarmee gerekend is : 43824

De windroos: frekwentie van voorkomen van de windsectoren(uren, %) op receptor-
lokatie

gem. windsnelheid, neerslagsom en gem. achtergrondconcentraties ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

sektor(van-tot) uren % ws neerslag(mm) SO2

1 (-15- 15):	2039.0	4.7	3.5	141.70
2 (15- 45):	2431.0	5.5	4.0	159.20
3 (45- 75):	3766.0	8.6	4.1	156.60
4 (75-105):	3136.0	7.2	3.6	109.55
5 (105-135):	2421.0	5.5	3.5	248.25
6 (135-165):	3540.0	8.1	3.7	309.80
7 (165-195):	4233.0	9.7	4.2	554.60
8 (195-225):	5659.0	12.9	5.1	993.50
9 (225-255):	4673.0	10.7	6.8	656.90
10 (255-285):	4520.0	10.3	5.5	469.95
11 (285-315):	3898.0	8.9	4.7	446.45
12 (315-345):	3508.0	8.0	4.1	353.75
gemiddeld/som:	0.0		4.6	4600.25

lengtegraad: : 5.0

Breedtegraad: : 52.0
 Bodemvochtigheid-index : 0.65
 Albedo (bodemweerskaatsingscoefficient) : 0.18

Percentielen voor 1-uurgemiddelde concentraties
 In het percentielenbestand is aangegeven op hoeveel uur(blokken)
 de percentielwaarden betrekking hebben, de hoge percentielen
 kunnen bij een gering aantal berekeningsuren daardoor
 minder nauwkeurig zijn! (laatste regel in percentielbestand)

Aantal receptorpunten 441
 Terreinruwheid receptor gebied [m] : 0.2500
 Terreinruwheid [m] op meteolokatie windrichtingsafhankelijk genomen
 Hoogte berekende concentraties [m] : 1.0

[ZIE TOELICHTING!]

Gemiddelde veldwaarde concentratie [ug/m3] : 255.47657
 hoogste gem. concentratiewaarde in het grid : 5372.26362
 Hoogste uurwaarde concentratie in tijdreeks : 91242.78235
 Coördinaten (x,y) : 450, 550
 Datum/tijd (yy,mm,dd,hh) : 2002 1 9 16

Aantal bronnen : 4

***** Brongegevens van bron : 1
 ** PUNTBRON ** VBT A

X-positie van de bron [m] : 475
 Y-positie van de bron [m] : 525
 Schoorsteenhoogte (tov maaiveld) [m] : 5.5
 Inw. schoorsteendiameter (top) : 10.00
 Uitw. schoorsteendiameter (top) : 11.00
 Gem. volumeflux over bedrijfsuren (Nm3) : 0.05
 Gem. uittree snelheid over bedrijfsuren (m/s) : 0.00
 Temperatuur rookgassen (K) : 285.00
 Gem. warmte emissie over bedrijfsuren (MW) : 0.00
 Aantal bedrijfsuren : 43824
 (Bedrijfsuren zijn uren met een emissie > 0)
 gemiddelde emissie over bedrijfsuren: (kg/s) 0.006387
 Warmte output-schoorsteen [MW] : 0.0
 Rookgasdebiet [normaal m3/s] : 0.1
 Uittree snelheid rookgassen [m/s] : 0.0
 Rookgas-temperatuur [K] : 285.0

cumulatieve emissie over alle voorgaande bronnen: 0.006387

***** Brongegevens van bron : 2
 ** PUNTBRON ** VBT B

X-positie van de bron [m] : 525
 Y-positie van de bron [m] : 525
 Schoorsteenhoogte (tov maaiveld) [m] : 5.5
 Inw. schoorsteendiameter (top) : 10.00
 Uitw. schoorsteendiameter (top) : 11.00
 Gem. volumeflux over bedrijfsuren (Nm3) : 0.05

