

## Deel 1: Ervaringen, beproevingen, verwachtingen

### 1. Inleiding

Toen in 1973 de RZI Beemster door het hoogheemraadschap van de Uitwaterende Sluizen in Kennemerland en Westfriesland in gebruik genomen werd, kwam het einde van de ernstige waterverontreiniging in Purmerend en omgeving in zicht. Sedert dezelfde tijd werd het hoogheemraadschap echter geconfronteerd met klachten over ernstige stankhinder, veroorzaakt door deze RZI. In dit artikel zullen wij ingaan op de problematiek van deze stankhinder. Hierbij zullen wij een overzicht



IR. M. K. H. GAST  
Hoogheemraadschap van de  
Uitwaterende Sluizen in  
Kennemerland en Westfriesland



IR. A. E. VAN GIFFEN  
Hoogheemraadschap van de  
Uitwaterende Sluizen in  
Kennemerland en Westfriesland

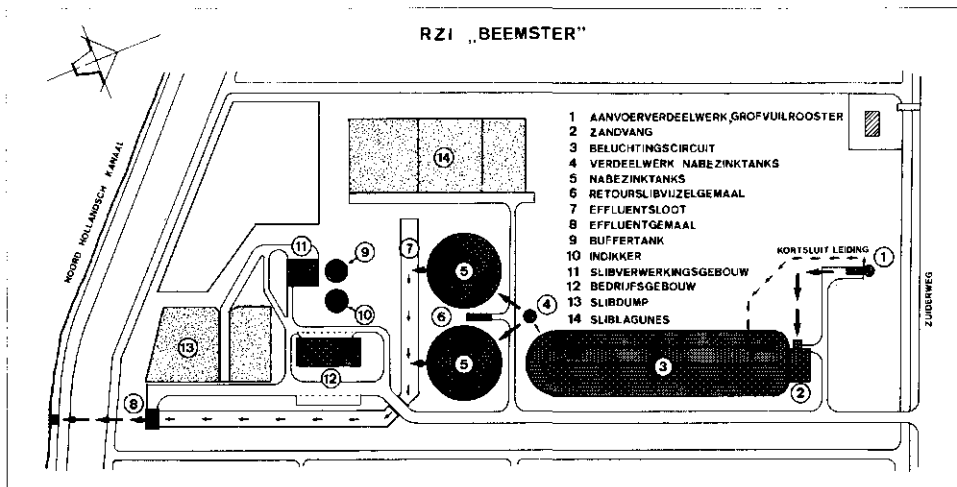
geven van de ervaringen en ondanks het feit dat wij geen afgerond beeld kunnen geven over de wijze waarop Uitwaterende Sluizen in dit geval uit de problemen gekomen is, hebben wij gemeend, mede in het belang van anderen die met dit soort problemen te maken hebben, reeds in dit stadium deze artikelen te publiceren.

In deel 2 zal ir. A. E. van Giffen een overzicht geven van het laboratoriumonderzoek dat in het kader van deze problematiek uitgevoerd is en dat een belangrijk ondersteunend effect heeft gehad.

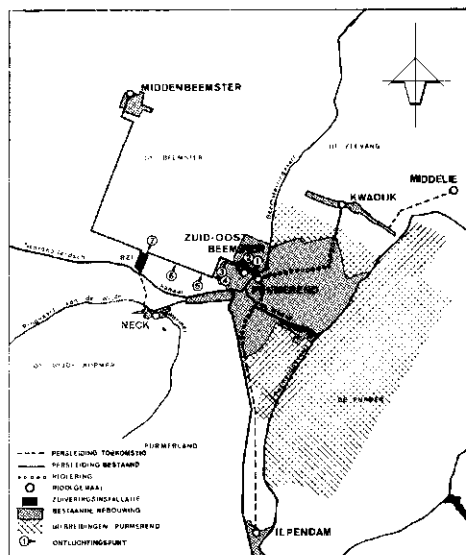
### 2. Algemene gegevens

De RZI Beemster is een regionale zuiveringsinstallatie. De RZI is een oxydatiesloot, type Carrousel (afb. 1).

Afb. 2 geeft een overzicht van de streek, waar het in dit geval om gaat. Grootste afvalwaterproducent is Purmerend, kleinere zijn Zuidoostbeemster, Middenbeemster, Kwadijk, Middellie, Neck en Ipendam. Ten tijde van het ontwerp van de RZI (1968 - 1969) werd een groei van Purmerend tot  $\pm 125.000$  inwoners voorzien. Reden waarom een installatie met een capaciteit van 195.000 i.e. gepland werd, waarvan in eerste instantie 1/3 gedeelte, dus een set van 65.000 i.e. gerealiseerd werd. Afb. 3 geeft de situering van de RZI ten opzichte van de nabij gelegen woningen, verspreide bebouwing langs de Zuiderweg.

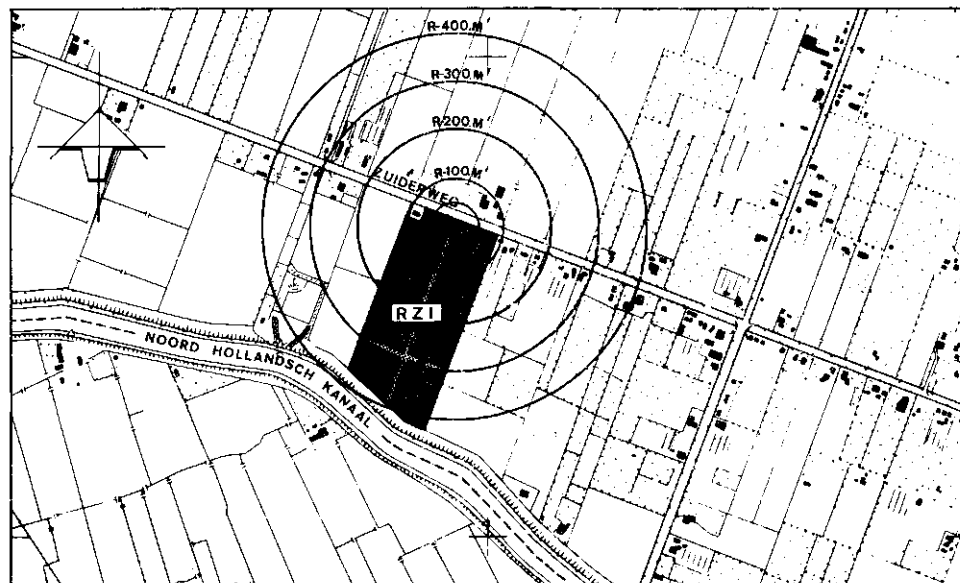


Afb. 1 - Schematisch overzicht RZI 'Beemster'.



Afb. 2 - Overzicht regio die op RZI Beemster afvoert.

Afb. 3 - Situering RZI Beemster t.o.v. de omwonenden.



deels door land- en tuinbouwers, deels door de landelijke rust zoekende stedelingen bewoond. De afstand van het aanvoer-verdeelwerk tot de meest nabij gelegen huizen is 70 respectievelijk 120 m. Voor de kopeinden van het circuit bedragen deze afstanden 120 resp. 70 m. De hindersituatie zoals deze in dit artikel beschreven wordt, heeft betrekking op de tijd dat alleen Purmerend aangesloten was.

Gelijktijdig met de RZI is het rioolgemaal Purmerend gebouwd en is de persleiding van dit rioolgemaal naar de RZI aangelegd. Het gemaal is direct gebouwd voor de eindcapaciteit. Bij het plaatsen van de pompen is een fasering aangebracht. Thans zijn geplaatst 2 tweetoerenpompen, welke in deze fase alleen op laag toerental draaien en bovendien elkaars reserve zijn. De huidige capaciteit is 1500 m<sup>3</sup>/h.

In het gemaal is ruimte voor een derde

pomp aanwezig. Het gemaal is gesitueerd aan de Beemsterringvaart. Door deze situering is er een toevormogelijkheid van oppervlaktewater uit de boezem aanwezig. Hiertoe is het gemaal voorzien van een aparte suppletiekelder, welke als waterslagvoorziening dient. Afb. 4 geeft een schema van het gemaal. De verbinding met de boezem fungeert in geval van nood als lozingsmogelijkheid van ongezuiverd rioolwater. De persleiding is een leiding van gewapend beton met een lengte van 3400 m.

