

Voorkoming c.q. bestrijding van corrosieverschijnselen als gevolg van H₂S-emissie uit afvalwater

1. Inleiding

Het Hoogheemraadschap van de Uitwaterende Sluizen in Kennemerland en West-Friesland is thans gedurende 14 jaren actief op het gebied van het kwaliteitsbeheer van oppervlaktewater.

Het beheersgebied bestrijkt het gehele gebied van Noord-Holland boven het Noordzeekanaal. In principe is gekozen voor een verdeling van dit gebied in 20 regio's met elk een regionale rioolwaterzuiveringsinstallatie met toevoerende rioolgemalen en persleidingen (afb. 1).



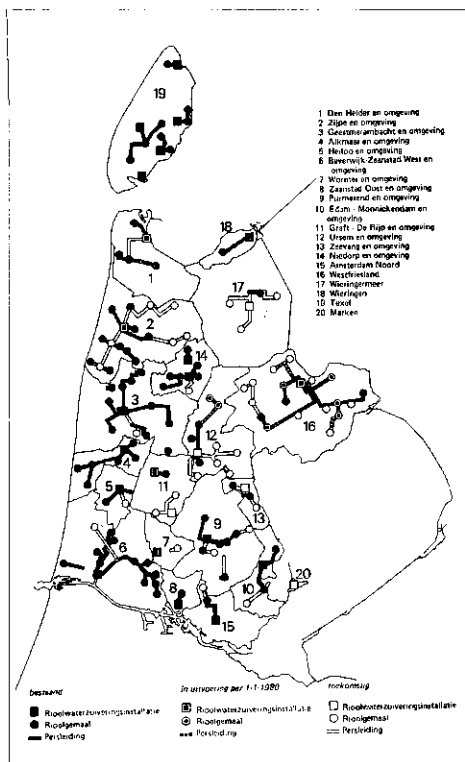
IR. F. J. FALENTIJN
Werkzaam bij het Hoogheemraadschap van de Uitwaterende Sluizen in Kennemerland en West-Friesland te Edam.



IR. J. G. A. VAN HULST
DHV Raadgevend Ingenieursbureau BV te Amersfoort.

Omdat uitzonderingen de regel bevestigen zal het uiteindelijke aantal zuiveringsinstallaties 24 bedragen.

Op de planning staan voor het gehele gebied 120 rioolgemalen, sterk in grootte verschillend, zowel uitgevoerd als pompputten met natte pompstelling als kelders met droge pompstelling. Deze gemalen voeren het afvalwater van woonkernen naar de betreffende rioolwaterzuiveringsinrichting. De afgelopen jaren is gebleken dat aan het principe van regionaal zuiveren een aantal praktische problemen kunnen kleven. Uit literatuur over stankbestrijding [1, 2] blijkt dat er stankproblemen kunnen ontstaan voor de woonomgeving bij gemalen en/of zuiveringen, als gevolg van H₂S-ontwikkeling uit rioolwater. Deze verschijnselen doen zich voornamelijk voor in ontvangkelders waar afvalwater binnenkomt dat langdurig onderweg is geweest. Afdekken leek de oplossing. Er is echter gebleken dat afsluiten van kelders, het aantastingsmechanisme t.o.v. het bouw materiaal beton, waarover in de literatuur uitgebreid verslag wordt gedaan [3, 4, 5, 6, 7], in hoge mate in ongunstige zin beïnvloedt. Niet alleen in Noord-Holland nam men deze verschijnselen waar, ook elders in Nederland en daarbuiten. Internationale aandacht kreeg dit onderwerp tijdens een congres in München, waar op 8 en 9 juni 1978 het onderwerp 'Schwefelwasserstof-Korrosion bei zementsgebundene Werkstoffen' werd behandeld.



Afb. 1 - Overzichtskaart van het beheersgebied van het hoogheemraadschap met de geografische indeling van partiële bestrijdingsplannen en de uitgevoerde en nog uit te voeren werken per 1 jan. 1980.

