

Het gedrag van beton in contact met afvalwater*

1. Inleiding

1.1. In Nederland wordt al meer dan 100 jaar afvalwater getransporteerd door buizen van beton, terwijl de zuivering van afvalwater al meer dan 50 jaar plaatsvindt in installaties, die grotendeels uit gewapend beton bestaan.

Ernstige aantastingsproblemen deden zich slechts sporadisch voor. Grote belangstelling voor de afvalwaterzuivering kwam nadat de Wet Verontreiniging Oppervlaktewater, van 1969, in werking trad.



IR. J. S. KUYPER

Voorzitter CUR-Commissie B20
Adviesbureau Bongaerts, Kuyper
en Huiswaard, 's-Gravenhage

Naast het stellen van stringente lozingsvoorwaarden wordt de lozing ook belast met een heffing, gebaseerd op de mate van verontreiniging.

Op dit moment zijn in Nederland ruim 530 rioolwaterzuiveringsinstallaties voor 18.000.000 i.e. van de overheid met de erbij behorende rioleringsstelsels, transportleidingen en gemalen en 200 zuiveringsinstallaties bij de industrieën en instellingen in bedrijf.

1.2. Behalve deze ontwikkeling zijn er factoren die ertoe bijdragen, dat in de toekomst meer aantasting van het beton kan worden verwacht.

Deze factoren zijn:

— Rioleringsstelsels en afvalwaterzuiveringsinstallaties verwerkten vroeger afvalwater van in hoofdzaak huishoudelijke oorsprong. Sinds het in werking treden van genoemde Wet is het aandeel industrieel afvalwater in de totale hoeveelheid te behandelen afvalwater relatief toegenomen. Dit industriële afvalwater kan hogere concentraties afvalstoffen van bovendien meer agressieve aard bevatten dan afvalwater van huishoudelijke oorsprong.

Hoewel aan een lozing voorwaarden worden verbonden, die ondermeer tot doel hebben de zuiveringstechnische werken te beschermen zal hieraan, ondermeer door calamiteiten, toch niet altijd worden voldaan. Bij afvalwater van uitsluitend huishoudelijke aard doen zich dergelijke onvoorziene omstandigheden niet voor.

— De temperatuur van het afvalwater neemt toe door een toenemend gebruik van warm water in de huishouding en de

industriële processen. Hogere temperatuur bevordert de H₂S aantasting.

— De zuivering gebeurt tegenwoordig meer regionaal. Daarvoor zijn lange transportleidingstelsels nodig, waarin meer kans op anaerobe condities en de vorming van H₂S dan vroeger.

— De samenleving is inmiddels meer kritisch geworden ten aanzien van de milieuaspecten. Om stankbezwaren te voorkomen worden zuiveringstechnische werken in toenemende mate van de buitenlucht afgedekt. Dit leidt tot een voor H₂S-aantasting gunstiger milieu.

1.3. Het voorgaande werd voor de Commissie voor Uitvoering van Research (CUR) aanleiding een onderzoek in te stellen naar het gedrag van beton in contact met afvalwater.

Dit onderzoek startte in 1975 en omvatte de volgende onderdelen:

- literatuurstudie;
- inspectie van een groot aantal rioolwaterzuiveringsinstallaties;
- inspectie van een aantal rioolgemalen;
- inventarisatie van bekende aantastingsgevallen in rioolleidingen;
- gesprekken met industrieën;
- onderzoek van gedrag van coatings- en toevoegmiddelen in H₂S milieu.

De volgende aspecten van het onderzoek kunnen voor deze conferentie van belang zijn.

2. Inspectie zuiveringsinstallaties

2.1. Ruim 10 % van het aantal rioolwaterzuiveringsinstallaties werd geïnspecteerd, waarbij vooral werd gelet op de aantasting door het rioolwater en het bij het zuiveringsproces vrijkomende gas en slib.