### 3. Het ontstaan van stankhinder

#### 3.1. Algemeen

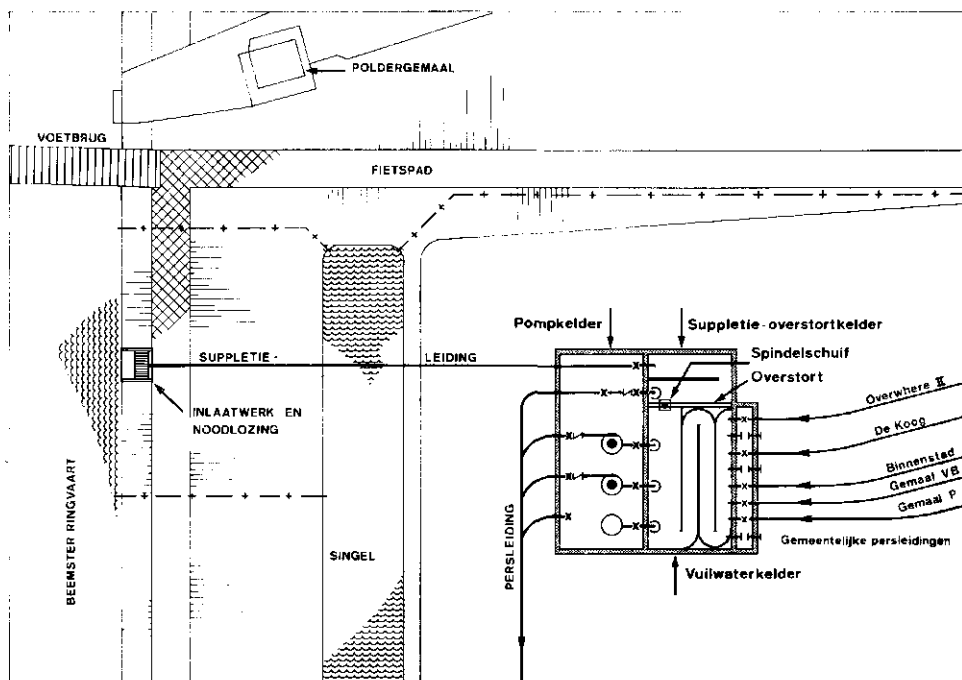
Het transport van afvalwater over grotere afstanden gaat veelal gepaard met stankontwikkeling voornamelijk als gevolg van de relatief lange transporttijden en de anaerobe condities in de transportsystemen. Uit literatuurgegevens [1, 2, 3 e.a.] en uit eigen ervaring is gebleken dat het vrijkomen van zwavelwaterstofgas ( $H_2S$ ) uit aangerot afvalwater in het merendeel van de gevallen de voornaamste oorzaak van de stankhinder is.  $H_2S$  is een gas dat in hogere concentraties giftig is: bij een concentratie van 1000 ppm is het dodelijk (Imhoff). De MAC-waarde (Maximum Allowable Concentration) dat wil zeggen de maximaal toelaatbare concentratie waaraan een gezonde volwassene gedurende 8 uur per dag bedrijfsarbeid en 5 dagen per week mag worden blootgesteld, bedraagt 10 ppm. De MIC-waarde (Maximum Immission Concentration) dat wil zeggen de maximaal toegestane concentratie, waaraan een volwassene gedurende 24 uur blootgesteld mag worden, is voor zwavelstof ( $H_2S$ ) gesteld op 0,1 - 0,03 ppm.

Bij lagere concentraties verspreidt het gas de bekende 'rotte eieren' lucht, welke tot zeer lage concentraties waarneembaar is. De reukgrens — dit is de concentratie waarbij uit een proefpaneel van 8 tot 10 personen geen der proefpersonen de stof meer waarneemt — voor  $H_2S$  ligt bij concentraties in de orde van grootte van 0,03 - 0,0005 ppm afhankelijk van de wijze waarop het  $H_2S$  wordt aangeboden:

	Reukgrens	
waarde van Patty	0,03	ppm $H_2S$
$Na_2S$ + zuur	0,005	ppm $H_2S$
$H_2S$ uit cilinder	0,0005	ppm $H_2S$

Dergelijke waarden betekenen dat een gaswolk, waarin een concentratie van 100 ppm  $H_2S$  aanwezig is, met een factor  $\pm 100.000$  verdund moet worden om beneden de reukgrens te komen.

Ook in het geval van de RZI Beemster is

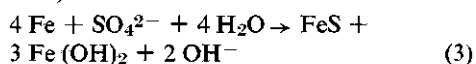


Afb. 4 - RG Purmerend en Suppletieleiding.

sprake van stankhinder welke veroorzaakt wordt door  $H_2S$ . Emissies met concentraties van 100-700 ppm  $H_2S$  waren vooral in de zomer geen zeldzaamheid. Vooral bij weersgesteldheden met weinig turbulentie en geringe luchtverplaatsing was de verdunning lang niet voldoende om hinder te voorkomen. Behalve stankhinder heeft de aanwezigheid van  $H_2S$  nog twee andere hinderlijke effecten: De bekende *kruin*-aantasting van vrijervalriolen is hiervan een direct gevolg: het  $H_2S$ -gas ontwijkt, verzamelt zich boven in de rioolbuis en wordt bij aanwezigheid van enige zuurstof geoxydeerd tot zwavelzuur. Deze laatste stof tast de buizen aan. Naast deze krooncorrosie kan de activiteit van de sulfaat-reducerende bacterieflora ook aanleiding geven tot de anaerobe corrosie van ijzer. Onder normale omstandigheden wordt ijzer in een vochtig anaerob milieu tegen aantasting beschermd door een film waterstofgas ( $H_2$ ) als gevolg van de polarisatie van het ijzer:



Bij aanwezigheid van sulfaat en sulfaat-reduceerders in het afvalwater vindt oxydatie van ijzer plaats in anaerob milieu volgens onderstaande reactie (kathodische depolarisatie):



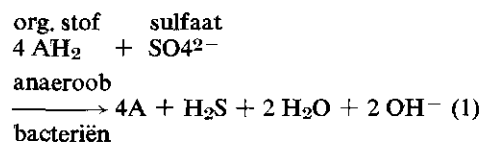
Op deze wijze kan aanzienlijke schade ontstaan aan stalen persleidingen.

#### 3.2. $H_2S$ -ontwikkeling

Verantwoordelijk voor de ontwikkeling van

$H_2S$  uit afvalwater is vooral de sulfaat-reducerende bacterieflora (o.a. *Desulfovibrio desulfuricans*), die in anaerob milieu de in het afvalwater aanwezige sulfaten reduceert tot sulfiden, de zgn. sulfaatademhaling. Ook de aanwezigheid van zwavelhoudende eiwitten draagt bij tot de ontwikkeling van sulfiden ( $S^{2-}$ ) en mercaptanen ( $HS^-$ ).

De reactievergelijking voor de (dissimilatorische) sulfaatreductie kan als volgt worden geschreven:



Als tussenproducten kunnen sulfiet ( $SO_3^{2-}$ ) en thiosulfaat ( $S_2O_3^{2-}$ ) ontstaan.

Een deel van de geproduceerde sulfiden zal zich manifesteren als opgelost  $H_2S$ , een deel als chemisch gebonden sulfide (bijv.  $FeS$ ). Algemeen wordt aangenomen dat de sulfaat-reducerende bacterieflora als een slijmlaag op de wand van en in slijbafzettingen in het transportsysteem en in het afvalwater zelf, voorkomt.

De bovenvermelde omzettingen zijn alle bacteriële processen, welk in anaerob milieu plaatsvinden. Zoals alle biologische reacties zijn ook deze temperatuurafhankelijk. De sulfaatreductie begint op te treden zodra het afvalwater in de riolering is terecht gekomen.

Naarmate het afvalwater langer onderweg is, schrijdt de aanrotting en daarmee de  $H_2S$ -vorming voort. In vrijervalriolen komt de  $H_2S$  verspreid vrij en veroorzaakt

het gas doorgaans geen grote hinder. In gesloten leidingen blijft de H<sub>2</sub>S in opgeloste vorm aanwezig. Bij het uitreden van het water uit de leiding komt een deel van het gas vrij. Daarna stelt zich een evenwicht in met de omringende lucht. Door verplaatsing van het water, dan wel de lucht, blijft ook dan H<sub>2</sub>S vrijkomen. De vorming van de H<sub>2</sub>S is dus afhankelijk van:

- de concentratie en aard van het afvalwater;
- de aard van het toevoerend stelsel/ transportsysteem;
- de verblijftijd;
- de temperatuur;
- de aanwezige hoeveelheden S in niet gereduceerde vorm;
- de ontwikkelingsmogelijkheden voor sulfaatreducerende bacteriën.

Daar H<sub>2</sub>S-vormende organismen weinig eisen aan hun milieu stellen, sulfaten en organische zwavelverbindingen in ruime mate in afvalwater aanwezig zijn, de temperatuur een nauwelijks te beïnvloeden factor is en een afvoerstelsel doorgaans niet op korte termijn veranderd kan worden, zijn de enige factoren waarmee iets gedaan kan worden de verblijftijd en de ontwikkelingsmogelijkheden voor de sulfaatreducerende bacteriën.