Ongeveer de helft van de 120 gemalen van Uitwaterende Sluizen is op dit moment gerealiseerd en het was voor het hoogheemraadschap dan ook belangrijk om op korte termijn, met nog 60 gemalen in het nieuwbouwpakket op het programma, te komen tot richtlijnen ter voorkoming van corrosieverschijnselen als gevolg van H₂S-ontwikkeling, zowel voor nieuwbouwsituaties als voor bestaande gemalen. Er werd een werkgroep gevormd, waarvan ook DHV Raadgevend Ingenieursbureau deel uitmaakte.

De opdracht die de werkgroep meekreeg, luidde:

- een bezinning op korte termijn over de aanpak van de corrosie-problematiek via het H₂S-mechanisme;
- het formuleren van richtlijnen en aanbevelingen ter voorkoming c.q. bestrijding van aantasting via H₂S-corrosie voor nieuwbouwoBJECTEN;
- het aangeven van te nemen maatregelen om corrosie bij reeds aangetaste werken tot staan te brengen;
- het opstellen van reparatiemethoden om aangetaste constructies te saneren.

De rapportage over dit onderwerp is neergelegd in het rapport 'H₂S en corrosie', waarvan in de navolgende tekst in het kort de hoofdlijnen worden weergegeven.

2. Werkwijze

2.1. Literatuuronderzoek

Begonnen is met een literatuuronderzoek naar aantastingsmechanismen in riolen, gemalen e.d.; de aantasting van het H₂S-mechanisme heeft met name aandacht gekregen.

Over dit onderwerp is zoals wellicht bekend, reeds veel geschreven [lit. 8, 9, 10, 11].

Vereenvoudigd is het aantastingsmechanisme af te lezen in de tekening van een rioolgemaal (afb. 2).

In wat voor mate de corrosie in de gemalen optreedt, is afhankelijk van een aantal factoren vanaf het moment dat rioolwater in de riolering komt tot het moment dat het in de ontvangkelder van het gemaal belandt. Te noemen zijn:

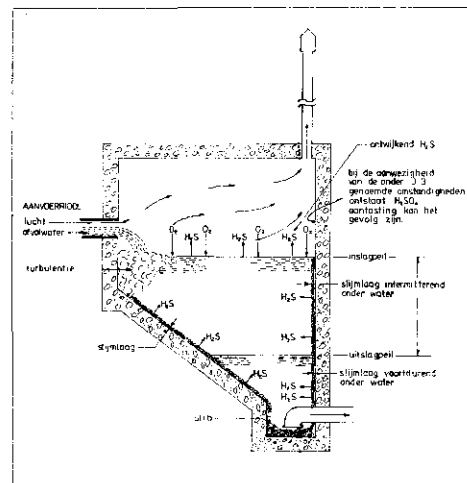
- samenstelling afvalwater (hoeveelheid zwavelverbindingen);
- transporttijd afvalwater (mogelijkheden voor sulfide-ontwikkeling).

2.2. Inventarisatie gemalen en resultaten

Met de literatuurgegevens in de hand is een veldonderzoek verricht naar aantastingsverschijnselen door een inventarisatie naar aard en omvang van deze verschijnselen in een aantal rioolgemalen. Uit de lijst van gemalen in beheer van het hoogheemraadschap is aan de hand van gegevens omtrent de kwaliteit van het afvalwater, het verzorgingsgebied en de verblijftijd van het afvalwater in het rioolstelsel een aantal gemalen onderzocht. Deze factoren werden vrij subjectief ingeschat daar dit soort variabelen zich moeilijk in exacte cijfers laat uitdrukken.

Om alle gegevens op eenzelfde wijze te kunnen interpreteren is een standaard checklist gebruikt waarop tevens het verzorgingsgebied staat aangegeven (afb. 3). De metingen van het H₂S-gehalte zijn uitgevoerd

Afb. 2 - Aantasting van gemalen.



Inspectierapport van rioolgemaal Schagen

- a. aantasting wanden waartegen grond is aangebracht
- b. aantasting wanden grenzend aan droge ruimten
- c. aantastingen scheidingswanden in natte kelder
- d. aantasting plafond
- e. aantasting slingerloten
- f. extra aantasting op waterlijn
- g. extra aantasting op plaats binenkomst riool
- h. meting H₂S gehalte in lucht
- i. meting pH-waarde van condenswater op wanden en plafond
- j. aantasting stalen onderdelen
- k. diepe aantasting
- l. diversen

Resultaten

- a. licht tot ernstig aangetast
- b. licht tot ernstig aangetast
- c. licht tot ernstig aangetast
- d. licht tot ernstig aangetast
- e. geen aantasting
- f. geen extra aantasting
- g. geen extra aantasting
- h. geen H₂S aangetroffen
- wanden en plafond pH 1-2
- i. rioolwater pH 6
- j. aantasting viel mee
- k. diepte aantasting 0,5-1 cm
- l. een gedeelte van de wand waarlangs binnenkomend rioolwater stroomde, was in het geheel niet aangetast.