Om een indruk te krijgen van de kwaliteit van het beton werd evenwel ook genoteerd de schade ten gevolge van verwerking, mechanische oorzaken zoals loopwielen en algemene aspecten zoals krimp en andere scheuren, het roesten van de wapening en gebreken in de uitvoering.

Aanvullend werden ter ondersteuning van de waarnemingen bij enkele installaties bovendien nog metingen aan het beton verricht met een Schmidthamer en een betontester. Ook werd de waterabsorptie van het beton en de carbonatatie diepte vastgesteld en de ligging van de wapening bepaald.

Voorts werd zoveel mogelijk informatie over het afvalwater verzameld. De bezochte installaties waren door een a-selecte steekproef verkregen.

2.2. Afb. 1 geeft een overzicht van alle geconstateerde aantastingsgevallen, dus

ook van de fysische en de algemene, uitgedrukt in procenten van het aantal geïnspecteerde onderdelen van de zuiveringsinstallatie.

De zwarte blokken geven de ernstige aantasting aan.

Uit de resultaten van het onderzoek kan worden ontleend, dat chemische aantasting, die vrijwel uitsluitend bestaat uit het uitlogen van de cementsteen door zuren, is waargenomen bij gemiddeld 20 % van de onderdelen (putten, tanks, goten enz.) waaruit een zuiveringsinstallatie is opgebouwd. Ernstige aantasting komt echter slechts voor bij 1 % van deze onderdelen en is alleen waargenomen bij vijzelgoten en voorbezinktanks. Daarbij bleek, dat deze aantasting in de meeste gevallen wel duidelijk een gevolg is van H₂S.

De omstandigheden waaronder H₂S-aantasting werd geconstateerd waren steeds min of meer dezelfde. Er was steeds sprake van sterke turbulentie van het afvalwater, soms nog met intensief spatten, en een zeer vochtige atmosfeer met weinig ventilatie.

2.3. Van het afvalwater is bekend, dat bij tenminste 10 % van de zuiveringsinstallaties H₂S vrijkomt en bij ca. 25 % van de installaties de minimum zuurgraad (pH) beneden de volgens DIN 4030 aangegeven grenswaarde voor agressiviteit komt. In Nederland verwerkt bijna 30 % van de overheidszuiveringsinstallaties overwegend huishoudelijk afvalwater, eveneens 30 % verwerkt een afvalwater met 5 - 30 % industrieel water, terwijl bij ruim 40 % van deze installaties het afvalwater een hoog (> 30 %) industrieel aandeel bevat. Uit het onderzoek is gebleken, dat bij de installaties met overwegend huishoudelijk

Afb. 1.

INSPECTION EXISTING WASTE WATER TREATMENT PLANTS							
LEGEND: A = CHEMICAL ■ MAJOR CORROSION							
B = PHYSICAL □ MINOR CORROSION							
C = GENERAL							
STRUCTURES	NO.	D	20	40	60	80	100%
RECEIVING SUMP	37	A					
SCREW LIFT GUTTER	19	A					
COMMUNICATOR	25	A					
GRIT CHAMBER	36	A					
PRE SEDIM. TANK	47	A					
PERCOLATING FILTER	27	A					
ACT. SLUDGE TANK	12	A					
OXIDATION DITCH	6	A					
SEC. SEDIM. TANK	41	A					
WATER DISTR. TOWER	15	A					
OPEN CHANNEL	25	A					
DIGESTER	14	A					
SLUDGE THICKENING	17	A					
GAS TANK	3	A					
SLUDGE DRYING BED	44	A					
FLOW MEAS. FLUME	11	A					

* Voordracht uitgesproken tijdens de Internationale Workshop 'Schwefelwasserstoff - Korrosion bei zementgebundenen Werkstoffen', 8 en 9 juni 1978 te München.

afvalwater het aantal gevallen van aantasting procentueel de helft is van het aantal bij de overige installaties. Ook bevestigt het onderzoek, dat aeroob huishoudelijk afvalwater niet schadelijk is voor beton van goede kwaliteit.