De verblijftijd wordt deels bepaald door de lengte van een stelsel van riolering en transportleidingen, deels door de kwaliteit ervan. In dit deel van Noord-Holland met zijn venige ondergrond is de kans dat een rioolstelsel in de loop der jaren goed blijft liggen, zeer gering. Vooral de oudere stelsels, welke bovendien soms nog als horizontale riolen zijn uitgevoerd, kennen vele verzakkingen e.d. Het is dan ook geen uitzondering dat het rioolwater ook uit de vrijvervalstelsels aangerot aankomt bij de rioolgemalen. In de stelsels zelf zijn bovendien dikwijls persleidingen aanwezig. In het geval van de gemeente Purmerend is de situatie zo dat het afvalwater vanuit de vrijvervalriolering door een vijftal gemeentelijke rioolgemalen naar het hoofdgemaal van Uitwaterende Sluizen getransporteerd wordt. De lengte van de toevoerende persleidingen en de gemiddelde verblijftijd in deze leidingen bij d.w.a. is aangegeven in onderstaande tabel.

#### Gemeentelijke persleidingen

	lengte	diameter	verblijftijd
1e	1840 m	Ø 450 mm	11,3 uur
2e	1030 m	Ø 300 mm	9,7 uur
3e	810 m	Ø 400 mm	2,4 uur
4e	950 m	Ø 300 mm	2,0 uur
5e	1390 m	Ø 400 mm	2,8 uur

Gevolg van deze situatie is dat het aangevoerde water in aangerotte toestand bij het hoofdgemaal Purmerend aankomt, hetgeen in het gemaal duidelijk waarneembaar is. Aanleiding tot klachten van omwonenden heeft dit echter tot dusverre niet gegeven. De verblijftijd in het gemeentelijke stelsel kan niet op eenvoudige wijze door het toevoegen van oppervlaktewater beïnvloed worden; de verblijftijd in de persleiding van het gemaal Purmerend naar de RZI wel door de mogelijkheid boezemwater te suppleren.

Hoewel het onmiskenbaar zo is dat het gehele stelsel dat het rioolwater naar de RZI Beemster voert een bijdrage levert in het ontstaan van de stankhinder — riolering, gemeentelijke persleidingen en de persleiding van het hoogheemraadschap —, handelt het vervolg van dit artikel alleen over de activiteiten welke Uitwaterende Sluizen tot dusverre ondernomen heeft op haar 'eigen terrein', in casu, in het rioolgemaal Purmerend, in de persleiding naar de RZI en op de RZI Beemster.

#### 4. De sulfide-ontwikkeling

##### 4.1. Formules voor sulfide-ontwikkeling

Uit de literatuur is een aantal empirische formules bekend, die de toename van de sulfideconcentratie tijdens het transport in een persleiding beschrijven.

Bekendste voorbeelden daarvan zijn de formules van Pomeroy [2] en van Boon en Lister [1]:

$$C_s = KtL \left( \frac{1 + 0,004 d}{d} \right) 1,07^{T-20} \quad (4)$$

waarin:

C<sub>s</sub> = toename van de sulfideconcentratie in mg/l;

K = constante;

t = verblijftijd in minuten;

L = concentratie van het afvalwater gemeten als CZV of als BZV in mg/l;

d = diameter van de persleiding in cm;

T = temperatuur van het afvalwater in °C.

Volgens Pomeroy geldt voor Amerikaanse en Australische omstandigheden bij watertemperaturen van 15-29 °C:

K = 0,0025 bij afvalwaterverblijftijden van 0-10 minuten;

K = 0,0050 bij afvalwaterverblijftijden van 10-60 minuten;

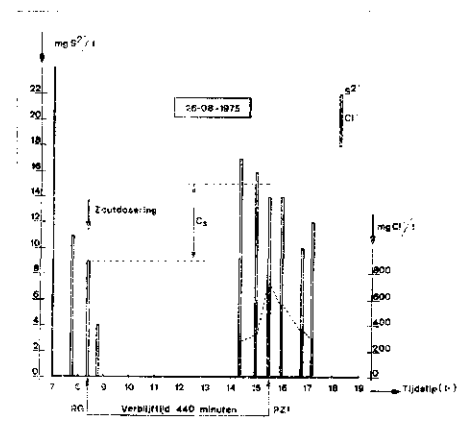
K = 0,0066 bij afvalwaterverblijftijden van 60-300 minuten.

waarbij L uitgedrukt in BZV<sub>5</sub>.

Volgens Boon en Lister geldt, gemeten onder Engelse omstandigheden bij een watertemperatuur van ca. 15 °C:

K = 0,00152, waarbij L uitgedrukt in CZV.

Blijkens deze formules zou de sulfide-



Afb. 5 - Toename sulfidegehalte in persleiding RZI Beemster.

ontwikkeling rechtevenredig verlopen met de verblijftijd en de concentratie van het afvalwater. De omvang van de sulfide-ontwikkeling is tevens afhankelijk van de diameter van de persleiding als maat voor het wandoppervlak, bedekt met een slijmlaag met de sulfaatreducerende bacterieflora in relatie tot de inhoud van de leiding. De temperatuurafhankelijkheid van de bacterieactiviteit komt in de formules tot uiting in de factor  $1,07^{T-20}$ .

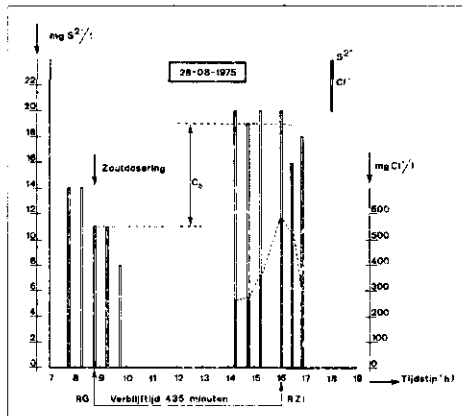
##### 4.2. Meting van de sulfide-ontwikkeling in persleidingen

In de zomer van 1975 is een oriënterend onderzoek uitgevoerd naar de toename van het sulfidegehalte tijdens het transport van afvalwater door persleidingen. Om vergelijkbare en representatieve meetwaarden te verkrijgen werd het afvalwater bij de intrede van de persleiding (rioolgemaal) 'gemerkt' door middel van een (keuken) zoutdosering of anderszins in de vuilwaterkelder en werd dit water bemonsterd. Het aldus 'gemerkte' afvalwater werd vervolgens bij de uitmonding van de persleiding op de RZI wederom bemonsterd. In de afb. 5, 6 en 7 zijn de resultaten van de chloride- en sulfidemetingen uitgebeeld zoals die zijn uitgevoerd aan de persleiding Purmerend-RZI Beemster. De zoutpik bij de uitmonding geeft de verblijftijd van de 'gemerkte' afvalwaterprop en maakt het mogelijk de sulfidetoename tijdens het transport door de persleiding vast te stellen. Een en ander is samengevat in tabel I waarin tevens de resultaten van soortgelijke metingen aan de persleiding Langedijk-RZI Geestmerambacht zijn opgenomen. De meetwaarden zijn bovendien vergeleken met de volgens formule (4) te verwachten toename van het sulfidegehalte tijdens het transport door bedoelde leidingen.

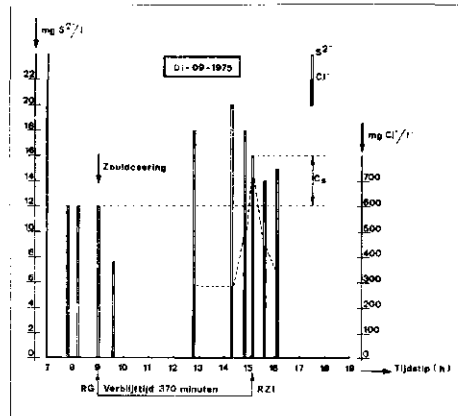
Hoewel het om een beperkt aantal metingen gaat, blijkt uit tabel I dat het in principe

TABEL 1 - Meetresultaten onderzoek persleidingen.

Leidingvak	Rioolgemaal Purmerend-RZI Beemster			Rioolgemaal Langedijk-RZI Geestmerambacht	
	26-8-1975	28-8-1975	1-9-1975	7-8-1975	14-8-1975
lengte (m)	3400			4900	
diameter d (cm)	90			90	
inhoud (m <sup>3</sup> )	2080			3120	
datum	26-8-1975	28-8-1975	1-9-1975	7-8-1975	14-8-1975
pH	7,1	7,3	7,4	7,1	7,0
temp.	22	22	22	20	21
BZV	200	170	220	270	260
CZV	480	415	480	550	620
verbliftijd t (min.)	440	435	370	420	460
C <sub>s</sub> gemeten (mg S/l)	ca. 6	ca. 8	ca. 4	ca. 9	ca. 7
C <sub>s</sub> berekend volgens Pomeroy (mg S/l)	10,0	8,4	9,3	11,3	12,8
C <sub>s</sub> berekend volgens Boon (mg S/l)	5,5	4,7	4,6	5,3	7,0

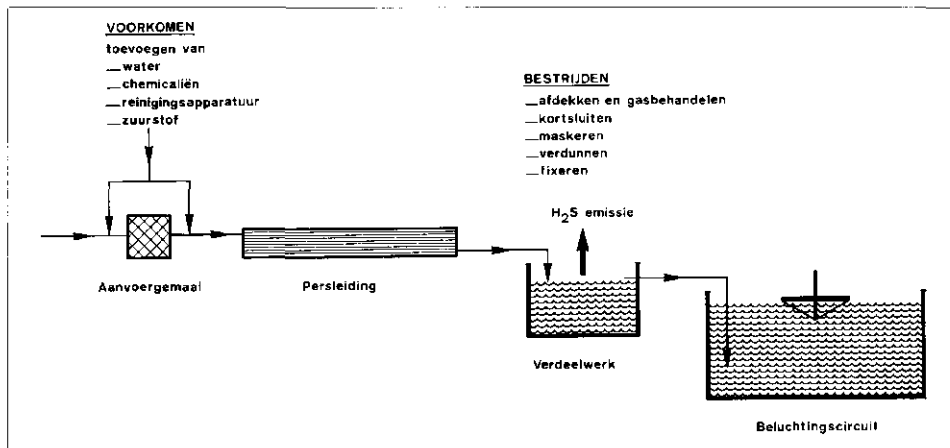


Afb. 6.