De bergingskelder naast het gemaal vertoonde ook ernstige aantastingen.



Afb. 3.

met behulp van Drägerbuisjes, voordat de kelderluiken werden geopend. De pH van het condenswater op wanden en plafond is

met behulp van pH papier bepaald. Na het schoonspuiten van plafond en wanden met water onder hoge druk werd de aantastingsdiepte bepaald door meting vanuit niet-aantaste plaatsen. In totaal zijn 19 gemalen geïnspecteerd, waarvan 15 vrij willekeurig gekozen. De 19 gemalen waren niet allen van een coating voorzien. Onderscheid is gemaakt in:

- onbeschermd
- bescherming met epoxy-impregneer
- bescherming met bitumen-emulsie
- bescherming met teerepoxy

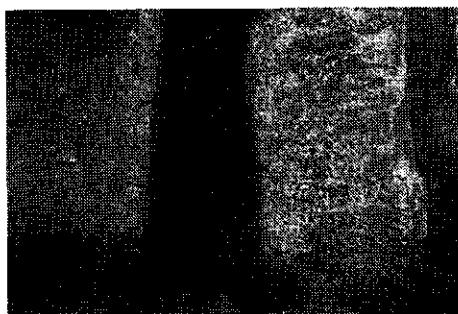
In tabel I zijn de onderzoekresultaten samengevat.

TABEL I - *Samenvatting onderzoekresultaten.*

	aantal	niet aan- getast	wel aan- getast
onbeschermd	4	2	2
bescherming van epoxy-impregneer	10	5	5
bescherming van bitumen-emulsie	3	1	2
bescherming van teerepoxy	2	2	—

Uit de inventarisatie kwamen als belangrijkste gegevens naar voren:

- aantasting is geconstateerd in 30 % van de onderzochte gemalen (correspondeert met gegevens CUR-rapport 96, lit. 7);
- H₂S in ontvangkelders van gemalen geeft zelfs bij zeer lage concentraties aanleiding tot lage pH-waarden op wanden en plafonds; d.w.z. dat er als gevolg van het aantastingsmechanisme H₂SO₄ is ontstaan;
- met betrekking tot coating kan gesteld worden dat systemen op basis van epoxy-impregneer en bitumen-emulsie niet voldoen, terwijl systemen op basis van teerepoxy enigszins beter lijken;
- toevallige waarnemingen van het spoel-effect bevestigen de gedachte dat met spoel-systemen aantasting via het H₂S-mechanismen is te voorkomen (foto 1).
- de resultaten van het onderzoek kwamen

Foto 1 - *Toevallig effect spoelen - Schagen.*

niet geheel overeen met het verwachtingspatroon: de invloed van de verschillende parameters die de aantasting mede kunnen veroorzaken is vooraf niet exact te bepalen.

3. Maatregelen ter voorkoming van aantasting

Zoals uit het voorgaande mag blijken is de aantasting van gemalen de laatste schakel in een keten, waarvan elke volgende schakel het effect van de voorgaande versterkt. Anders gezegd, vanaf het moment dat het afvalwater in de riolering komt, kunnen een aantal maatregelen genomen worden om te voorkomen dat in de ontvangkelder van het gemaal uiteindelijk zwavelzuur op wanden en plafonds gevormd wordt. Er zijn zes stadia te onderkennen en voor elk stadium is het theoretisch mogelijk de keten te verbreken. De te nemen maatregelen zijn de volgende:

- het beperken c.q. voorkomen van sulfide in afvalwater;
- het wegnemen van gevormde sulfiden;
- het beperken van vorming van H₂S in water;
- het beperken van de overgang van H₂S uit water naar de lucht;
- het verminderen van het H₂S-gehalte in ontvangkelders;
- het tegengaan van de vorming van H₂SO₄ op de wanden en plafonds van de kelders.

