

Corrosion par H₂S

Phénomène – Risque - Solution

ir. L. Vancalbergh

1. Enquête

Une enquête CEOCOR a mis à nu que sur environ 120 cas de corrosion recensés en Belgique, France, Luxembourg et Suisse, 24 % sont dûs à des phénomènes H₂S.

Note: autres dénominations pour les phénomènes H₂S sont corrosion par H₂S ou attaques biogéniques par l'acide sulfurique (H₂SO₄).



La littérature montre des chiffres équivalents. En Allemagne **20%** des égouts sont touchés par la corrosion H₂S⁽¹⁾; A Los Angeles **10%** des égouts sont touchés par la corrosion H₂S⁽¹⁾; Aux Pays-Bas **1600 km** d'égouts sont touchés par la corrosion H₂S; coût des opérations de renouvellement est de l'ordre d'un milliard d'euro⁽²⁾.

⁽¹⁾ Exposé de Mme. E. Vincke - LabMET R.U.G. dans la journée d'étude Vlario du 26/04/2000

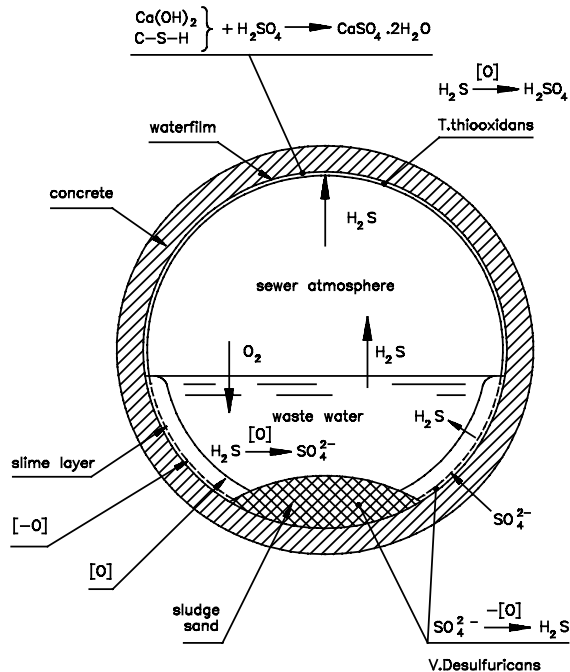
⁽²⁾ Exposé de ir. W.J.P. Worst & ing. J.A.M. Stolker - Grontmij dans la journée d'étude Vlario du 26/04/2000

Aux endroits où sont détectées des Attaques H₂S, on peut mesurer une vitesse de corrosion d'environ 3cm/10 ans avec le risque que l'armature soit sérieusement attaquée dans les 10 années.

2. Mécanisme de la corrosion par H₂S.

Les dernières années, des essais effectués par plusieurs instituts universitaires, ont démontré que le H₂S ressenti dans les égouts ne sent pas uniquement comme des

oeufs pourris, détectable à plusieurs endroits aux taques des regards. Le H₂S entame aussi un processus d'oxydation sur la paroi du béton des égouts et des collecteurs en transformant le H₂S en acide sulfurique agressif H₂SO₄.



Ce phénomène a été largement décrit au colloque CEOCOR 2000 à Bruxelles.

Note: plus d'information sur les mécanismes de la corrosion par H₂S est reprise dans l'exposé "Corrosion in sewer pipes – predictable" Cinquième Colloque International CEOCOR – Bruxelles 2000 – exposé par A. Beeldens, D. Van Gemert, Katholieke Universiteit Leuven, Belgium.

Dans des conditions laboratoires, le H₂S peut éliminer même quelques mm du béton par semaine. Ceci a déjà provoqué des attaques de façon significative des égouts et

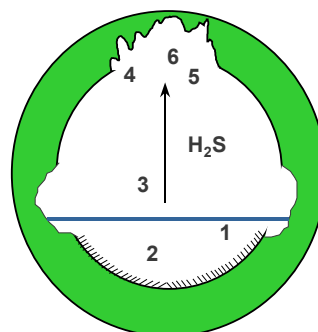
collecteurs, qui exigent une rénovation après moins de 15 ans d'exploitation, là où la durée de vie était pondérée à 50 à 100 ans.

Les grandes concentrations de H₂S dans les égouts demanderont plus d'attention pour la dégradation et la protection des égouts. L'absence d'intérêt dans ce sujet n'accumulera que les phénomènes de corrosion par H₂S.