2.4. In Nederland wordt voor het beton van afvalwaterzuiveringsinstallaties vrijwel uitsluitend hoogoven cement toegepast. Bij ca. 50 % van de installaties bleken één of meer onderdelen inwendig van een coating te zijn voorzien. Het gebruik van coatings neemt af. Het aanbrengen van een poriënvrije goed hechtende coating is een moeilijke opgave. Uit het onderzoek is gebleken, dat het toepassen van coatings leidt tot een geringe vermindering, resp. uitstel van aantastingen.

3. Inspectie rioolgemalen

3.1. Bij 45 gemalen werden visuele inspecties uitgevoerd. Hierbij was de aandacht vooral gericht op de aantasting van het beton in de natte kelders. Deze gemalen waren gekozen uit een opgave verstrekt door de leden van de commissie en zijn derhalve niet a-select vastgesteld. Het onderzoek werd nog uitgebreid met twee gemalen, waarvan bekend was, dat daar ernstige aantasting voorkomt. De gevallen van aantasting zijn zoveel mogelijk onderscheiden in fysische aantasting (verwerking) en chemische aantasting door H₂S.

3.2. Alle fysische aantastingen betreffen geringe verwerkingen van minimaal 2 mm diepte. Ruim de helft van de gemalen zijn ouder dan 10 jaar en vertoont deze niet van groot belang zijnde verwerkingen.

Chemische aantasting, die een gevolg is van H₂S, werd bij 13 gemalen (ruim 30 % van het aantal) gevonden.

Bij één gemaal was deze aantasting ernstig en bedroeg de gemiddelde aantastings-snelheid 2,6 mm per jaar. In 3 gevallen werd een aantastings-snelheid gevonden, die lag tussen de 0,2 en 1,0 mm per jaar. De overige 9 gevallen waren onbelangrijk (snelheid van aantasting 0,1 mm per jaar); bij 32 gevallen kon in het geheel geen aantasting worden geconstateerd (afb. 1A). In de helft van het aantal gevallen waar sprake was van aantasting vertoonde het stromingsbeeld van het afvalwater een sterke turbulentie en kwam tevens ook veel spattend water voor.

3.3. Bij de aanvullende inspectie bij de beide ernstig aangetaste hoofdgemalen bleek de maximale diepte van aantasting 50 tot 60 mm te zijn. De gemiddelde snelheid van aantasting is 7 tot 10 mm per jaar. Naast het optreden van turbulentie en spatten bleek ook, dat een deel van het afvalwater aangerot bij de gemalen komt. Vermeld zij nog, dat bij een van deze twee gemalen de ernstige aantasting pas optrad, nadat de kelders wegens stank-bezwaren waren afgedekt. Bij het andere gemaal varieert de aantasting sterk. Er komen meerdere aanvoerriolen binnen. Nabij de binnenkomst van de riolen met aangerot water is de diepte van aantasting het grootste.

3.4. Uit het onderzoek is gebleken, dat naast de bezwaren die ontstaan door lange aanvoerleidingen met lange verblijftijden, waardoor aangerot water in de gemalen komt, ook de randvoorwaarden, zoals stromingsbeeld, vochtigheid, afdekking en

temperatuur van grote invloed zijn op de H₂S aantasting.

4. Inventarisatie bekende aantastingsgevallen in rioolleidingen

4.1. Ook bij bekende schadegevallen aan riolen en afvoerleidingen is nagegaan waardoor de aantasting is veroorzaakt. In ruim de helft van de gevallen blijkt H₂S de oorzaak te zijn. Clandestiene of incidentele noodlozingen van agressief industrieel water blijken eveneens oorzaken van schaden aan rioolleidingen.

4.2. Niettemin is de situatie in Nederland zo, dat schade aan buizen door aantasting in verhouding tot de totale investeringen aan riool- en afvoerleidingen zeer weinig voorkomt.