Gem. uittree snelheid over bedrijfsuren (m/s) : 0.00
Temperatuur rookgassen (K) : 285.00
Gem. warmte emissie over bedrijfsuren (MW) : 0.00
Aantal bedrijfsuren : 43824
(Bedrijfsuren zijn uren met een emissie > 0)
gemiddelde emissie over bedrijfsuren: (kg/s) 0.006387
Warmte output-schoorsteen [MW] : 0.0
Rookgasdebiet [normaal m3/s] : 0.1
Uittree snelheid rookgassen [m/s] : 0.0
Rookgas-temperatuur [K] : 285.0

cumulatieve emissie over alle voorgaande bronnen: 0.012775

***** Brongegevens van bron : 3
** PUNTBRON ** VBT C

X-positie van de bron [m] : 475
Y-positie van de bron [m] : 475
Schoorsteenhoogte (tov maaiveld) [m] : 5.5
Inw. schoorsteendiameter (top) : 10.00
Uitw. schoorsteendiameter (top) : 11.00
Gem. volumeflux over bedrijfsuren (Nm3) : 0.05
Gem. uittree snelheid over bedrijfsuren (m/s) : 0.00
Temperatuur rookgassen (K) : 285.00
Gem. warmte emissie over bedrijfsuren (MW) : 0.00
Aantal bedrijfsuren : 43824
(Bedrijfsuren zijn uren met een emissie > 0)
gemiddelde emissie over bedrijfsuren: (kg/s) 0.006387
Warmte output-schoorsteen [MW] : 0.0
Rookgasdebiet [normaal m3/s] : 0.1
Uittree snelheid rookgassen [m/s] : 0.0
Rookgas-temperatuur [K] : 285.0

cumulatieve emissie over alle voorgaande bronnen: 0.019162

***** Brongegevens van bron : 4
** PUNTBRON ** VBT D

X-positie van de bron [m] : 525
Y-positie van de bron [m] : 475
Schoorsteenhoogte (tov maaiveld) [m] : 5.5
Inw. schoorsteendiameter (top) : 10.00
Uitw. schoorsteendiameter (top) : 11.00
Gem. volumeflux over bedrijfsuren (Nm3) : 0.05
Gem. uittree snelheid over bedrijfsuren (m/s) : 0.00
Temperatuur rookgassen (K) : 285.00
Gem. warmte emissie over bedrijfsuren (MW) : 0.00
Aantal bedrijfsuren : 43824
(Bedrijfsuren zijn uren met een emissie > 0)
gemiddelde emissie over bedrijfsuren: (kg/s) 0.006387
Warmte output-schoorsteen [MW] : 0.0
Rookgasdebiet [normaal m3/s] : 0.1
Uittree snelheid rookgassen [m/s] : 0.0
Rookgas-temperatuur [K] : 285.0

cumulatieve emissie over alle voorgaande bronnen: 0.025550

BIJLAGE D. MICRO-ORGANISMEN IN AFVALWATER

Tabel 1: Ziekteverwekkende organismen die aanwezig kunnen zijn in afvalwater (Bronnen: Mulloy e.a. 2001; van den Berg et al. 2005; Lodder en de Roda Husman 2005; Horneman et al. 2005; Schets et al. 2007)

Organisme	Symptomen
Enterale Virussen	
Enterovirussen (67 typen)	Maag- darmklachten, hartkloppingen, hersen(vlies)ontsteking
Rotavirussen	Maag- darmklachten
Parvovirus	Maag- darmklachten
Norovirussen	Maag- darmklachten
Hepatitis A virus	Geelzucht
Hepatitis E virus	Geelzucht
Adenovirussen (31 typen)	Luchtwegklachten, Oogontsteking
Bacteriën	
<i>Escherichia coli</i> (bijv EHEC)	Maag- darmklachten
Campylobacter	Maag- darmklachten, Guillain-Barré syndroom
Salmonella (1700 typen)	Maag- darmklachten, koorts
Shigella	Maag- darmklachten, koorts
<i>Clostridium Tetani</i>	Spierkrampen
<i>Leptospira icterohaemorrhagiae</i>	Maag- darmklachten, koorts
Protozoën	
<i>Balantidium coli</i>	Maag- darmklachten, koorts
<i>Cryptosporidium</i>	Maag- darmklachten
<i>Entamoeba histolytica</i>	Maag- darmklachten, koorts
<i>Giardia Lamblia</i>	Maag- darm klachten
Wormen	
Nematoden (ronde wormen)	Maag- darmklachten
Cestoden (lintwormen)	Maag- darmklachten