Afb. 7.

Afb. 8 - Mogelijkheden stankbestrijding.



mogelijk lijkt de toename van het sulfidegehalte tijdens het transport door een persleiding te voorspellen c.q. te berekenen met behulp van empirische formules.

### 5. Overzicht bestrijdingsmogelijkheden

Hoewel de technische voorzieningen welke bij de beschouwing van de mogelijkheden van bestrijding van de stankhinder in aanmerking komen weinig complex zijn, blijkt er toch een relatief groot aantal mogelijk-

heden te zijn om voor de bestrijding van de hinder te overwegen. Bovendien zijn deze mogelijkheden geheel verschillend van opzet en van aard, doordat men telkens een andere ingang in het systeem kiest (zie ook afb. 8).

1. Verminderen van de H<sub>2</sub>S-productie door verkorten van verblijftijd.

Doorspoelen met oppervlaktewater vanuit de Beemsterringvaart was mogelijk. Naast de pompkosten in het gemaal Purmerend moesten voor deze voorziening ook de

pompkosten in het effluentgemaal in rekening gebracht worden.

2. Bestrijden van de H<sub>2</sub>S-vormende organismen door:

- dosering van chloor, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> e.d., continu;
- idem, discontinu;
- mechanische reiniging van de leiding.

Injectiepunten in het gemaal of de leiding voor het toevoegen van chemicaliën waren niet aanwezig. Bestrijdingsmiddelen als chloor en H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> werken niet selectief op de H<sub>2</sub>S-vormende organismen, maar zullen ook de organische stof gaan oxyderen. Zeer hoge verbruiken zijn derhalve te verwachten bij injectie in het gemaal Purmerend. Injectiemogelijkheden aan het einde van de leiding ontbraken. Experimenteren zonder aparte voorzieningen aan te brengen was dus niet mogelijk.

Het gebruik van mechanische reinigungsapparatuur zoals borstels, ballen e.d. die door de leiding gestuurd of getrokken worden, heeft tot doel het verwijderen van de (bacterie)slijm laag op de leidingwand en van eventuele slibafzettingen in de leiding. Om het toepassen van dit soort apparatuur mogelijk te maken moeten leidingen van speciale in- en uitvoerconstructies voorzien zijn. In dit geval waren deze niet aanwezig. Zinkers, slootkruisingen e.d. kunnen obstakels zijn voor deze apparatuur.

3. Voorkomen van vorming van H<sub>2</sub>S in de leiding door het aanbrengen van een aëroob milieu (O<sub>2</sub>-dosering).

Het aëroob houden van het milieu in de persleiding is mogelijk door de dosering van zuivere zuurstof. Lucht komt gezien de grote hoeveelheden stikstof die dan ook ingebracht zouden moeten worden, niet in aanmerking. Ervaringen in het buitenland (lit) zijn gunstig. Het is een milieuvriendelijke oplossing in die zin dat toevoeging van 'vreemde' stoffen aan het transport- en zuiveringsproces voorkomen wordt terwijl bovendien een zekere mate van BZV-verwijdering kan worden bewerkstelligd. In Purmerend waren geen directe injectiemogelijkheden aanwezig.

4. Voorkomen van het vrijkomen van H<sub>2</sub>S door fixatie van het sulfide in de vorm van FeS tijdens het transport (beitszuurdosering).

Dosering van ijzer(II)-verbindingen om FeS te doen ontstaan, een verbinding met een zeer laag oplosbaarheidsproduct in water, kan plaatsvinden door beitszuur te gebruiken dat ten opzichte van andere producten relatief goedkoop is maar in Nederland niet in grote hoeveelheden in de handel verkrijgbaar. Het is een nuttig gebruik van een stof die in principe veelal

een afvalprodukt is. Neveneffect kan de verwijdering van fosfaat zijn door simultane precipitatie in een beluchtingsbassin. Aan de samenstelling van het beitszuur moeten hoge eisen gesteld worden om toevoeging van zware metalen aan het effluent of het slib van de RZI te voorkomen. Het gebruik van beitszuur vereist opslagtanks en doseerpompen. De dosering van een vloeistof is relatief eenvoudig ten opzichte van het toevoegen en oplossen van een gas.

5. Voorkomen van het uit treden van H<sub>2</sub>S aan het einde van de leiding door binding aan het actieve slib door:

- actief slib naar de leiding te brengen;
- de leiding kort te sluiten naar het beluchtingscircuit.

Wat hier aangeduid wordt met de omschrijving 'binding aan het actieve slib' is ongetwijfeld een complexer proces. Deze mogelijkheid is gebaseerd op de ervaring dat de stankverwekking op de RZI afgelopen was als het influent in het beluchtingscircuit gestroomd was. Vermoedelijk is er sprake van adsorptie- en oxydatieprocessen.

6. Voorkomen van het vrijkomen van H<sub>2</sub>S in de atmosfeer door afdekken van onderdelen van de installatie, opvang van het gas en behandeling door:

- gaswassing;
- gasverbranding;
- gasfiltratie;
- afvoer naar het circuit.

Met opvangen en zuivering van het vrijkomende gas is moeilijk te experimenteren in een installatie, waarin dergelijke voorzieningen niet voorzien zijn. De zeer lage reukgrens van de H<sub>2</sub>S vereist een kwantitatief opvangen van het gas. Tevens moeten voorzieningen getroffen worden om aantasting van beton en ijzer door H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dat ontstaat bij het vrijkomen van H<sub>2</sub>S in een zuurstofhoudend milieu, te voorkomen. Overigens is zuivering van afgassen een beproefde methodiek waarvoor diverse methodieken bruikbaar zijn. Gedacht kan worden aan koolfilters en andere filtermaterialen en natte en droge gaswassing in één of meer trappen. Verbranding van de afgassen is mogelijk als deze zelf een verbrandingswaarde hebben zoals dat bij het gas van een gisting het geval is. Bij een oxydatiesloot zou aardgas gebruikt moeten worden. In dit geval was geen gasvoorziening aanwezig.

Aansluitend bij het vorige punt kan ook inblazen van het gas in het beluchtingscircuit overwogen worden. Als voor de beluchting gasinblazen e.d. toegepast worden zijn er

directe mogelijkheden aanwezig. Ook waterstraalpompen kunnen deze afgassen afzuigen. Bij de aanwezigheid van oppervlaktebeluchters is een koppeling aan het beluchtingssysteem niet mogelijk.

De lage reukgrens van de H<sub>2</sub>S vereist eveneens een zeer vèrgaande zuivering van de afgassen. Zelfs met 99 % zuivering wordt nog onvoldoende effect bereikt. Een stoetsgewijze belasting van de gaszuiveringsapparatuur en een grote emissie vormen extra complicaties.

7. Voorkomen van hinder door toevoegen van een aangename reukstof (odourmasking).

Op een soortgelijke wijze als dat bij toiletten e.d. mogelijk is, kan het zgn. maskeren van de rotte-eieren-stank door toevoegen van dennengeur, lavendel e.d. overwogen worden. In een afgesloten ruimte is dit wellicht een trefzeker systeem, in de open lucht met grotere afstanden speelt het probleem van de ontmenging van de diverse reukstoffen, waardoor het systeem niet meer functioneert.

8. Voorkomen van hinder door verdunning van de H<sub>2</sub>S door afstand te creëren.

Een stankproblematiek zoals in Beemster ontstaat doordat afstanden te gering zijn. Vergroting van de afstand tussen emissiepunt en omwonenden kan derhalve zeer effectief zijn. De mogelijkheden worden bepaald door de concrete situatie. De benodigde voorzieningen zijn ingrijpend en kunnen niet of nauwelijks experimenteel aangebracht worden.

#### Criteria voor een keuze

Bij het doen van een keuze tussen deze mogelijkheden zullen de volgende overwegingen een rol dienen te spelen:

- a. technische realiseerbaarheid;
- b. afdoende bestrijding hinder;
- c. afwezigheid van ongunstige neveneffecten;
- d. hoogte exploitatiekosten.