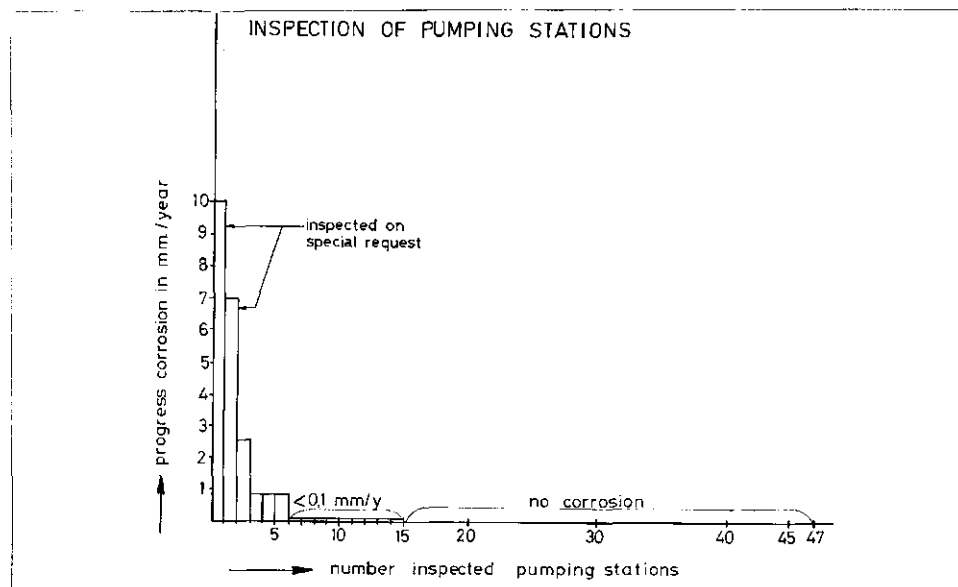
5. Onderzoek gedrag coatings- en toevoegmiddelen

5.1. Een onderzoek is uitgevoerd naar de beschermende werking van coatings- en hulpstoffen voor beton in agressieve H₂S milieus. Hoewel dit onderzoek nog niet is afgesloten is het wel mogelijk de opzet van de proef uiteen te zetten en reeds een voorlopige conclusie te geven. In een laboratorium werden betonblokken vervaardigd van een nauwkeurig omschreven samenstelling met 325 kg hoogoven cement, en watercementfactoren van resp. 0,50 en 0,65.

Twee blokken werden echter van een hoogoven cement met een hoog slakgehalte (80 %) vervaardigd. Aan de betonmortel van enkele blokken werden bovendien de te beproeven hulpstoffen toegevoegd. Uit de blokken werden proefstukken gezaagd en een deel van de zonder hulpstoffen vervaardigde proefstukken werd voorzien van de op de Nederlandse markt verkrijgbare coatings voor beton. Bij het aanbrengen van de coatings werden de voorschriften van de fabrikanten zo nauwkeurig mogelijk aangehouden. Al de proefstukken werden in ijzeren frames ingeklemd. Deze frames met proefstukken werden opgehangen in de corrosieve atmosfeer van een overdekt voorbezinkbassin van een afvalwaterzuiveringsinstallatie (expositieplaats A) en van een afvalwaterpomp gemaal (expositieplaats C). Daarna werden de proefstukken regelmatig geïnspecteerd.

5.2. Na ruim één jaar bleek, dat de proefstukken in het pomp gemaal (expositieplaats C) voor een deel licht waren aantast, doch die in de zuiveringsinstallatie (expositieplaats A) waren nog gaaf. Daar meting van de H₂S gas concentratie leerde, dat deze concentratie in de zuiveringsinstallatie laag was (0,5 tot 0,8 p.p.m.)

Afb. 1A.



werd besloten de betreffende proefstukken over te brengen naar een agressiever milieu in een ander pompemaal (expositieplaats B).

5.3. Bij een gedurende enkele weken uitgevoerde continu meting van de H₂S gas concentratie bleek, dat in het pompemaal (expositieplaats C) de concentratie varieerde tussen 0 en 21 p.p.m.

