

**DUURZAAMHEID RIOOLLEIDINGEN  
EEN LITERATUURSTUDIE NAAR AANTASTINGSMECHANISMEN**

**IBBC**

**CHO**

**COMMISSIE VOOR HYDROLOGISCH ONDERZOEK TNO**

**RAPPORTEN EN NOTA'S No. 17**

**DUURZAAMHEID RIOOLLEIDINGEN  
EEN LITERATUURSTUDIE NAAR AANTASTINGSMECHANISMEN**

R.B. Polder

**IBBC**

**CHO**

CIP-GEGEVENS KONINKLIJKE BIBLIOTHEEK, DEN HAAG

Polder, R.B.

Duurzaamheid rioolleidingen: een literatuurstudie naar aantastingsmechanismen/R.B. Polder; [red. J.C. Hooghart]. – 's-Gravenhage: Commissie voor Hydrologisch Onderzoek TNO. – III. – (Rapporten en nota's/Commissie voor Hydrologisch Onderzoek TNO; no. 17)

Met lit. opg. – Met samenvatting in het Engels en Duits.

ISBN 90-6743-100-1

SISO 649.1 UDC 620.1:628.2

Trefw.: rioleringen; materiaalonderzoek.

**DUURZAAMHEID RIOOLLEIDINGEN  
EEN LITERATUURSTUDIE NAAR AANTASTINGSMECHANISMEN**

**COPYRIGHT © Nederlandse organisatie voor  
toegepast natuurwetenschappelijk onderzoek  
TNO, 1987**



## INHOUDSOPGAVE

Voorwoord	4
Samenvatting	5
Summary	8
Zusammenfassung	10
1 Inleiding en probleemstelling	13
2 Door de literatuur bestreken gebied	15
3 Inhoud onderzochte literatuur	17
3.1 Vermindering van de duurzaamheid van beton door BZA (Biogene Zwavelzuur Aantasting)	17
3.1.1 Inleiding	17
3.1.2 Het mechanisme van BZA	17
3.1.3 Parameters die BZA bepalen	21
3.1.3.1 Sulfidevorming	21
3.1.3.2 Overdracht naar de atmosfeer	26
3.1.3.3 Zwavelzuurvorming	28
3.1.4 Maatregelen tegen BZA	31
3.1.4.1 Zwavelgehalte rioolwater	31
3.1.4.2 Diverse stroomgrootheden	31
3.1.4.3 Sulfidevorming in het water	32
3.1.4.4 Overdracht van sulfide via de atmosfeer	36
3.1.4.5 De zwavelzuurvorming	36
3.1.4.6 De betoneigenschappen	36
3.1.5 Bescherming van beton tegen BZA	37
3.2 Aantasting van beton door andere mechanismen dan BZA	39
3.3 Vermindering van de duurzaamheid van voegmaterialen	40
3.4 Vermindering van de duurzaamheid van kunststof buizen	40
4 Discussie en ontbrekende kennis	41
4.1 Beton	41
4.2 Andere materialen	42

5 Voorstellen voor verder onderzoek	43
5.1 Nader onderzoek naar de aantasting van beton	43
5.2 Nader onderzoek naar beschermings- en bestrijdings- maatregelen	44
5.3 Kosten en tijdsduur van de voorgestelde onderzoeken	45
Referenties	47





## VOORWOORD

Het hier gerapporteerde onderzoek is tot stand gekomen naar aanleiding van een vraag naar de meest recente inzichten op het gebied van aantastingsmechanismen van rioolleidingen. Deze vraag werd gesteld door de Werkgroep Riolering uit de Contactgroep Stedelijke Hydrologie.

Deze Contactgroep functioneert onder de Commissie voor Hydrologisch Onderzoek TNO. Het onderzoek werd uitgevoerd door het Instituut TNO voor Bouwmaterialen en Bouwconstructies.

Deze studie is een uitwerking van een van de voorstellen gedaan in het rapport "Roolleidingen/Programmavoorstellen voor op innovatie gericht onderzoek", dat werd opgesteld door B.G. ten Dam van IBBC-TNO.

Door de Werkgroep Riolering werd aan het onderzoek bijgedragen met financiële middelen en door inbreng van deskundigheid. De inbreng van Dienst Gemeentewerken Rotterdam, Dienst Openbare Werken Amsterdam, Gemeentelijke Dienst Openbare Werken Enschede, Publieke Werken Tilburg, Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders Lelystad, Ingenieursbureau Witteveen en Bos Deventer, bij dit onderzoek is van groot belang geweest.

De in dit rapport voorgestelde onderzoeken zijn aan de stichting RIONED aangeboden in het kader van de samenwerking tussen de Contactgroep Stedelijke Hydrologie en RIONED.

Ir. F.H.M. van de Ven

## SAMENVATTING

Dit rapport beschrijft de resultaten van een literatuuronderzoek naar de aantasting van rioolleidingen. De literatuur is zowel brongericht als systematisch benaderd.