#### 6. 'Ervaringen bij de RZI Beemster'

In de praktijk bleek één van de grote problemen bij de bestrijding van de stank op de RZI Beemster dat er zo weinig ervaring in Nederland beschikbaar is op grond waarvan direct tot de juiste bestrijdingsmaatregelen geadviseerd kan worden. Het verhaal van de maatregelen die genomen werden, is derhalve een opsomming van pogingen om een afdoende oplossing te vinden. Aangekend moet worden dat het aantal mogelijkheden uiteraard beperkt wordt door het feit dat men te maken heeft met een bestaande, in werking zijnde installatie.

#### 6.1. Doorspoeling met boezemwater

In eerste instantie is getracht de H<sub>2</sub>S-productie in de leiding te beperken met behulp van doorspoeling met oppervlaktewater. In mei 1974 werd gestart met extra suppletie van boezemwater in de vuilwaterkelder; gedurende de zomer werd de hoeveelheid doorspoelwater opgevoerd tot ca. 2,5 x de droogweerafvoer. De extra doorspoeling had wel effect, maar kon toch niet verhinderen dat stankhinder werd ondervonden. De H<sub>2</sub>S kwam vrij bij het aanvoerverdeelwerk en de zandvanger.

#### 6.2. Afdekken aanvoerverdeelwerk en zandvanger

Bij het aanhouden van de stankklachten werd in de loop van de zomer 1974 besloten om in afwachting van adviezen voor een definitieve oplossing, het aanvoerverdeelwerk en de zandvanger provisorisch af te dekken met behulp van zeilen. Deze maatregel kon het uit treden van H<sub>2</sub>S echter niet volledig voorkomen. Bovendien werd aantasting van ijzer en beton vastgesteld als belangrijk neveneffect.

#### 6.3. Recirculatie circuitinhoud via aanvoerverdeelwerk

In het najaar 1974 werd besloten tot een proefneming met de recirculatie van slibwatermengsel uit het circuit over het aanvoerverdeelwerk en de zandvanger. Aanleiding voor deze en de volgende proef was de ervaring dat het water, eenmaal in het circuit gekomen, geen stank meer veroorzaakte. Recirculatie vond plaats door middel van een dompelpomp à ca. 100 m<sup>3</sup>/h. Hoewel bij de afloop van de zandvang steeds opgeloste zuurstof (naast vrije H<sub>2</sub>S) aanwezig was, werd de H<sub>2</sub>S niet kwantitatief gebonden. De stankklachten bleven aanhouden.

#### 6.4. Aanvoer influent direct in circuit

Toen binding van de H<sub>2</sub>S door het brengen van actief slib naar de aanvoer geen of althans onvoldoende effect sorteerde, is het systeem omgedraaid. Door middel van het leggen van een kortsluitleiding van het aanvoerverdeelwerk naar het circuit is het aangevoerde water direct in het beluchtingscircuit gebracht. De invoer vond plaats op de bodem (4 m diepte), onder de beluchter teneinde maximale menging te hebben. Het buiten bedrijf stellen van grofvuilrooster en zandvanger werd als tijdelijke bedrijfsomstandigheid geaccepteerd. De kortsluitleiding was relatief gemakkelijk aan te brengen, doordat aangesloten kon worden op één van de uitgangen van het aanvoerverdeelwerk, aangebracht ten behoeve van toekomstige uitbreidingen. Gebruik werd gemaakt van zand-transportbuizen, Ø 60 cm, welke gehuurd werden.



*Kortsluitleiding aanvoerverdeelwerk, circuit RZI Beemster.*

De leiding werd op grond gelegd (zie foto). In december 1974 werd de kortsluitleiding in bedrijf genomen. Deze maatregel bleek onder normale bedrijfsomstandigheden zeer effectief: ter plaatse van de invoer in het circuit werd doorgaans geen stank waargenomen. Later werd nog wel eens stank vanuit het circuit waargenomen bij langere pompperiodes. Systematisch is de verhoudingsfactor niet onderzocht.

Bij het aanslaan van het hoofdrioolgemaal Purmerend vond echter nog wel stankemissie plaats vanuit het provisorisch afgedekte aanvoerverdeelwerk als gevolg van de luchtdrukstoot welke gepaard gaat met het aanslaan van de pompen.

Het buiten bedrijf stellen van het grofvuilrooster veroorzaakte grofvuilproblemen op diverse andere plaatsen in de installatie. Overstortranden e.d. vervuilen. De surplus-slibpomp werd afgeschermd door een apart er voor aangebracht rooster, dat dagelijks met de hand schoongemaakt wordt. Hinderlijke bedrijfsstoringen werden hierdoor bestreden.

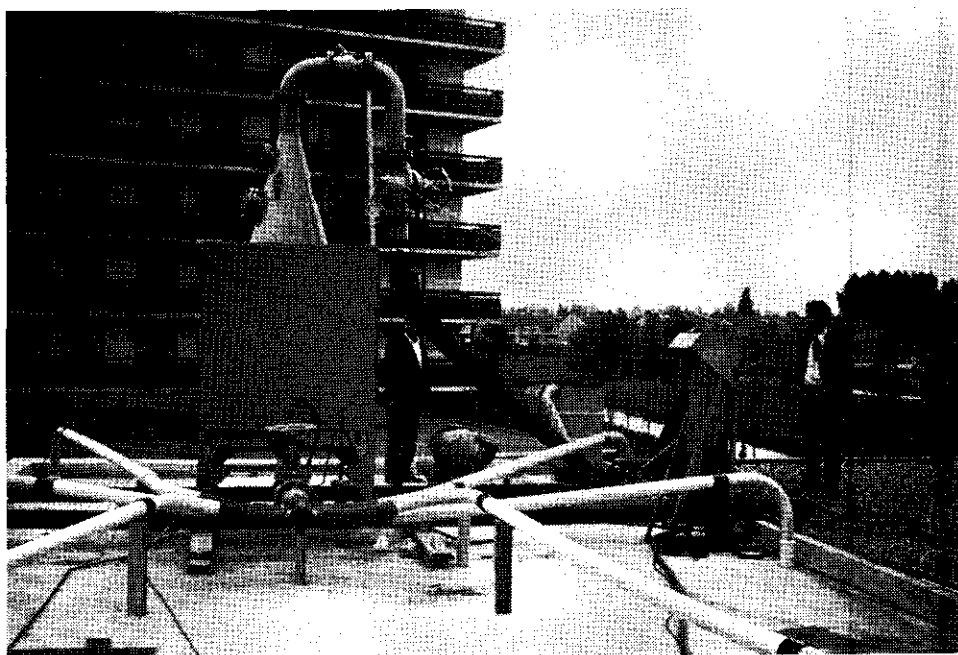
In het voorjaar van 1976 zijn in het been van het circuit waarin de aanvoer plaatsvond, uitvoerige peilingen verricht teneinde na te gaan of er zandafzettingen hadden plaatsgevonden. Dit bleek niet of nauwelijks het geval te zijn geweest. Ook een globaal onderzoek van de andere benen leverde geen negatieve uitkomsten op.

#### 6.5. Afdekking aanvoerverdeelwerk

In juni 1975 werd de provisorische afdek-

king (zeilen) van het aanvoerverdeelwerk vervangen door een met staalplaten. Hermetisch afdichten bleek niet mogelijk in verband met de kracht van de drukstoot gepaard gaande met het aanslaan van de pompen. Het geheel gesloten maken van de leiding ter plaatse van het aanvoerverdeelwerk was om hydraulische redenen niet mogelijk. De drempel in het aanvoerverdeelwerk ligt nl. boven het boezemniveau. Het waterpeil van de overige onderdelen

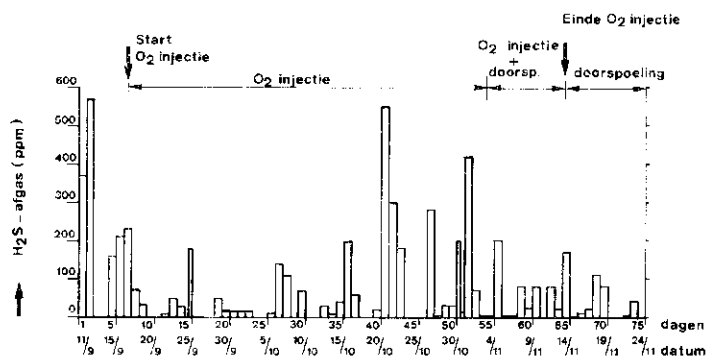
#### *Zuurstofverrijking rioolgemaal Purmerend.*



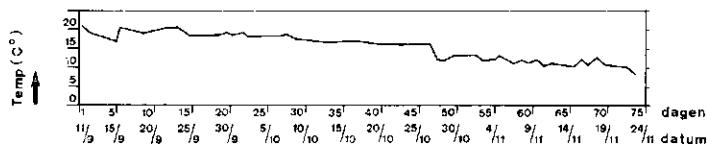
van de installatie ligt beneden het boezemniveau. Het toevoerd gemaal Purmerend heeft als waterslagvoorziening een nasuppletieleiding vanuit de boezem. De drempel in het aanvoerverdeelwerk is dan ook nodig om te voorkomen dat continu boezemwater via de suppletieleiding naar de installatie kan lopen. Het aanvoerverdeelwerk moet derhalve ter plaatse van de drempel onder atmosferische druk blijven om hevelen te voorkomen. Bij het aanslaan van de pompen werd een volume lucht van  $\pm 20 \text{ m}^3$  in zeer korte tijd ( $\pm 45 \text{ sec.}$ ) uitgeblazen. Door het aanbrengen van een stuwschot in het verdeelwerk is dit volume verkleind tot  $\pm 12 \text{ m}^3$ . Het vrijkomen van deze gaswolk bleef echter aanleiding tot periodieke klachten. Bij d.w.a. slaan de pompen ca. 2 x per uur aan. Met aanvullende doorspoeling werd steeds getracht de stankoverlast te bestrijden, met wisselend succes.