3. Origine

C'est une erreur de penser que cette corrosion est dûe à une décharge industrielle. Loin de là. La corrosion par H₂S se produit à partir des eaux usées purement domestiques.

4. Configuration des dégâts



Dû à l'effet de cheminée dans la section de l'égout, la dégradation se manifeste au niveau de la nappe du liquide et au point haut de l'égout.

Vu que les gaz montent dans les regards, ceux-ci sont très sensibles à l'attaque H₂S



Note: remarque que même les supports en fonte de la taque sont gravement corrodé par le H₂S

5. Modèles de prédiction

Plusieurs modèles pour évaluer le risque de corrosion existent. Il n'y a qu'à les utiliser!

Ces modèles ont été repris dans le "Projet de Recommandation - **CORROSION ET PROTECTION DES OUVRAGES PUBLICS D'ASSAINISSEMENT**" du CEOCOR.

Entre autre:

- Evaluation du risque de production d'H₂S selon la méthode de Fayoux;
- Evaluation Z du risque de production d'H₂S selon Pomeroy;
- Modèle de Pomeroy.

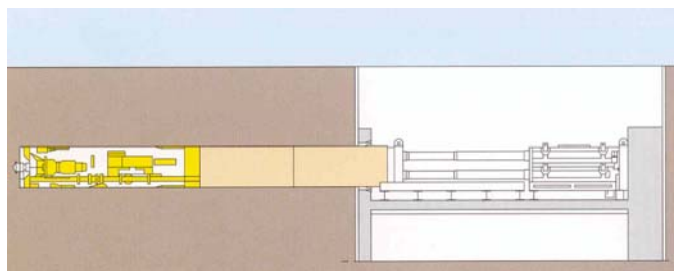
6. Prédiction des zones d'attaque H₂S

6.1. Corrosion due à la longue traversée dans les collecteurs.

Les calculs suivant les modèles susmentionnés montrent qu'après une traversée de 4 km, la corrosion dans les collecteurs sous pente de 2/1000 est presque une certitude.

6.2. Situation spécifique des fonçages

Le choix d'une méthode d'exécution par fonçage se fait souvent pour minimaliser les coûts sociaux. Il est très important que ces ouvrages maintiennent leur fonctionnement pendant toute leur vie présumée.



Afin d'éviter toute attaque H₂S il est fait preuve de bonne gestion d'équiper ces tuyaux de fonçage avec des couches de protection, ou mieux d'utiliser des matériaux non corrodables comme tubes de fonçage.

6.2. Après des conduites sous pression

Les conduites de refoulement contiennent une grande quantité de H₂S dissous. Une fois versée dans l'égoûts ces gaz dissous se libèrent et provoquent l'attaque par H₂S, non seulement à l'endroit de décharge, mais sur toute la longueur jusqu'à la fin du collecteur.



Note: corrosion H₂S d'un égout à plus de 200m en aval du point de décharge d'une conduite sous pression.

6.3. Stations de traitement des eaux.



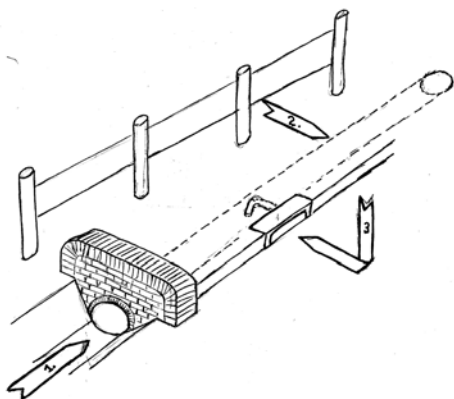
Les eaux usées traitées dans les stations comportent une grande teneur en air. Le tassement des conduites de proces créent des points hauts où des poches d'air se forment. Ces poches d'air sont isolées de l'extérieur et très vite la quantité importante de H₂S provoque la corrosion avec une perforation du tube endéans les 10 ans d'exploitation.

Note : corrosion H₂S d'une ligne de proces dans une station d'épuration d'eau usée due au tassement avec création d'un point haut. La forme en V de la dégradation est facilement détectable.

7. Influence des systèmes séparatifs, systèmes unitaires “Dilution, une solution pour la pollution?”

Dans pas mal de cas, les effluents qui arrivent aux stations d'épuration d'eaux usées n'ont même pas la charge DOB et DOC suffisante pour permettre une épuration efficace.

La dilution des eaux usées est un mal qui se manifeste dans tout pays.