De meest voor de hand liggende uitvoeringsmogelijkheden ter toepassing van deze maatregelen zijn bekeken en getoetst op toepasbaarheid (T); geschat effect (E) en geschatte kosten (K). Gekozen is voor een weergave in de vorm van een tabel (tabel II), waarbij beseft moet worden dat door een dergelijk beknopte weergave de aangegeven waarderingsoms arbitrair lijken. De criteria die zijn aangehouden zijn de volgende voor:

Toepasbaarheid

- het beproefd zijn van de methode;
- het al dan niet direct uitvoerbaar zijn;
- het al dan niet voldoen van de omstandigheden in het beheersgebied van het hoogheemraadschap aan de randvoorwaarden die de methode oplegt.

Geschat effect

- het effect van de maatregelen op het voorkomen c.q. beperken van de vorming van H₂SO₄ in gemalen.

Geschatte kosten

- hiermede worden bedoeld de maat-

TABEL II - Beoordelingstabel voor maatregelen om aantasting te voorkomen c.q. te verminderen.

	T	E	K
1. Maatregelen ter beperking c.q. voorkoming van sulfide			
Beperking van lozing van zwavelhoudend afvalwater	O	O	?
Transportsysteem zo ontwerpen dat het afvalwater zo lang mogelijk aeroob blijft	O	+	—
Verblijftijden in transportsysteem beperken	—	O	—
Verdunning met oppervlaktewater	+	+	O
Afvalwater aeroob houden bijvoorbeeld m.b.v. lucht, zuurstof of nitraat	+	++	—
Voorzuivering van het aangeboden afvalwater	+	+	—
Injectie van bactericiden in het afvalwater	—	+	—
2. Wegnemen van gevormd sulfide			
Stripping van het afvalwater	O	O	—
Oxydatie van gevormd sulfide	+	+	—
Neerslaan van sulfide met behulp van metaalzouten	O	+	—
3. Voorkoming c.q. beperking van H₂S-vorming uit sulfide			
Injectie van chemicaliën die de pH van het afvalwater verhogen	—	+	—
4. Voorkoming of beperking van de overgang van H₂S vanuit water			
Beperking c.g. voorkoming van turbulentie van anaeroob afvalwater	O	O	+
Aanbrengen van een gasafsluitende laag op het oppervlaktewater	—	O	O
5. Beperking van H₂S-gehalte in kelders van gemalen			
Het maken van 'open' ontvangkelders	O	+	++
Toepassing van ventilatie bij 'gesloten' ontvangkelders	+	?	—
6. Tegengaan van vorming van H₂SO₄			
Het drogen van wanden door vergaande ventilatie	+	+	—
Onderkoeling van wanden	+	?	—
Opnemen van bactericiden in het bouw materiaal	—	?	?

Verklaring
 + = goed resp. lage kosten
 ++ = zeer goed resp. zeer lage kosten

O = matig
 — = slecht resp. hoge kosten
 — — = zeer slecht resp. zeer hoge kosten

schappelijke kosten die niet nader te specificeren en te quantificeren zijn, daar ze sterk projectgebonden zijn.

De geldigheid van de tabel is beperkt tot het beheersgebied van Uitwaterende Sluizen, zijnde Noord-Holland boven het Noordzeekanaal.

4. Vorming van zwavelzuur en de mogelijke beschermingsmethoden hiertegen

Hoewel de effectiviteit van de in het vorig hoofdstuk genoemde (theoretische) mogelijkheden in de praktijk in het algemeen gunstig lijkt, zijn de toepassingsmogelijkheden, met name vanwege de kosten niet of moeilijk realiseerbaar.

H₂SO₄-vorming dient derhalve in vrijverval-leidingen, gemalen en in ontvangputten en verdeelwerken van zuiveringsinstallaties geaccepteerd te worden.

Bij het ontwerpen van dergelijke constructies dient hiermee dus rekening gehouden te worden en moeten voorzieningen getroffen worden om deze vorm van aantasting tegen te gaan.

Daarnaast zal een regelmatige inspectie van die constructies waarin zwavelzuuraantasting kan optreden noodzakelijk zijn om deze aantasting te kunnen onderkennen en tijdig maatregelen te kunnen nemen.