#### 6.6. Zuurstofverrijking van afvalwater in Purmerend

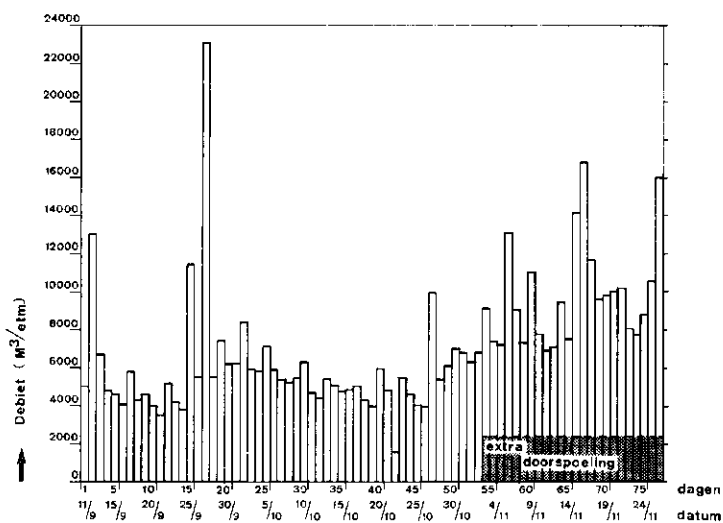
In de periode van 18 september tot 14 november 1975 heeft vervolgens een proefneming met zuurstofverrijking van het afvalwater in het rioolgemaal Purmerend plaatsgevonden. Het doel van de proefneming was te trachten met behulp van zuivere zuurstof de in het afvalwater aanwezige stankgassen te oxyderen en de ontwikkeling daarvan tijdens het transport door de persleiding te voorkomen. De zuurstofverrijking vond plaats door middel van de injectie van zuivere zuurstof in een speciaal geconstrueerde meng- en oplos-tank, die op het dak van het rioolgemaal geplaatst was (zie foto). Het afvalwater uit de vuilwaterkelder werd met een aparte



Afb. 9 - H<sub>2</sub>S-gehalte afgas RZI Beemster.



Afb. 10 - Temperatuurverloop influent RZI Beemster.



Afb. 11 - Wateraanvoer RZI Beemster.

circulatiepomp à 350 m<sup>3</sup>/h opgepompt in het oplosvat, waarin de zuivere zuurstof werd geïnjecteerd. Door de turbulentie en de overdruk (tot 0,8 bar) in de tank werd de ingebrachte zuurstof in oplossing gebracht (tot ca. 25 mg O<sub>2</sub>/l afvalwater). Rechtstreekse injectie van de zuurstof in de persleiding werd niet mogelijk geacht. Het vertikaal alignement van de leiding na het gemaal door de ringvaart en de ringdijk van de Beemster geeft vrij sterke hoogteverschillen in de leiding. Gevreesd werd voor ontgassing van de O<sub>2</sub> uit het rioolwater bij de mogelijk relatief grote onderdrukken in de leiding. Regeling van de injectie vond plaats door middel van een zuurstofelektrode die het

zuurstofgehalte in de vuilwaterkelder registreerde (ingestelde streefwaarde van 12-15 mg O<sub>2</sub>/l). In verband met het pompregiem van de vuilwaterpomp (1500 m<sup>3</sup>/h) en als gevolg van verstoppingen van de circulatiepomp kon niet steeds aan deze voorwaarden worden voldaan. In de afb. 9, 10 en 11 zijn resp. het H<sub>2</sub>S-gehalte van het afgas, de watertemperatuur en de dagelijkse wateraanvoer tijdens de proefperiode grafisch weergegeven. Uit afb. 9 blijkt dat vóór de zuurstofverrijking, onder de afdekking van het aanvoerverdeelwerk van de RZI Beemster, nog H<sub>2</sub>S-gehalten in het afgas gemeten werden van 160-580 ppm.

Als gevolg van de zuurstofverrijking werden weliswaar overwegend lagere waarden bereikt, maar een volledige onderdrukking van de H<sub>2</sub>S-ontwikkeling kon onder normale omstandigheden niet worden gerealiseerd. Vanaf 3 november werd naast de O<sub>2</sub>-injectie tevens extra doorspoeld met boezemwater (ca. 2400 m<sup>3</sup>/etm.) teneinde een 'doorslag' met zuurstof van de persleiding te verkrijgen (afb. 11). Deze opzet slaagde en het bleek mogelijk de H<sub>2</sub>S-ontwikkeling periodiek volledig te onderdrukken met 0 ppm H<sub>2</sub>S in het afgas, mede als gevolg van de verdunning, de verkorting van de verblijftijd en de lagere watertemperatuur.

Zo werd op 3 november direct voor de uitmonding van de persleiding (ontluchtingspunt 7) nog 4,2 mg O<sub>2</sub>/l gemeten en op 4 november 2,6 mg O<sub>2</sub>/l, beide dagen met 0 ppm H<sub>2</sub>S in het afgas. Tijdens de proefperiode daalde de afvalwatertemperatuur van ca. 20 °C naar 10 °C (afb. 10).

De pH van het afvalwater bedroeg gemiddeld 7,3 met een minimum van 6,7 en een maximum van 7,8.

Tijdens de proefperiode zijn tevens een aantal zuurstof- en sulfideprofielen van de persleiding bepaald door middel van bemonstering ter plaatse van de ontluchtingspunten. De situering van de bemonsteringspunten is gegeven in onderstaand staatje:

*Afvalwatertransportleiding Purmerend-RZI Beemster*

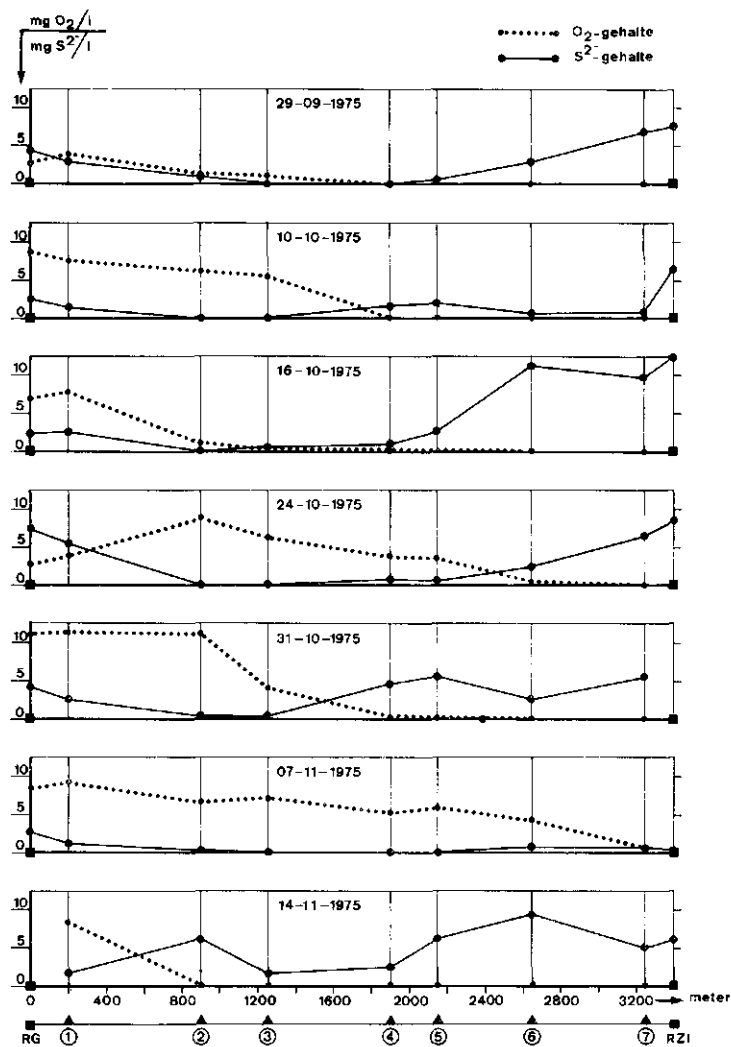
Diameter	mm	900
Lengte	m	3400
Inhoud	m <sup>3</sup>	2086
Wandoppervlakte	m <sup>2</sup>	9270

	Afstand (m)
Rioolgemaal Purmerend	0
Punt 1	ca. 200
Punt 2	ca. 900
Punt 3	ca. 1350
Punt 4	ca. 1900
Punt 5	ca. 2150
Punt 6	ca. 2750
Punt 7	ca. 3350
RZI Beemster	ca. 3400

De bemonsteringsresultaten van deze persleidingtochten zijn grafisch weergegeven in afb. 12.