In het andere pompemaal (expositieplaats B) varieerden de waarden tussen 0 en 73 p.p.m.

In de H₂S gas concentratie komen dus zeer grote fluctuaties voor.

Voorbeelden zijn gegeven in afb. 3.

Deze fluctuaties hangen het nauwste samen met de variaties in de aanvoer van het afvalwater, dag en nacht situaties, pompenregiem enz.

5.4. In afb. 2 zijn de resultaten van het onderzoek voor zover tot begin 1978 bekend samengevat.

In expositieplaats A (overdekte voorbezinktank; H₂S 0,5 - 0,8 p.p.m.) na 12 maanden; geen merkbare aantasting.

In expositieplaats B (vuilwaterkelder pompemaal; H₂S 0 - 73 p.p.m.) na 7 maanden; bij de epoxycoatings geen of geringe aantasting, in de andere gevallen ernstige aantastingen.

In expositieplaats C (vuilwaterkelder pompemaal; H₂S 0 - 21 p.p.m.) na 22 maanden; bij de epoxycoatings geen of geringe aantasting, in de andere gevallen geringe aantastingen.

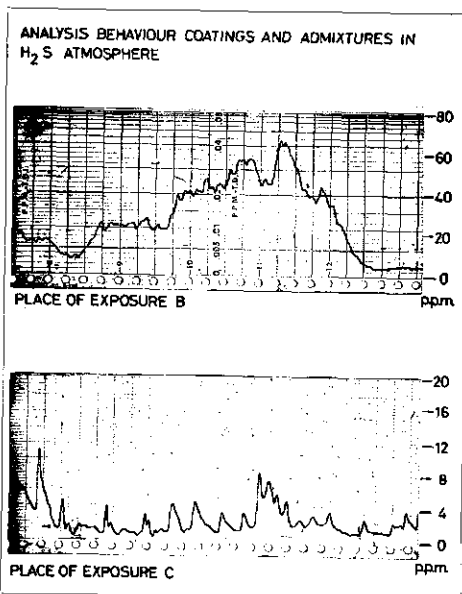
5.5. Het onderzoek wettigt op dit moment de voorlopige conclusie, dat in sterk agressieve H₂S milieus:

Afb. 2.