Inspecties zullen voornamelijk visueel uitgevoerd moeten worden; gebruikmaking van enkele hulpmiddelen (zie hoofdstuk 2) kan tot een duidelijker beeld over de mate van aantasting bijdragen. Voor de inspectie van de vrijvervalleidingen kunnen inspecties met behulp van TV-camera's uitgevoerd worden. Ervan uitgaand dat beton als bouw materiaal voorlopig nog gehandhaafd blijft zijn de volgende aanvullende maatregelen mogelijk om aantasting via het H₂S-mechanisme te voorkomen:

1. maatregelen in de sfeer van de beton-technologie;
2. maatregelen om het betonoppervlak te beschermen;
3. alternatieve methoden zoals het wegnemen van het gevormde H₂SO₄ door spoelen.

Daarnaast zijn er mogelijkheden om in voorkomende gevallen te construeren in materialen die van zichzelf reeds bestand zijn tegen voorkomende agressieve media: met name wordt hierbij gedacht aan kunststofleidingen en (kleine) prefab gemalen in kunststof.

4.1. Aangezien we bij aantasting via het H₂S-mechanisme met een zure aantasting te maken hebben zijn maatregelen in de sfeer

van de betontechnologie (een zo dicht mogelijk beton, het toepassen van speciale cementen of het toevoegen van hulpstoffen) weinig zinvol; de snelheid van aantasting kan er hooguit mee vertraagd worden.

4.2. De toe te passen beschermingsmaterialen moeten naast een goede verankering of hechting aan het betonoppervlak tevens waterdicht en voldoende waterdampdicht zijn.

Hieronder volgt in tabelvorm (tabel III) een overzicht van de mogelijke beschermingsmethoden. Deze methoden zijn wederom bekeken en getoetst op toepasbaarheid (T), geschat effect (E) en geschatte kosten (K). In dit geval is bij het bepalen van toepasbaarheid gekeken naar:

- uitvoeringsaspecten;
- het reeds in de praktijk beproefd zijn;
- geschiktheid voor reparatie van kelders.

Wat betreft geschat effect naar:

- voorkoming aantasting;
- beperking aantasting.

De geschatte kosten hebben alleen betrekking op investeringen gedaan t.b.v. de bescherming.

Bij de beschermingssystemen 5, 6, 7 en 8 die nadat het beton gestort en ontstort is aangebracht worden, moet ervoor gezorgd worden dat de bevestigingsmiddelen corrosievast zijn en dat de naden tussen de elementen duurzaam gedicht worden.

4.3. Twee alternatieve methoden (zie tabel III) ter voorkoming van aantasting van het bouw materiaal tengevolge van zuuraantasting kunnen genoemd worden:

— Het spoelen met water om het gevormde zwavelzuur te verdunnen en van het onbeschermd betonoppervlak af te voeren. Onderzocht moet worden voor ieder geval met welke frequentie en welke tijdsduur gespoeld moet worden en of intermitterend spoelen i.v.m. kalkafzetting in de spoelinstallatie mogelijk is.

Bij het onderzoek in het beheersgebied van Uitwaterende Sluizen is gebleken dat wandgedeelten niet of minder sterk aangetast waren wanneer ze (onbewust) met rioolwater of grondwater gespoeld worden (bijv. een wandgedeelte tegenover een riooluitmonding of een wandgedeelte t.p.v. uitstroomopening van toevoerkelder (zie foto 1)).

— Het construeren van die onderdelen waarvan aantasting gevreesd moet worden, in materialen die voldoende resistentie tegen het agressieve medium hebben: bijv. kleine gemalen en leidingen van polyester, het gebruik van polymerenbeton, het maken van stalen of houten bakken. Vooralsnog wordt

TABEL III - Maatregelen ter bescherming van het betonoppervlak

	T	E	K
1. Beplating voorzien van verankeringsribben (ingestort in beton)	+	++	□
2. Coating van polyurethaan of epoxy-impregneer	□	--	+
3. Coating met epoxy of teepoxy met een laagdikte van 400-600 μm	--	□	+
4. Coating met een epoxy massa met een laagdikte van 2.000-3.000 μm	--	+	-/□
5. Coating met glasvezelversterkte polyester	--	++	--
6. PVC- beplating	□	++	--
7. Polyester beplating	□	++	--
8. Metalen beplating	+	++	--
9. Bekleding met zuurvaste tegels	--	□	--
<i>Alternatieve methoden</i>			
10. Het wegnemen van H ₂ SO ₄ door sproeien	++	+	++
11. Kunsthar beton	--	++	--
12. Polyester	+	++	--
13. Staal	□	+	?