La dilution est d'une provenance triple:

- courant 1 - les effluents des ruisseaux entrant en amont des égoûts (souvent encore des ruisseaux couverts des siècles précédents);
- courant 2 - les infiltrations des eaux aquiphères à travers des parois d'égoûts peu ou non étanches;
- courant 3 - les eaux de pluie.

Souvent des spécialistes prétendent que la modification des égoûts unitaires en séparatifs va augmenter de façon significative la charge épurable apportée par les égoûts. C'est faux.

Les eaux de pluie dans les égoûts n'entrent que par temps de pluie, donc par intermittence. Elles ne provoquent pas de dilution par temps sec.

D'autre part les entrées d'effluents des ruisseaux et les infiltrations des eaux aquiphères sont indépendantes de la pluie et provoquent une dilution continue. Il est donc beaucoup plus important de couper les effluents des ruisseaux et de construire des égoûts et collecteurs complètement étanches que d'investir des masses d'argent dans la transformation des systèmes unitaires en systèmes séparatifs.

Ceci prouve que l'attaque H_2S , ne se manifestant qu'en période de temps sec, est aussi bien présente en égoûts et collecteurs de type unitaire comme séparatif.

Note: une infiltration de $1 \text{ l/m}^2/\text{h}$, souvent détectée dans des conduites en service, dans un collecteur DN400 de 5 km (distance min. entre le point de décharge domestique au station d'épuration d'eau) provoque une dilution dans un collecteur posé en pente de $2/1000$, de

DN 400		Dilution DTS
Système séparatif	2DTS	5%
Système unitaire	6DTS	12%
Système unitaire	12DTS	22%

Il s'agit donc de construire des conduites complètement étanches (infiltration zero) vis-à-vis des infiltration aquiphères.

D'autre part il faut noter qu'un matériau permettant une infiltration, permet aussi une exfiltration des eaux polluées du même quantité.

Il est absolument nécessaire de vérifier l'étanchéité absolue des égoûts à 100% sur toute la longueur du tracé.

Pour les systèmes séparatifs les exigences actuelles d'étanchéité ne sont plus efficaces. A ce jour des fuites pour des systèmes unitaires de 0,1 l/m²/h sont tolérées. Il serait mieux de s'aligner avec le CUR 51 qui exige :

- 80 ml/m²/h pour des égouts des eaux usées domestiques ;
- 0,1 ml/m²/h pour des égouts des eaux usées industrielles ;
- 1 ml/m²/h pour des égouts des eaux usées industrielles équipées d'une détection de fuite ou de système de surveillance.

Dû à leur charge polluante, les systèmes séparatifs devraient être conçus comme des systèmes industriels.

8. Les paramètres actuels

L'élimination des fuites diluant les aménagements des eaux usées, augmente fondamentalement

- la charge des effluents ;
- la température des effluents (en 1990 température des eaux usées estimées à 15°; en 2002 température des eaux usées mesurée à $\pm 20^\circ$)

Les dégâts provoqués par le phénomène H₂S s'accumuleront vu que la température est un paramètre fondamental dans la corrosion H₂S.

9. Exigences aux matériaux

Vu que c'est très difficile d'éviter la production de H₂S dans les égouts il est nécessaire d'utiliser des matériaux résistants à la corrosion H₂S.

Lors de la dégradation par le phénomène H₂S, multiples études ont démontré des pH sur les parois des égouts loin en dessous de pH1.

De là l'exigence que les matériaux qui peuvent entrer en contact avec le phénomène H₂S doivent démontrer que leurs caractéristiques ne changent pas substantiellement en contact avec l'acide sulfurique à une concentration de 0,5 mol par litre.

10. Valeur résiduelle d'une conduite attaquée par le phénomène H₂S

On a constaté lors des rénovations que le H₂SO₄ entre dans tous les pores du matériel attaqué par le phénomène H₂S. Ce n'est que la surface qui se transforme en plâtre. Dans l'opération de nettoyage cette couche de plâtre est enlevée et souvent on pense que le matériel en dessous est vierge.



Formations blanchâtres quinze jours après nettoyage de l'égoût attaqué par le phénomène H₂S. On remarque les armatures et la réformation de gypse, provenant de l'acide sulfurique qui reste dans les pores du matériel.

C'est faux. En faisant une seconde inspection quelques semaines après le nettoyage, on constatera, même dans un égoût attaqué par H₂S hors fonction, une nouvelle formation de plâtre. Ceci provient du H₂SO₄ infiltré dans les pores.