Het blijkt dat aantasting van beton in riolen door één speciaal mechanisme verreweg de meeste aandacht krijgt in de literatuur. Dit mechanisme staat bekend als Biogene Zwavelzuur Aantasting (BZA).

Het proces loopt kort weergegeven als volgt. Sulfaat in het rioolwater wordt bij gebrek aan zuurstof gereduceerd (door bacteriën) tot sulfide. Dit gaat als zwavelwaterstof via de atmosfeer over naar de condenslaag op het bovenste deel van de buiswand. Bacteriën van enkele soorten Thiobacillus oxideren het sulfide tot zwavelzuur. Het zwavelzuur lost de cementsteen op en het beton verliest zijn samenhang.

Onder voor het proces gunstige omstandigheden kan deze aantasting een materiaalverlies van vele millimeters per jaar veroorzaken.

Dit mechanisme is als zodanig diepgaand onderzocht. Er zijn formules om het optreden van aantasting te voorspellen en om de aantastingssnelheid te bepalen. Er bestaan echter verschillen tussen formules van diverse auteurs en de nauwkeurigheid van de uitkomsten is waarschijnlijk klein. De berekeningen gaan uit van verschillende combinaties van parameters, waarvan de belangrijkste zijn: het verval van de leiding, de dimensies van de leiding (inclusief het bevochtigde oppervlak), het (biochemisch of chemisch) zuurstofverbruik van het rioolwater, de temperatuur, de afvalwaterstroom en de hoeveelheid om te zetten alkali in het beton. De snelheid van de aantasting van de rioolwand kan nader bepaald worden door de pH-waarde van het condensvocht op de buiswand te meten, en het aantal Thiobacilli per eenheid van oppervlak te tellen.

De aantasting van beton door BZA kan worden bestreden door:

- hydraulische maatregelen (snelheid, verblijftijd),
- beluchten van het water of toevoegen van oxiderende chemicaliën,
- beschermen van het beton door coaten,
- beschermen van het beton door bekleden met kunststof materiaal.

Daar de literatuur niet eenduidig is over het belang van diverse parameters, wordt voorgesteld nader onderzoek hiernaar te verrichten, met als

doel de nauwkeurigheid te verbeteren. Verder lijkt het nuttig te zoeken naar moderne (eenvoudig te bedienen en/of geautomatiseerde) meetmethoden ter bepaling van de relevante parameters.

Er blijkt verschil van mening te bestaan over verschillende vormen van chemische bestrijding, en vooral over de kosten daarvan. Het bestuderen van de ervaringen in binnen- en buitenland lijkt een zinvol onderzoek.

Het coaten van beton wordt in de literatuur en door rioolbeheerders als een onvoldoende duurzame bescherming beschouwd.

De onderzochte literatuur geeft weinig informatie over de kwaliteit, de duurzaamheid en de economische aspecten van verschillende bekledingsmaterialen. Voorgesteld wordt hier nader onderzoek naar te verrichten.

Er bestaat verschil van inzicht in de onderzochte literatuur over de beste betonsamenstelling (in het licht van bestandheid en optimale duurzaamheid). Vooral de keuze van de cementsoort maar ook van het toeslagmateriaal, kan grote invloed hebben op de levensduur. Er wordt aanbevolen verder onderzoek te verrichten naar deze voor de Nederlandse praktijk belangrijke kwestie.

Andere aantastingsprocessen die mogelijk van belang zijn voor de duurzaamheid van riolen komen in de onderzochte literatuur slechts in geringe mate voor. Hierbij kan gedacht worden aan:

- Aantasting van beton door andere mechanismen dan BZA. Beoordeling van het (omringende) milieu op basis van DIN 3040 en TGL 11357 voldoet hier waarschijnlijk.
- Aantasting van elastische voegmaterialen, onder andere door bacteriën. Het belang hiervan kan moeilijk worden aangegeven, en zou nader kunnen worden bekeken.

Het rapport wordt afgesloten met kort geformuleerde voorstellen voor nader onderzoek, te weten:

- onderzoek naar de aantastingssnelheid van beton als functie van de samenstelling, met de nadruk op de cementsoort en het type toeslagmateriaal;

- onderzoek naar de geldigheid van diverse voorspellende formules, waaruit mogelijk een voorspellend model zal resulteren;
- onderzoek naar moderne, eenvoudige en/of geautomatiseerde meetmethoden ter bepaling van de relevante rioolparameters (hydraulisch, chemisch);
- onderzoek naar de economische en technische aspecten van bekledingsmaterialen voor beton;
- onderzoek naar economische en technische aspecten van chemische bestrijdingswijzen van sulfidevorming in riolen;
- onderzoek naar de mechanismen bij de aantasting van afdichtingsmaterialen en naar het functioneren van de afdichtingen op langere termijn.

## SUMMARY

This report gives a survey of the literature on degradation of sewer pipes.