Bij tabellen T en E:

-- = zeer slecht
 - = slecht
 □ = matig
 + = goed
 ++ = zeer goed

alleen het gebruik van kunststof voor leidingen en kleine gemalen als een reële oplossing gezien.

5. Reparaties en bescherming na reparaties

Evenals bij nieuw te bouwen gemalen, waarbij vorming van H₂SO₄ geaccepteerd moet worden en waarvoor in het ontwerp stadium maatregelen genomen moet worden, moet ook bij bestaande gemalen deze aantasting geaccepteerd worden. Regelmatige inspecties zijn derhalve van groot belang. Wanneer geconstateerd is dat de constructie of onderdelen daarvan dermate zijn aangetast dat de veiligheid niet meer voldoende gewaarborgd is zal gerepareerd moeten worden.

Het aangetaste oppervlak wordt gesaneerd door stralen. Eventueel sterk geroeste wapening zal ontroest of weggehakt moeten worden.

In principe komen drie herstelmethoden in aanmerking:

1. Na het aanbrengen van een hechtprimer wordt het gesaneerd oppervlak onder profiel met een kunstharsmortel afgewerkt. De laagdikte moet minimaal 5 mm zijn i.v.m. de eis van waterdichtheid.
2. Een tamelijk droge zand-cement-grind mortel wordt onder hogedruk op het gesaneerde oppervlak gespoten (spuitbeton). Minimum laagdikte 20 mm.
3. Alleen van toepassing op aangetaste buizen. Door het inschuiven van een nieuwe buis of door het aanbrengen van buissegmenten kan een aangetaste buis van een nieuwe binnenwand voorzien worden (relining).

Bij tabel K:

-- = > f 200,-/m²
 - = f 150,- tot f 200,-/m²
 □ = f 100,- tot f 150,-/m²
 + = f 50,- tot f 100,-/m²
 ++ = f 0,- tot f 50,-/m²

Er kunnen twee situaties onderscheiden worden:

- a. de aantasting is zodanig geweest dat het gehele (beton) oppervlak boven de waterlijn gerepareerd moet worden;
- b. het oppervlak wordt, gezien de omvang van de aantasting, plaatselijk gerepareerd.

Wanneer kleine oppervlakken behandeld worden zal spuitbeton relatief duur zijn ten opzichte van het aanbrengen van een kunstharsmortel. Ook de grootte van de ruimte (gemaal of onderdeel daarvan) en de plaats van het te behandelen oppervlak zal de prijs van spuitbeton sterk (negatief) beïnvloeden. Daarentegen zal door de wijze van uitvoering het met spuitbeton gerepareerde oppervlak kwalitatief beter zijn dan het oppervlak dat m.b.v. met de hand aangebrachte kunstharsmortel gerepareerd is. Uitgaand van de hierboven besproken reparatiemethoden kunnen na reparatie de volgende beschermingsmethoden toegepast worden.

5.1. Bescherming na reparatie met kunstharsmortel

- a. Oppervlak boven de waterlijn geheel gerepareerd: Bij deze methode moet de bescherming worden verkregen of door het aanbrengen van een chemisch bestendige toplaag met een dikte van 500 μm of door spoelen.
- b. Oppervlak boven de waterlijn gedeeltelijk gerepareerd: Hierbij verkrijgt men dus een oppervlak dat gedeeltelijk uit beton en gedeeltelijk uit kunststof bestaat. De bescherming hierbij moet bestaan uit een epoxysysteem van 2.000-3.000 μm als genoemd bij 6.4.4. of door spoelen.

5.2. Bescherming na reparatie met spuitbeton

Zowel bij gehele als bij gedeeltelijke reparatie moet in dit geval de bescherming worden verkregen door het aanbrengen van het epoxysysteem van 2.000-3.000 μm of door spoelen.