ANALYSIS BEHAVIOUR COATINGS AND ADMIXTURES IN H₂S ATMOSPHERE

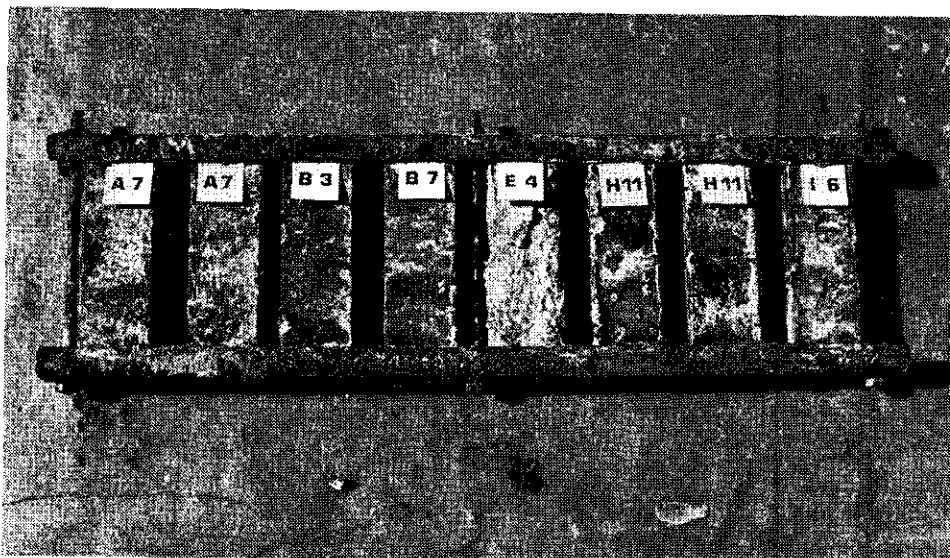
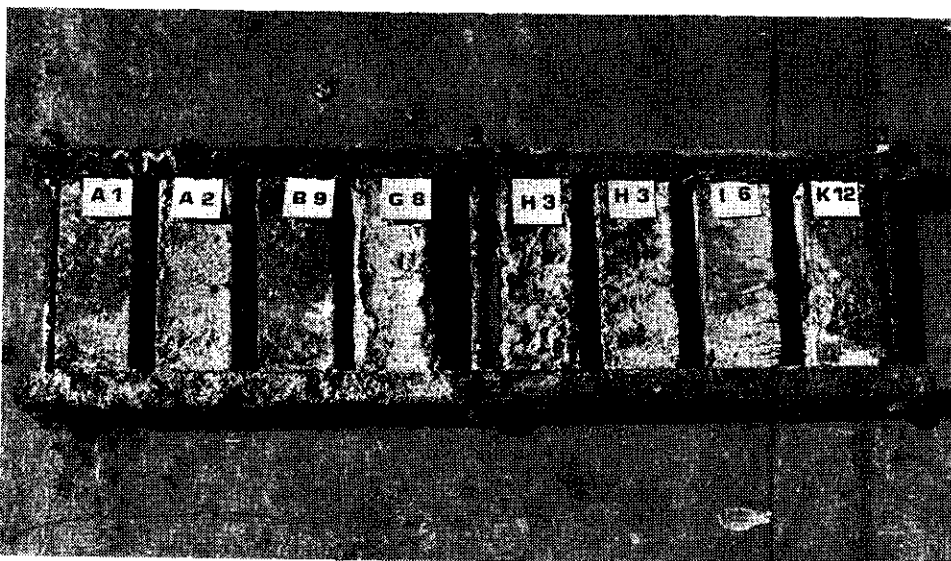
0 = NO CORROSION
 1 = CORRODED CORNERS TESTBLOCKS (MINOR)
 2 = CORRODED CORNERS TESTBLOCKS (MAJOR)
 3 = COMPLETELY CORRODED, MINOR (1 mm)
 4 = COMPLETELY CORRODED, AVERAGE (2.2 mm)
 5 = COMPLETELY CORRODED, MAJOR (2.5 mm)

TEST BLOCK	DESCRIPTION	PLACE OF EXPOSURE					
		A					
		B					
		C					
		H ₂ S CONCENTRATION					
		0-0.8 PPM					
		0-73 PPM					
		0-21 PPM					
		0	1	2	3	4	5
K 12	BLF.CEM(70%)BLANC						(3)
J 13	BLF.CEM(80%)BLANC						(3)
		N					
C 1	POLYVINYL ACETATE						(3)
E 4	FLUATE						(3)
G 8	STEARIN						(3)
		C					
F 6	SILICATE						(4)
		D					
H 3	MOD. TAR RESIDUE						(5)
		R					
H 11	MOD. TAR RESIDUE						(4)
		R					
B 3	TAR EPOXY						(1)
		O					
B 7	TAR EPOXY						(1)
		S					
B 9	TAR EPOXY						(1)
		I					
I 6	EPOXYURETH.CTAR						(1)
		O					
A 1	EPOXY						(2)
		N					
A 2	EPOXY						(2)
		N					
A 7	EPOXY						(0)
		N					
A 10	EPOXY						(2)



Afb. 3.

Afb. 4.



— betonhulpstoffen en teercoatings geen merkbare verbetering van de duurzaamheid geven;

— coatings op basis van epoxy's en teerpoxy's toegepast met een laagdikte, zoals in Nederland tot heden gebruikelijk van 300 - 500 micron geven een geringe vertraging van de aantasting.

6. Conclusies

6.1. Als men de situaties waar beton in contact is met afvalwater in Nederland overziet, dan blijkt dat de gevallen van aantasting zowel in aantal als in mate meevallen. Treedt er echter H₂S aantasting op, dan kan die vaak na korte tijd al ernstig zijn.