On peut être sûr que, dans les égoûts renouvés après attaque par H₂S, le phénomène H₂S se poursuivra.

Il est donc impératif d'utiliser lors de la rénovation des matériaux non corrodables par H₂S, et de concevoir la rénovation sans tenir compte des caractéristiques de la conduite existante. Une explication plus détaillée a été

établi à la conférence technique CEOCOR de Biarritz le 4 octobre 2001.

Une conduite attaquée par H₂S n'a donc plus de valeur résiduelle!

11. Résistance des ciments

Souvent des auteurs de projets font l'erreur de penser que les égoûts sont résistants au phénomène H₂S en utilisant de ciment HSR (High Sulphate Resistant ciments)

Rien n'est plus faux. C'est une confusion de deux phénomènes de corrosion des matériaux cimenteux.

D'un côté la formation "**d'étringite**". Elle se présente en contact avec des sulfates. Celle-ci va de pair avec une augmentation considérable du volume du béton, ce qui provoque des tensions dans le béton et entraîne un écaillage de la surface. Cette forme de dégradation se produit essentiellement avec le ciment portland, en raison des quantités plus importantes de C₃A. De là, la règle de bonne pratique d'utiliser des ciments à pourcentage bas d'alcali dans les matériaux en contact avec des eaux usées (ciments HSR). Le phénomène de formation d'étringite dépend fondamentalement du ciment employé.

D'autre côté "**l'attaque H₂S**", qui est une attaque acide. Il va de soi que les ciments, même de type HSR, ne résistent pas aux acides H₂SO₄ à pH < 1.

12. Solution possible

Dans tous les cas où la moindre attaque par H_2S peut être attendue, l'usage des couches de protection ou des matériaux non corrodables dans la masse seront utilisés.

Ces matériaux doivent certifier leur résistance contre l'attaque H_2S comme indiqué dans le paragraphe 9.



Une méthode satisfaisante est d'utiliser des matériaux PRV. Ils prouvent leur résistance par l'essai de **corrosion sous tension** comme spécifié dans la norme Européenne **EN1120** avec spécifications reprises dans la norme **prEN 14364**.

13. Exemples de mise en oeuvre avec un matériel non corrodables

- L'emploi de HOBAS CC-PRV dans les installations de traitement d'eaux usées



Bassin de décantation - Puisard des boues
Tubes d'entrée de l'effluent et d'évacuation de boue



Passage des tubes entre les bassins



Vue sur les conduites avec tracé complexe
Fond du bassin de décantation

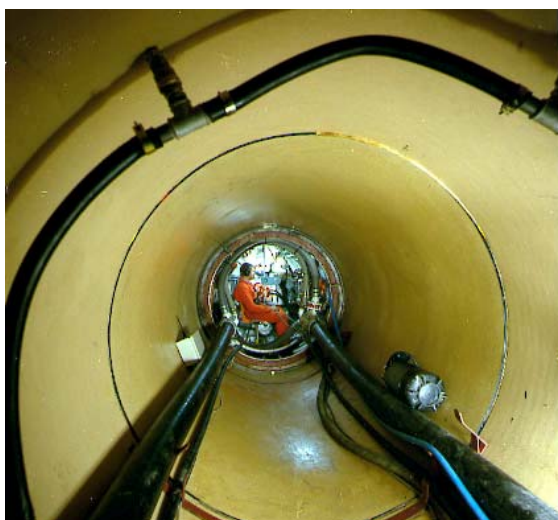
- HOBAS CC-PRV en fouilles ouvertes - égouts, collecteurs et bassins de rétention



Bassin de rétention DN 2200 avec chambre déversoir et puisard de pompage préfabriqué.

- HOBAS CC-PRV pour conduites sous pression y compris les chambres d'aérateurs

- Fonçages avec HOBAS CC-PRV



Fonçage DN1800 par microtunnelier
Remarque l'étanchéité parfaite des tubes HOBAS CC-PRV



Mise en place d'une station intermédiaire

- rénovation par tubage avec HOBAS CC-PRV



Rénovation structurante pour convoi lourd par tubage HOBAS CC-PRV en dessous des pistes de l'aéroport Schiphol