5.3. Bescherming na relinen

Bij het relinen wordt gebruik gemaakt van een voldoende resistent materiaal, zodat aanvullende voorzieningen achterwege kunnen blijven bij de huidige reparatiemethodieken.

Met betrekking tot de reparatiemethoden 5.1 en 5.2 wordt het volgende nog opgemerkt.

De praktijkervaring heeft geleerd dat wanneer chemicaliën beton aangetast hebben het zeer moeilijk is deze uit het beton te verwijderen. Zelfs na verwijdering van de zichtbaar aangetaste gedeelten kan zich het fenomeen voordoen dat na reparatie van de gesaneerde plaatsen de reparatielaag na verloop van tijd wederom loslaat. Het aanbrengen van beschermingsystemen op epoxybasis is een relatief dure aangelegenheid die gezien de bovengenoemde problematiek derhalve weinig zinvol wordt geacht. Beter lijkt een bescherming d.m.v. spoelen.

6. Conclusies en aanbevelingen

Conclusies

Ofschoon gestreefd moet worden naar een situatie waarbij H₂S en H₂SO₄-vorming achterwege blijft, zal er in de toekomst, met name door verdergaande concentratie van zuiveringsinstallaties (waardoor langere aanvoerleiding ontstaan, hetgeen gunstige condities voor de ontwikkeling van H₂S betekent) gerekend moet worden op een agressief medium in aanvoerleiding (vrijvervalriool), gemalen en gedeelten van de zuivering (ontvangkelder, verdeelwerk). De acceptatie van H₂S en H₂SO₄-vorming betekent derhalve dat het beschermen van gemalen e.d. een symptoombestrijding is.

6.1. Nieuwbouw

Om daarom aantasting via het H₂S mechanisme in nieuwbouwsituaties te voorkomen, komen de volgende beschermingsmethoden van het betonoppervlak of combinaties hiervan in aanmerking.

- a. Een bescherming met een lining van PVC voorzien van in te storten verankeringsribben. Met name in Amerika en in het nabije Oosten zijn positieve resultaten met dit systeem behaald.
- b. Een bescherming met een coating van 3 mm dikke epoxy massa en een aflaklaag.

De tot dusver opgedane ervaringen met dit systeem, zij het over relatief korte tijdsduur, zijn positief.

Uitvoeringstechnisch kunnen er met name in de winterperiode t.a.v. doorharding en hechting problemen optreden. Een goede voorbereiding en het kunstmatig creëren van een goede applicatietemperatuur is essentieel om deze beschermklaag met succes te kunnen aanbrengen.

c. Het regelmatig besproeien van wanden en plafonds met water om het gevormde H_2SO_4 weg te nemen.

Met deze methode zijn echter nog geen ervaringen opgedaan maar incidenteel onderzoek heeft een hoopvolle verwachting doen ontstaan.

d. Voor kleine gemalen en leidingen wordt een prefab uitvoering in kunststof als een reële oplossing gezien.

Met betrekking tot de methode c is de duidelijke verwachting dat uitvoeringstechnisch deze methode in vergelijking met de overige relatief weinig problemen behoeft op te leveren.

De investeringskosten zijn hierbij tevens laag in vergelijking met de andere methoden. Ook t.a.v. onderhoud worden weinig kosten verwacht.

6.2. Bestaande constructies

Reparaties met kunstharsmortel, spuitbeton of d.m.v. relining (met name bij rioolbuizen) zullen elk op hun prijstechnische consequenties bekeken moeten worden.

Bescherming van bestaande constructies na reparatie dient beperkt te blijven tot het installeren van een spoelinstallatie.

Aanbevelingen

Nog lang niet alle maatregelen zoals omschreven zijn in praktijk gebracht of uitvoerig beproefd. Dit leidt tot de hierna volgende aanbevelingen.

6.3. Met betrekking tot nieuwbouwsituaties

Teneinde sulfidevorming in het gemaal en in het rioelstelsel zoveel mogelijk te beperken dient de maximale verblijftijd van het afvalwater zo kort mogelijk te zijn. Dit betekent dus een zo klein mogelijke berging zowel in het stelsel als in het gemaal. Om het uittreden van H_2S uit het afvalwater te beperken dient de invoer van het water in de kelder met een minimum aan turbulentie te geschieden (inleiden van rioelbuis onder waterstand in kelder, bochtstraal en bochthoek aanpassen).