BIJLAGE E. OVERZICHT VAN STUDIES NAAR GEZONDHEIDSKLACHTEN BIJ WERKNEMERS VAN RWZI'S

Studie	Stoffen, meegenomen in het eigen onderzoek	Meetgegevens (gemiddelde + range)	Plaats metingen	Opmerkingen
Brandi e.a. 2000	Totaal aantal bacterien, Schimmels, Coliformen, Entrococcen, E-coli, Staphylococcen	Bacterien: 11 a 300 cfu/m ³ 11 a 170 cfu/m ³ 5 a 66 cfu/m ³	2 meter 10 meter Achtergrond	Het laagst in de lente, hoogst in de winter. Gegevens van de RWZI met diffuse beluchting.
Douwes et al, 2001	Endotoxinen	3,4 EU/m ³ (0,2-100) 85,6 EU/m ³ (44-173) 9,5 EU/ m ³ (0,3-143)	Alle onderdelen behalve slib-ontwatering Slibontwatering Persoonlijke blootstelling	Metingen op twee RWZI's, representatief voor de 51 RWZI's waarvan medewerkers in de studie zitten.
Karra e.a. 2007	Mes. heterotrofe bacterien Coliformen Enterococcen Schimmels	933 +/- 636 CFU/m ³ 172 +/- 107 CFU/m ³ 56 +/- 17 CFU/m ³ 380 +/- 200 CFU/m ³	Grit removal (hoogste)	Bij beluchtingstanks werden coliformen en enterococcen nauwelijks aangetroffen in de lucht. Diffuse beluchting.
Laitinen et al, 1994	Endotoxinen Gram negatieve bacterien: Meest voorkomend: Enterobacter (9/9), Acinetobacter (9/9) Pseudomonas (8/9) Citrobacter (6/9) Klebsellia (6/9) ⁵	130 ng/m ³ (0-350) 5. 10 ³ cfu/m ³ (0-63) (metingen bij de voorbezinktank, met range over hele terrein, hoogst bij slibbehandeling)		Onderzoek onder 9 RWZI's die voornamelijk industrieel afvalwater behandelen. Luchtmonsters genomen op 1,5 meter hoogte op 1 meter afstand van de diverse onderdelen van de zuivering.
Melbostad, 1994	Endotoxinen Totaal Bacterien Spherical Bacteria Rod-shaped bacteria H ₂ S	30 ng/m ³ (0-370) 520 . 10 ³ (0-9500) 300 . 10 ³ (0-6900) 81 . 10 ³ (0-4300) < 1 ppm	Persoonlijke blootstelling	Bacterien 8-uursgemiddelde, H ₂ S met een continue sensor met datalogger. In totaal 23 medewerkers van 15 RWZI's

⁵ Verder: Serratia (5/9), Flavobacterium indolegenes (3/9), Escherischia (3/9), Aeromonas (2/9), Alcaligenes faecalis (2/9), Archromobacter (1/9), Rahnella aquatiliis (1/9)

Studie	Stoffen, meegenomen in het eigen onderzoek	Meetgegevens (gemiddelde + range)	Plaats metingen	Opmerkingen
Prazmo et al, 2003	Totaal 'mesophylic bacteria' Gram-negatieve bacteria Thermofiele acinomycten Schimmels Endotoxinen	1730 +/- 1272 (sd) cfu/m ³ 570 +/- 334 (sd) cfu/m ³ 20 +/- 45 cfu/m ³ 30 +/- 67 (sd) cfu/m ³ 0,2 ng/m ³	40 % respirabel 0 % respirabel	Onderzoek bij een RWZI in Polen, dat water van de stad behandelt (160.000 inwoners) Luchtmonsters genomen op 1,5 meter hoogte op 0,5 tot 1 meter afstand van de installaties Cut off voor respirabel is hier 3 µm
Smit et al, 2005	Endotoxinen	27 EU/m ³ Range: 1,5-1081	persoonlijke blootstelling gedurende 8 uur	Onderzoek bij personeel van 67 RWZI's Gemiddelde van 460 werknemers