6.2. Aantasting kan worden beperkt of voorkomen — hierop kan nooit genoeg de nadruk worden gelegd — door het maken

• Vervolg op pag. 587

Het verdient aanbeveling om bij verdere studies over de invloed van de pH op de afgifte c.q. opname van fosfaat aan sedimenten een techniek te ontwikkelen waar de te kiezen pH binnen nauwe grenzen constant gehouden kan worden, terwijl toch in de ionensamenstelling zoveel mogelijk ongewijzigd blijft.

Het voordeel van NaOH en Ca(OH)₂ is, dat geen vreemde ionen aan het systeem worden toegevoegd. Een nadeel van deze stoffen is, dat NaOH geen, en Ca(OH)₂ slechts een zwak bufferende werking heeft. Een ander nadeel van NaOH is, dat het de Calciumionen concentratie verlaagt, terwijl de natriumionen concentratie stijgt. Bij een beduidende toename stoot dit kennelijk het systeem.

Literatuur

1. Golterman, H. L., Clymo, R. S. and Ohnstad, M. A. M., 1978. *Methods for physical and chemical analysis of fresh waters*. 2nd.ed. IBP handbook no. 8. Blackwell, Oxford. 213 pp.
2. Golterman, H. L., 1973. *Vertical movement of phosphate in freshwater*. In: E. J. Griffith, A. Beeton, J. M. Spencer and D. T. Mitchell (Editors), *Environmental phosphorus Handbook*. John Wiley, Londen, pp. 509-538.
3. Hosper, S. H., 1978. *De ontwikkeling van richtlijnen voor fosfaatconcentraties en fosfaatbelasting voor Nederlandse wateren*. H₂O 11, 329-335.
4. Kouwe, F. A. en Golterman, H. L., 1976. *Rol van bodemfosfaten in het eutrofiëringsproces*. H₂O, 9, 84-87.
5. Lijklema, L., 1977. *The role of iron in the exchange of phosphate between water and sediments*. In: H. L. Golterman (Editor), *Interactions between sediments and freshwater*. Junk, The Hague, pp. 313-316.
6. Ohle, W., 1938. *Die Bedeutung der Austauschvorgänge zwischen Schlamm und Wasser für den Stoffkreislauf der Gewässer*. Vom Wasser, 13, 87-97.
7. Reid, R. P. and Barne, W. C., 1978. *Inorganic particulate phosphates in lakes*. Voordracht tijdens 10th International Congress on Sedimentology. Jerusalem, July 9-14, 1978. Ongepubliceerd.
8. Stumm, W. and Morgan, J. J., 1970. *Aquatic chemistry: an introduction emphasizing chemical equilibria in natural waters*. New York, etc., Wiley, 1970. 583 blz.



Bij toelatingsbeleid geen nieuwe chemische produkten meer

Een delegatie van de Vereniging van Nederlandse Chemische Industrie heeft minister Ginjaar in een gesprek gewezen op de gevaren die een toelatingsbeleid voor chemische produkten zal hebben voor de innovatie in de chemische industrie. Er zullen nauwelijks of in het geheel geen nieuwe chemische produkten meer komen, als het op de markt brengen van nieuwe chemische stoffen aan strenge regels wordt gebonden, zoals Kamerleden hebben gevraagd bij het debat over de begroting van minister Ginjaar. Men verlangde zelfs een vergunningstelsel.

Dat zou volgens de VNCI de nekslag voor de innovatie zijn: het kan jaren duren voor een onderzoek heeft uitgewezen, dat het risico van een nieuwe stof aanvaardbaar is voor de mens en zijn milieu. Zo'n onderzoek kan, naar het huidige prijspeil gerekend, een miljoen gulden per stof kosten.