De inhoud en de vorm van de natte kelder dient zodanig te zijn dat zo weinig mogelijk ruimte boven het inslagpeil van de pompen

aanwezig is en dat bezinksel tijdens het afmalen wordt verwijderd.

Toevoer van anaeroob water bijv. uit septic-tanks moet worden voorkomen.

Met betrekking tot beschermingsmaatregelen bij nieuwbouw verdient het aanbeveling de toepassingmogelijkheden van andere materialen dan beton nader te onderzoeken.

In een aantal gevallen zal het materiaal dan tevens als constructiemateriaal dienst kunnen doen.

Met name de aspecten als conservering, waterdichtheid en uitvoeringstechniek dienen grondig bekeken te worden.

Ten aanzien van bescherming door spoelen dient nagegaan te worden welke methodiek hiervoor het meest geschikt is.

6.4. Met betrekking tot bestaande situaties

De opstelling van de spoelinstallatie moet nader onderzocht worden. Verder dient bekeken te worden welke materialen en welke typen sproeikoppen gebruikt kunnen worden. Tenslotte verdient het aanbeveling na te gaan welke voorbehandeling het te gebruiken spoelwater moet ondergaan om problemen zoals het dicht gaan zitten van de spoelinstallatie tengevolge van kalkafzetting te voorkomen.

6.5. Met betrekking tot inspecties

Het verdient aanbeveling inspectieschema's op te stellen zodat het onderhoud en het uitvoeren van reparaties (via terugkoppeling van de inspectiegegevens) goed gepland kan worden.

Standaardcriteria-normen dienen opgesteld te worden om resultaten van inspectiegegevens eenduidig te kunnen interpreteren.

7. Tot slot

Het onderzoek van de werkgroep samengesteld uit vertegenwoordigers van het Hoogheemraadschap en DHV Raadgevend Ingenieursbureau heeft geleid tot het rapport 'H₂S en corrosie'.

Oprechte dank spreken wij gaarne uit aan de overige deelnemers van de werkgroep, de heren ing. H. J. van Weesep, ing. L. A. Bentschap Knook, ing. J. W. de Boer, ing. P. H. Meierink, ir. A. E. van Giffen en T. M. C. van de Werf, daar dit samenwerkingverband ook het schrijven van dit artikel heeft mogelijk gemaakt.

Literatuur

1. Concept eindrapport van de Stora, project 60. 'Stankbestrijding anaeroob influent'.
2. Gast, M. K. H., Giffen, A. E. van. *Bestrijding stankbezwaar op de RZI Beemster, Ervaringen, beproevingen, verwachtingen.* H₂O nr. 23 1978.
3. Pomeroy, R. *Protection of Concrete sewers in*

the Presence of Hydrogen Sulfide. Water and Sewage Works, 107 okt. 1960.

4. Schremmer, H. *Ueber Betonangriffe durch Schwefelwasserstoff.* Zement-Kalk-Gips, Jahrgang 17 (1964) Heft 9.

5. Schremer, H. *Ueber Betonzerstörung durch Schwefelwasserstoff.* Strassenbau Technik 14 (1962).

6. Klose Norbert. *Beton in Abwasseranlagen - Chemischer Angriff und Schutzmaßnahmen.* Beton Heft 6, 28 Jahrgang, Juni 1978. Organ des Bundesverbandes der Deutschen Zementindustrie e.V.

7. Concept eindrapport van de CUR commissie B 20. 'Beton bij afvalwaterzuiveringsinstallaties'.

8. Thistlethwaye, D. K. B. *The control of sulphides in sewerage systems.* Butterworths 1972.

9. Pomeroy, R. *Generation and control of sulfide in filled pipes.* Sewage and industrial wastes, september 1959 vol. 32, no. 9.

10. Boon, A. G. *The use of oxygen to treat sewage in a rising main.* Water Pollution Control 1977.

11. Boon, A. G. and Lister, A. R. *Formation of sulphide in rising main sewers and its prevention by injection of oxygen.* Papers 7th international conference on water pollution research 1974, Pergamon press.