Uit de gemeten O<sub>2</sub>-profielen blijkt dat de ingebrachte zuurstof na ca. 2000-2500 m vanaf het rioolgemaal verbruikt was; alleen op 7 november kon een vrijwel volledige aerobie in de gehele leiding worden bereikt met behulp van extra doorspoeling en 0 ppm H<sub>2</sub>S in het afgas.

Uit de gemeten sulfide-profielen blijkt dat de aanwezige sulfiden langzaam worden geoxydeerd bij aanwezigheid van zuurstof



Afb. 12 - Sulfide- en zuurstofprofielen persleiding RG Purmerend - RZI Beemster.

in de leiding; zodra de zuurstof echter verbruikt is, neemt de sulfide-ontwikkeling weer toe.

Achteraf gezien zijn de verwachtingen ten aanzien van de toe te passen zuurstofdoserings te optimistisch gebleken, mede gezien de uitkomsten van Engelse onderzoeken (Boon en Lister [1]), waarbij doseringen van 100-200 mg  $O_2/l$  rechtstreeks werden geïnjecteerd.

Ook de wijze van zuurstofverrijking door middel van een aparte circulatiepomp en een oplostank is niet optimaal en kostbaar gebleken. Redenen om deze wijze van zuurstofverrijking af te wijzen.

De verwachting is wel dat goede resultaten kunnen worden verkregen bij rechtstreekse injectie in de persleiding van hogere doseringen.

#### 6.7. Ervaringen met beademingsfilter

In deze paragraaf zullen de tot op heden opgedane ervaringen met een 'beademingsfilter' worden behandeld.

Dit beademingsfilter werd bij wijze van proef op 21 oktober 1975 op een opening in de afdekking van het aanvoerverdeelwerk van de RZI Beemster geplaatst. De opzet was de tijdens het aanslaan van de vuilwaterpomp uittredende 'gaswolk' middels het filter te zuiveren van de stankverwekkende  $H_2S$ -gassen.

Het filter is een vierkante polyester kist met een grondoppervlakte van  $1 m^2$  en (aanvaankelijk) voorzien van een laag vulmateriaal van 25 cm dikte. De luchtsnelheid in het filter is berekend op 10-20 cm/sec. Het vulmateriaal bestaat uit blauwgroene korrels met een volumegewicht van 0,6 (merk 'Sanilan'). Volgens de leverancier is het materiaal specifiek voor het wegnemen van  $H_2S$ , kan het ca. 10 gew. %  $H_2S$  opnemen en is niet hygroscopisch. Prijs ca. f 18,—/kg.

Bij een  $H_2S$ -gehalte in het te behandelen afgas tot 140 ppm werd vrijwel volledige  $H_2S$ -verwijdering gegarandeerd. Tot op heden heeft het filter niet aan de verwachtingen voldaan. De verwijderings-

percentages waren steeds zeer wisselvallig, bij  $H_2S$ -gehaltenes groter dan 50 ppm gaf het filtermateriaal geregeld een doorslag te zien, ondanks het feit dat geen verzadiging van het materiaal kon worden vastgesteld.

Na een periode met nachtvorst (december) en vorst (februari) nam de werking van het filter beduidend af.

Vervanging van het filtermateriaal door nieuw kon doorslag van het filter bij hogere  $H_2S$ -gehaltenes niet voorkomen.

Sinds begin mei 1976 is de laagdikte verdubbeld waardoor de werking is verbeterd, maar bij  $H_2S$ -gehaltenes > 50 ppm treedt geregeld doorslag van het materiaal op.

Een en ander wordt geïllustreerd in tabel II waarin de meest sprekende meetresultaten zijn vermeld.

#### 6.8. Optimalisering doorspoeling met boezemwater

Aangezien het beademingsfilter niet aan de verwachtingen voldoet is getracht het doorspoelregiem verder te optimaliseren.

De bestaande voorzieningen voor nasuppletie en noodlozing zijn in de loop van de tijd verder uitgebouwd, zodat een (tijd-) instelbare nasuppletie vanuit de ringvaart in de vuilwaterkelder kan plaatsvinden. Op deze wijze is het mogelijk een zekere waterverversing en daarmee een verkorting van de verblijftijd, te bewerkstelligen. Dit (grove) regelmechanisme heeft het tot dusverre mogelijk gemaakt de, bij lage wateraanvoeren optredende, emissies van gas met hoge  $H_2S$ -gehaltenes bij de RZI Beemster enigszins in de hand te houden.

Werden bij een waterverversing van ca. 1200  $m^3/etm.$  bij watertemperaturen van 10 - 14 °C nog  $H_2S$ -gehaltenes onder de afdekking van het aanvoerverdeelwerk gemeten tot 600-700 ppm  $H_2S$  in de gasfase, thans worden bij een verdunning van ca. 1 : 1 bij watertemperaturen van ca. 20-23 °C  $H_2S$ -gehaltenes gemeten van 60-150 ppm  $H_2S$  in de gasfase onder de afdekking. Een aantal van de meest sprekende situaties zijn samengevat in tabel III. Deze aanzienlijke reductie van de  $H_2S$ -emissie was echter niet voldoende om klachten te voorkomen.

#### 6.9. Toekomstige acties

Aangezien alle hiervoor beschreven maatregelen en beproevingen wel tot aanzienlijke reductie van de bezwaren hebben geleid doch deze niet geheel opgeheven hebben, wordt thans in de volgende richtingen verder gezocht.

1. Definitieve kortsluiting van de aanvoer en het beluchtingscircuit. Hierbij moet een oplossing gevonden worden voor de hevelonderbreking die op de leiding aangebracht moet worden. Tevens moet bij een dergelijke



TABEL II - Overzicht meetresultaten beademingsfilter.

Dag	Datum	Buitemtemp. °C	Voor filter H <sub>2</sub> S (ppm)	Na filter H <sub>2</sub> S (ppm)	Verwijdering %	Opmerkingen
1	21-10-1975	9,2	550	60	89	filter geplaatst
2	22-10-1975	8,3	150	10	93	
3	23-10-1975	9,2	300	30	90	
4	24-10-1975	8,4	180	5	97	
7	27-10-1975	7,4	280	100	64	
11	31-10-1975	11,9	200	40	80	
49	8-12-1975	6,5	60	15	75	nachtvorst
50	9-12-1975	6,2	120	60	50	
51	10-12-1975	7,4	150	40	73	
52	11-12-1975	4,6	180	110	39	
53	12-12-1975	3,7	180	80	55	
56	15-12-1975	0,8	160	100	38	min - 2,0 °C
107	4-2-1976	— 1,5	180	90	50	vorst
109	6-2-1976	— 0,7	100	60	40	vorst
130	27-2-1976	5,1	100	30	70	
184	21-4-1976	6,8	> 600	> 600	—	
186	23-4-1976	5,0	320	210	34	
189	26-4-1976	8,0	500	400	20	
191	28-4-1976	4,3	400	290	28	
1	29-4-1976	4,8	—	—	—	nieuw filtermateriaal
5	3-5-1976	8,2	> 600	100	> 83	
8	6-5-1976	12,7	200	110	45	
16	14-5-1976	9,6	300	> 200	< 33	
1	16-5-1976	10,5	—	—	—	laagdikte verdubb.
2	17-5-1976	16,2	60	20	67	
5	20-5-1976	10,5	200	30	85	
11	26-5-1976	9,8	350	100	72	
24	8-6-1976	20,7	180	20	89	
26	10-6-1976	13,4	540	40	93	
33	17-6-1976	14,8	100	10	90	
40	24-6-1976	21,9	85	10	88	
47	1-7-1976	19,1	120	20	84	
54	8-7-1976	19,6	50	0	≈ 100	
61	15-7-1976	19,4	60	0	≈ 100	
62	16-7-1976	19,8	50	0	≈ 100	

TABEL III - Overzicht water- en gasanalyses RZI Beemster.