De chemische industrie heeft de minister meegedeeld, dat zij zich voorzover het in haar vermogen ligt, verantwoordelijk voelt voor de gevolgen van het fabriceren en het op de markt brengen van haar produkten. Zij heeft aangedrongen op regelingen, waarbij een evenwicht wordt gevonden tussen de verantwoordelijkheid van de chemische industrie, de eigen taak van de overheid en de noodzaak tot innovatie. Zij acht dit het best te bereiken door een systeem van aanmelding bij het op de markt brengen van nieuwe chemische produkten (ANP).

Symposium over gebruik van ozon bij de drinkwaterbereiding

Het Internationale Ozon Instituut organiseert op 25 en 26 januari 1979 in Nice een symposium over het gebruik van ozon bij de drinkwaterbereiding. Inlichtingen: IOI Comité Européen, 9 rue de Phalsbourg, F-75854 Paris-Cedex 17.

Brandweercongres in Amsterdam

In de Amsterdamse RAI wordt onder auspiciën van de Ned. Ver. van Brandweercommandanten van 23 t/m 27 januari 1979 een internationale brandweertentoonstelling gehouden. Op 23 en 24 januari wordt in het Congrescentrum een internationaal congres gehouden. Minister Wiegels zal tentoonstelling en congres openen. Nadere informatie geeft de RAI.

● *Vervolg van pag. 570*

Het gedrag van beton in contact met afvalwater

van beton met een goede samenstelling, die vakkundig met zo weinig mogelijk maakwater wordt verwerkt en verdicht en zorgvuldig wordt nabehandeld, zodat een dichte beton met een sterk oppervlak wordt verkregen.

6.3. Het ontwerp en de dimensionering van de betonconstructie dient zodanig te zijn, dat beton met een lage watercement-factor zonder gevaar voor ontmenging goed kan worden verwerkt.

6.4. Bij het ontwerp zijn de volgende aspecten van belang:

- turbulentie, spatten en plonsen van afvalwater vermijden zodat het vrijkomen van H₂S gas wordt beperkt;
- voor goede ventilatie zorgen waardoor vrijgekomen H₂S gas wordt afgevoerd en in een minder vochtig milieu de oxydatie van H₂S tot H₂SO₄ wordt voorkomen;
- vuilwaterkelders van gemalen zo klein en compact mogelijk ontwerpen;
- een oplossing kan zijn de plafonds en de wanden van vuilwaterkelders continu met water te besproeien, waardoor H₂SO₄ vorming wordt voorkomen.

6.5. H₂S vorming kan worden voorkomen door chemicaliën toevoeging aan het afvalwater. Deze methode is kostbaar en is slechts te zien als een nevenvoordeel in het geval op deze wijze stankproblemen bij zuiveringstechnische werken moeten worden bestreden.

6.6. Tenslotte kan nog een coating worden toegepast of toevoegmiddelen worden toegevoegd. Twijfel is gewettigd of deze middelen in agressieve H₂S milieu's voldoen. In die gevallen zullen meer ingrijpende maatregelen nodig zijn. Gedacht kan worden aan 2000 of 3000 micron dikke epoxy lagen, het opnemen van kunststofplaten in de bekisting, en vergelijkbare voorzieningen.

6.7. Het onderzoek is inmiddels nagenoeg afgesloten. Het eindrapport zal in de loop van 1978 verschijnen.

6.8. Nog aandacht zal moeten worden gegeven aan de relatie tussen het sulfaatgehalte in het afvalwater en de H₂S-zwavelzuur aantasting.

Bekend is dat beton vervaardigd van hoogovencement bestand is tegen sulfaatconcentraties in het water van 2000 mg/l en hoger. De in de verordeningen toegestane sulfaatconcentraties zijn aanzienlijk lager; in de orde van 300 - 500 mg/l.

Uit het oogpunt van H₂S-zwavelzuuraantasting zou dit lagere niveau echter misschien zinvol kunnen zijn.

Meer duidelijkheid inzake de relatie tussen sulfaatgehalte en H₂S-zwavelzuuraantasting is derhalve gewenst.