One particular mechanism of degradation of concrete sewer pipes dominates the literature. It is known as Biogenic Sulfuric acid Attack (BSA). It can be summarized as follows. Under anaerobic conditions sulfate in the sewage is reduced to sulfide by the action of bacteriae. At the pH values usually prevailing in sewers hydrogen sulfide is liberated to the atmosphere in the form of hydrogen sulfide (hence the traditional term Hydrogen sulfide Corrosion), where it is absorbed by the water film covering the upper surface of the pipe. Here aerobic conditions prevail, allowing Thiobacilli to oxidize the sulfide to sulfuric acid, which in turn dissolves the hardened cement paste, causing loss of integrity of the concrete.

Under conditions favourable for the process BSA can cause a loss of material of many millimeters per year.

The mechanism of BSA has been thoroughly investigated, resulting in several equations to predict the occurrence of attack and its rate. Calculations involve various combinations of: dimensions of the pipeline, oxygen content and demand of the sewage, temperature, sewage flow and alkali content of the concrete. However, differences exist between various authors' equations, and their accuracy is considered to be poor.

Once the attack has started its intensity can be estimated from the pH of the water film on the upper part of the pipe and from the number of Thiobacilli per unit surface area.

In order to elucidate some of the existing controversies three studies are proposed concerning the parameters governing BSA. One programme investigates the influence of concrete parameters (cement type, e.g. portland vs blast furnace slag cement, aggregate type, quartz vs limestone etc) on the rate of degradation. The second programme is aimed at the influence of sewer parameters (oxygen content and demand, flow rate, temperature etc) on the occurrence of sulfuric acid production. A third study will investigate the possibilities of measuring the relevant

parameters by means of either automated methods or equipment that can be operated by relatively unskilled personnel.

Concrete pipes can be protected against BSA by:

- hydraulic measures (e.g. flow rate),
- aerating the sewage or the addition of chemicals,
- surface coatings,
- linings of impervious material.

The various chemical methods of reducing sulfide build up are judged very differently in literature (especially with respect to costs). In addition to the aforementioned research projects it is proposed to investigate the existing experience with these methods, including the economic aspects.

Surface coating for concrete protection in sewers is rejected by the majority of the sources investigated, because the coatings invariably get detached after a short time.

Protection of concrete by inert, polymer linings is regarded as successful, but the choice of the material seems to be a matter of taste. An investigation is proposed into the economic and durability aspects of polymer materials both for new pipes and for relining existing pipes.

The degradation of concrete by the surrounding soil or water can be evaluated using existing Standards.

Very little information has been found concerning the degradation of the flexible joint materials, e.g. caused by bacterial attack. However, this may be of importance in connection with the inflow of groundwater (leaving cavities), or the outflow of sewage (causing pollution problems). A research programme concerning this matter is proposed.

## ZUSAMMENFASSUNG

Dieser Bericht beschreibt die Ergebnisse einer Literaturforschung nach dem Angreifen der Kanalisationsrohren. Die Literatur ist sowohl quellenmässig als auch systematisch angegangen worden.

Es stellt sich heraus dass das Angreifen Betons in Abwasserkanälen von einem besonderen Mechanismus weitaus die grösste Aufmerksamkeit in der Literatur auf sich zu lenken weiss. Dieser Mechanismus ist bekannt als Biogene Schwefelsäure Korrosion (BSK). Der Prozess vollzieht sich kurz wiedergegeben folgendermassen. Das Sulfat im Abwasser wird in Ermangelung Sauerstoffes (durch Bakterien) zu Sulfid reduziert. Jenes geht als Schwefelwasserstoff durch die Atmosphäre über in die Kondenswasserschicht auf dem obersten Teil der Rohrwand. Bakterien einiger Sorten von Thiobacillus oxidieren das Sulfid zu Schwefelsäure. Die Schwefelsäure löst den Zementstein auf und der Beton verliert seine Kohäsion.

Unter Umständen die dem Prozess begünstigen kann dieses Angreifen einen Materialverlust von jährlich vielen Millimetern verursachen.

Dieser Mechanismus ist als solcher gründlich untersucht worden. Es gibt Formeln die die Erscheinung des Angreifens und dessen Geschwindigkeit vorhersagen und bestimmen können. Es bestehen jedoch Unterschiede zwischen Formeln verschiedener Autoren und die Genauigkeit der Ergebnisse ist wahrscheinlich klein. Die Berechnungen gehen aus von verschiedenen Kombinationen von Parametern deren wichtigste sind:  
das Gefälle der Leitung, die Dimensionen der Leitung (einschliesslich der befeuchteten Oberfläche), der (biochemische oder chemische) Sauerstoffverbrauch des Abwassers, die Temperatur, der Abwasserabfluss, die umzusetzende Alkalimenge im Beton.

Die Angreifgeschwindigkeit der Kanalisationswand kann näher bestimmt werden durch den pH-Wert der Kondensfeuchtigkeit auf der Rohrwand zu messen, und die Thiobacillenzahl pro Oberfläche-Einheit zu zählen.

Das Angreifen Betons durch BSK kann vorgebeugt werden durch:

- hydraulische Massnahmen (Geschwindigkeit, Aufenthaltszeit),
- Belüften des Abwassers oder Zufügung oxidierender Chemikalien,
- Schätzung des Betons durch Beschichtungen,



















































































