- HOBAS CC-PRV en conduites sous pression pour l'eau potable



Zertifikat über ein DVGW Prüfzeichen
certificate for a DVGW test mark




DW-8421AS2893
Registernummer
registration number

Anwendungsbereich field of application	Produkte der Wasserversorgung products of water supply
Zertifikatshaber owner of certificate	Hobas Rohre GmbH Göwenpark 1 / Hellfeld, D-17034 Neubrandenburg
Vertreiber distributor	Hobas Rohre GmbH Göwenpark 1 / Hellfeld, D-17034 Neubrandenburg
Produktart product category	Kunststoff-Druckrohre für endverlegte Leitungen; Druckrohr, Formstück u. Rohrverbindung aus UP-GF, Fert.-Gr. 3 (B421)
Produktbezeichnung product description	Formstücke aus GFK (UP-GF), Druckstufe PN 10/ PN 16 (SN 5000/10000)
Modell model	GFK-Formstücke "Hobas"
Prüfberichte test reports	Mechanik: B86/5691-3+4-99 vom 05.11.2002 (TKS) Hygiene: KR 196B/02 vom 10.10.2002 (TZW)
Prüfungslagen basis of type examination	DVGW VP 515 (01.07.1996) BGA KTW (07.01.1977)
Ablaufdatum / AZ date of expiry / file no.	14.10.2005 / 02-0439-WNV

15.01.2003 PL A110
DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V.
Technisch-wissenschaftlicher Verein
Zertifizierungsstelle
Jusel-Straße 1-3
D-50123 Bonn
Telefon: +49 (0)291 91 88 807
Telefax: +49 (0)291 91 88 902
DAT-Z2005/96-01

Certificat eau potable

Allemand

ÖVGW-Zertifikat
über die Verleihung des Rechtes zur Führung der
ÖVGW-Qualitätsmarke Wasser

Registernummer
W 1.277

Gültigkeitsdauer
bis Ende September 2004

Inhaber und Vertrieb in Österreich
HOBAS Rohre GmbH
A-9273 Klein St. Paul, Waidorf

Hersteller
Hobas Rohre/A

Prüfung
Erweiterte Überwachungsprüfung
Prüfbericht
45341 vom 17.04.2001

Prüfungslagen
PKW 401 (Ausp. Mai 2000)

Produkt
Schleuderröhre, Rohrverbindungen und Formstücke
aus glasfaserverstärktem Kunststoff (GF-UP)
für endverlegte Trinkwasserleitungen, 20 °C

Nennmaß:
DN 150, 200, 250, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900,
1000, 1200, 1400 mm
Stärkeklassen:
SN 625, 1050, 2000, 5000, 10000 N/m²

Die Verleihung erfolgt unter Zugrundelegung der W 30
Qualitätsmarke Wasser. Bedingungen für das Verfüh-
ren der Zuerkennung der Qualitätsmarke der Öster-
reichischen Vereinigung für das Gas- und Wasserfach
(ÖVGW) aufgrund von Prüfungen von Erzeugnissen,
die in der Wasserversorgung Verwendung finden.

Wien, 3. Mai 2001

Dipl.-Ing. Richard Kock
Leiter der Zertifizierungsstelle

Autrichien

SVGW
Schweizerischer Verein des
Gas- und Wasserfaches
Grüßlistrasse 44
CH-8027 Zürich

ZERTIFIZIERUNGSSTELLE WASSER



ZERTIFIKAT NR. 9212 - 2871

Auf Antrag der Firma:
Hobas Rohre AG, Klärstrasse 254, CH-4617 Gunzgen

vom **11.12.1992** erteilt der Schweiz. Verein des Gas- und Wasserfaches
aufgrund des Reglementes WITPW 101 nachfolgende Zulassung:

Produkt: **Bodenleitungen und Verbindungen**
Bezeichnung: **GFK Rohr**
Typen: **Hobas SN 2500, -5000, -10000**
DN: 300...1000 PN: 6/10/16 l = 40 °C

Zertifizierungsgrundlage: **SVGW PKW, DIN 16869 Teil 1+2, 19665, RAL R 1.8.1/8+7.8 1/8**

Der Auftraggeber ist berechtigt, diese Gegenstände als -SVGW geprüft & zugelassen-
anzubieten und das eingetragene Konformitätszeichen zu verwenden bis zum **31.05.2003**

Bemerkungen: **Fremdüberwachung**

Index:

Zürich, **10. September 1998**

H. Franzen
Geschäftsleitung

Vol. Ham
Zertifizierungsstelle Wasser

Suisse

14. conclusion



HOBAS CC-PRV

- Complètement étanche
- Non corrosif
- Toute méthode d'exécution
fouille ouverte
fonçage - microtunellage
rénovation par tubage
préfabrication regards, puisards
- Toute application
eaux usées
eaux potables
eaux industrielles