datum	neerslag mm/etm.	Q-t m <sup>3</sup> /etm.	watertemp. °C	pH	sulfide-t mg S <sup>2-</sup> -l	H <sub>2</sub> S * ppm	waterversing m <sup>3</sup> /etm.
13-4-1976	—	5760	12,5	7,2	0,1	> 600	ca. 1200 m <sup>3</sup> /etm.
15-4-1976	—	6140	14,0	7,2	4,7	370	ca. 1200 m <sup>3</sup> /etm.
21-4-1976	—	5220	13,5	7,0	6,2	> 600	ca. 1200 m <sup>3</sup> /etm.
23-4-1976	—	5080	12,5	7,4	3,8	320	ca. 1200 m <sup>3</sup> /etm.
26-4-1976	—	5850	14,5	7,3	6,7	500	ca. 1200 m <sup>3</sup> /etm.
28-4-1976	—	5090	12,5	7,1	4,9	400	ca. 1200 m <sup>3</sup> /etm.
3-5-1976	3,2	6311	12,5	7,5	3,6	> 600	ca. 1200 m <sup>3</sup> /etm.
6-5-1976	—	5662	16,0	7,2	6,8	200	ca. 2400 m <sup>3</sup> /etm.
11-5-1976	0,5	5208	17,5	7,1	10,7	400	ca. 2400 m <sup>3</sup> /etm.
14-5-1976	—	6140	14,5	7,0	8,0	300	ca. 2400 m <sup>3</sup> /etm.
17-5-1976	—	7510	16,0	7,4	3,1	60	ca. 2400 m <sup>3</sup> /etm.
20-5-1976	2,3	5730	16,0	7,3	6,5	200	ca. 2400 m <sup>3</sup> /etm.
16-6-1976	—	9010	20,0	7,4	7,8	135	ca. 6000 m <sup>3</sup> /etm.
1-7-1976	—	10170	23,0	7,4	0,6	120	ca. 4000 m <sup>3</sup> /etm.
6-7-1976	—	8180	23,5	7,1	11,0	90	ca. 4000 m <sup>3</sup> /etm.
13-7-1976	—	9490	21,5	7,4	2,7	150	ca. 4000 m <sup>3</sup> /etm.
15-7-1976	—	9714	21,5	7,1	9,4	60	ca. 4000 m <sup>3</sup> /etm.

\* Onder afdekking aanvoerdeelwerk RZI Beemster.

opzet de grofdeeltjesverwijdering op een andere plaats in de installatie aangebracht worden. Aangegeven moet worden hoe bij uitbreiding van de installatie de verdeling over de units zal plaatsvinden.

2. Fixatie van de H<sub>2</sub>S in de leiding door toevoeging van ferro-zouten. Zoals uit de in

deel 2 beschreven laboratoriumproeven zal blijken, zijn er aanwijzingen dat het toevoegen van ijzerverbindingen kan leiden tot een kwantitatieve fixatie van het sulfide in de vorm van het slecht oplosbare FeS. Proeven op praktijkschaal zijn thans in uitvoering, waarbij gedacht is aan dosering van beitszuur. Probleem hierbij blijkt de

verontreiniging van het afgewerkte beitszuur met zware metalen te zijn. De mogelijkheden van het verkrijgen van bruikbare ferro-verbindingen en de werking hiervan zijn wellicht reeds bekend op het moment dat u dit leest.

3. Aangezien de H<sub>2</sub>S-emissie slechts periodiek plaatsvindt en beperkt van omvang is, worden de mogelijkheden van opvang van deze gaswolk in een gashouder, een schoorsteenachtige voorziening of iets dergelijks thans eveneens bestudeerd. In combinatie met een kortsluitleiding zou een dergelijke voorziening aangebracht kunnen worden omdat na het uitstoten van de gaswolk de kortsluitleiding als waterstraalpompe gaat fungeren en weer lucht aanzuigt door dezelfde opening. Met deze aangezogen lucht zou de gebufferde H<sub>2</sub>S in het circuit onschadelijk gemaakt kunnen worden.

Ook voor deze mogelijkheden geldt echter dat eerst de zekerheid verkregen moet worden dat zij een afdoende oplossing vormen, waarna nadere uitwerking en begroting kan plaatsvinden. Bij meerdere afdoende oplossingen zullen de factoren kosten en neveneffecten de keuze bepalen.

## 7. Overleg omwonenden

In het kader van de activiteiten rond de problematiek van de hinder is in het voorjaar van 1975 een periodiek overleg gestart met een delegatie van de omwonenden van de RZI. Maandelijks vond een gesprek plaats over:

- de ondervonden hinder;
- de resultaten van proeven en onderzoeken;
- de gedachten over de oplossing van de problematiek;
- de activiteiten op korte termijn;
- de kosten van de activiteiten.

Deze benadering leidde niet alleen tot informatie van degenen, die de hinder ondervonden doch ook tot een actief meedenken over de problemen.

De klachten werden in bepaalde perioden systematisch geregistreerd en bij het doen van proeven op praktijkschaal werd extra aandacht van de omwonenden gevraagd. In perioden van zware hinder was voor degenen, die deze ondervonden, bekend waar zij hun misnoegen konden uiten.

## 8. Slotbeschouwing

Wanneer alle bovenomschreven ervaringen op een rij gezet worden, zouden wij de volgende conclusies willen trekken.

1. De empirische formules die de toename van het sulfidegehalte tijdens transport door

een persleiding beschrijven lijken redelijk goed bruikbaar ten behoeve van het voor-  
ontwikkeling (uit onderzoek persleidingen  
4.2.).

2. Kwantitatief voorkomen van  $H_2S$ -emissie  
in een bestaande installatie is een bijzonder  
moeilijke zaak indien daarmee bij het ont-  
werp geen rekening is gehouden.

3. In de verhoudingen die op de RZI Beem-  
ster aanwezig zijn, blijkt het invoeren van  
het aangerotte influent in het beluchtings-  
circuit ter plaatse geen stankhinder meer te  
veroorzaken.

4. De werking van het geïnstalleerde be-  
ademingsfilter was bij concentraties groter  
dan 50 ppm  $H_2S$  in de vrijkomende afgassen  
niet afdoende.

5. Dosering van zuivere  $O_2$  in de persleiding  
kan een goede oplossing zijn indien de  
injectieproblematiek opgelost is. De oplos-  
sing is *principieel* aantrekkelijk omdat geen  
nieuw element aan het systeem wordt toege-  
bracht en de ontwikkeling van sulfiden  
wordt voorkomen. Nader inzicht in de  
kosten van een dergelijke oplossing moet  
echter nog verkregen worden. Van belang  
in dit verband is in welke mate de aerobe  
omzettingen tijdens het afvalwatertransport  
een bijdrage kunnen leveren in het zuive-  
ringsproces.

6. Er zijn aanwijzingen dat door middel  
van dosering van ferro-zouten de  $H_2S$   
kwantitatief gefixeerd zou kunnen worden.  
Proeven op praktisch schaal moeten uitwijzen  
in hoeverre dit inderdaad het geval is.  
Wellicht is afgewerkt beitszuur een doseer-  
middel.

7. Indien de aanvoer van het rioolwater  
naar een RZI onder anaerobe omstandig-  
heden plaatsvindt, kan de  $H_2S$ -emissie op de  
RZI benaderd worden met behulp van  
empirische formules. Bij de systeemkeuze  
en het ontwerp van een installatie moet  
hiermee rekening gehouden worden. Syste-  
men zonder voorbezinking bieden de moge-  
lijkheid tot directe invoer in de actief slib  
unit. Grofvuilverwijdering zal op aange-  
paste wijze dienen plaats te vinden, bijv.  
in de afloop van de AT. Ten aanzien van  
de zandverwijdering zullen hetzij voorzie-  
ningen op de toevoerende gemalen, hetzij  
voorzieningen in de AT, hetzij geen voor-  
zieningen getroffen moeten worden.  
De bodemgesteldheid in de betreffende  
streek is o.a. sterk bepalend.

8. Open en intensief overleg met mensen,  
die hinder ondervinden, is noodzakelijk om

geen extra dimensie aan dit soort onge-  
wenste situaties te geven.

9. De actief zuiverende instanties dienen zo  
open mogelijk te zijn met hun kennis en  
ervaring op het terrein van deze vorm van  
stankhinder.

De auteurs danken de heren ing. J. C. Plas,  
dr. W. Fiegggen, ir. R. den Engelse en  
dr. G. Sieswerda voor hun begeleiding bij de  
totstandkoming van dit artikel. Voor de  
uitvoering van de onderzoeken gaat onze  
dank uit naar het personeel van het labo-  
ratorium te Edam en het personeel van de  
RZI Beemster.

#### Literatuur

1. Boon, A. G., Lister, A. R. *Formation of sul-  
phide in rising main sewers and its prevention by  
injection of oxygen*. a. 7th Int. Conf. on Water  
Pollution Research, Paris, Sept. 9-13, 1974.  
b. Progress in Water Technology. 7 (1975) 2,  
289-300.
2. Pomeroy, R. *Generation and control of sul-  
phide in filled pipes*. Sew. and Ind. Wastes 31  
(1959), 1082-1095.
3. Thistlethwayte, D. K. B. *The control of sul-  
phide in sewerage systems*. Butterworths, London  
(1972).
4. *Paints and protective coatings for Waste water  
treatment facilities*. MOP 17. JWPCF 39 (1967),  
9, 1504-1524; JWPCF 39 (1967), 10, 1715-1759.
5. *Behandeling van rioolstankproblemen*. DHV-  
rapport (1975).
6. Schlegel, H., *Allgemeine Microbiologie*. Thieme,  
Stuttgart (1969).

