

Afbeelding 1: Te monitoren stalen, opgehangen net boven de waterlijn.



## Proefprojecten zwavelbeton: stand van zaken

In vorige edities van dit blad (Riorama 2, p. 22-23 en Riorama 8, p. 20-21<sup>1</sup>) kon u al kennismaken met de eigenschappen van zwavelbeton als innovatief bouw materiaal. Rioleringsproducten uit zwavelbeton combineren de monoliete robuustheid en het plaatsingsgemak van betonnen elementen met de zuurbestendigheid van gres. Na deel 1 'geprefabriceerde toegangs- en verbindingsputen van ongewapend zwavelbeton' wordt momenteel het 2e deel van PTV 823 'buizen en hulpstukken van ongewapend zwavelbeton' behandeld in de adviesraad bij Copro vzw.

### Vijf proefopstellingen bestaande uit toegansputten en buizen

In het verleden werd zwavelbeton uitvoerig getest, onder meer zijn weerstand tegen zwavelzuuraantasting. Schijven in zwavelbeton werden onderworpen aan versnelde aantastingsproeven in het Gentse Labo Magnel, gespecialiseerd in betononderzoek, onder leiding van Prof. Dr. ir. Nele De Belie: "Het zwavelbeton heeft een zeer dichte structuur en zuren krijgen nauwelijks vat op het materiaal. Door de complexiteit van het proces van biogene zwavelzuuraantasting (N.V.D.R. zie kaderstuk) is het zeer belangrijk om de experimenten in het laboratorium te valideren via proefprojecten in situ." Daarom zocht Aquafin locaties uit, meestal in de buurt van een persleiding, gekenmerkt door hoge biogene zwavelzuuraantasting. De vijf proefprojecten werden in juni en september van vorig jaar geplaatst in Diest, Lanaken, Blankenberge, Ardoorie en in Gellik. Om de evolutie en het gedrag van het materiaal te kunnen vergelijken en in kaart te brengen, werden een aantal stalen samen met een H<sub>2</sub>S-datalogger opgehangen net boven de waterlijn in de respectievelijke toezichtputten. Het te monitoren materiaal bestaat uit:

- een kubus in zelfverdichtend beton van 150x150x150 mm (CEM I 52.5 R HSR LA water/cement-factor 0.41);
- een zwavelbetonnen kubus van 150x150x150 mm;
- een zwavelbetonnen schijf Ø210 mm x H 70 mm.

Er werd een RVS-frame in de gietijzeren putrand geplaatst waaraan de stalen werden opgehangen (Afbeelding 1).



Afbeelding 2: ZVB-kubus voor weging.



Afbeelding 3: ZVB-kubus na weging.

### Eerste resultaten

Tijdens de laatste monitoring in december van afgelopen jaar werden al een aantal spectaculaire evoluties vastgesteld. De pH-waarden gemeten op de condensatievloeistof van de zwavelbetonkubussen lagen tussen 0 en 2, wat hoge zwavelzuurconcentraties zijn. Deze lage pH-waarden wijzen duidelijk op het uitblijven van een neutralisatiereactie. Het zwavelbeton wordt met andere woorden niet aangetast. Dat er zich geen uiterlijke wijzigingen voordoen, op enkele roestvlekken afkomstig van het deksel na, bevestigt nogmaals de zuurbestendigheid van het materiaal.

Bij de betonnen referentiekubussen echter werden pH-waarden in de condensatievloeistof gemeten tussen 6 en 9,5. Een staal gaf zelfs een extreme waarde pH ≤ 2 weer. Als je weet dat de normale pH van dit beton 12,5 à 13 is, dan wijst dit duidelijk op een chemische reactie. De kubus met pH ≤ 2 vertoonde al na zes maanden blootstelling massaverlies en gipsvorming (Afbeeldingen 2 en 3). De andere kubussen vertonen duidelijke wijzigingen in uitzicht. (Door Guy Doumen, R&D riolering, Beton De Bonte NV)

### • [www.thiotube.com](http://www.thiotube.com)

(1) U kunt deze artikels lezen op [www.riorama.be](http://www.riorama.be) > reeds verschenen. (2) TAP staat voor toestel voor versnelde aantastingsproeven

"Het zwavelbeton heeft een zeer dichte structuur en zuren krijgen nauwelijks vat op het materiaal. Door de complexiteit van het proces van biogene zwavelzuuraantasting is het zeer belangrijk om de experimenten in het laboratorium te valideren via proefprojecten in situ." – Prof. Dr. Ir. Nele De Belie

### BIOGENE ZWAVELZUURAANTASTING IN DE PRAKTIJK

Ondanks de Vlarem-wetgeving, die een lozingsnorm oplegt met als ondergrens pH ≥ 6, worden we de laatste decennia geconfronteerd met zuuraantasting aan betonnen afvalwaterleidingen. Dit is niet het gevolg van het niet respecteren van de lozingsnorm, maar wordt veroorzaakt door bacteriën die de pH spectaculair doen dalen. Dit heeft niet alleen zware gevolgen voor de duurzaamheid van het materiaal op zich, maar daarbovenop vormt dit een risico op bodemverontreiniging met een financiële kater tot gevolg. Een van de meest agressieve schademechanismen in cementbeton is biogene zwavelzuuraantasting. Al in 1945 onderzocht Parker deze aantasting in beton door bacteriën beter bekend onder de naam *Acidithiobacillus*.

Als een afvalwaterstroom anaeroob is (geen zuurstof aanwezig), reduceren bepaalde bacteriën, waaronder de *Desulfovibrio*, vanuit een slijm laag of een afzetting op de bodem van de buis, zwavelhoudende organische stoffen<sup>1</sup> tot sulfiden. Hoe lager de pH van het afvalwater, hoe groter het deel van de sulfide dat beschikbaar is als H<sub>2</sub>S. Bij turbulentie komen deze sulfiden in grote hoeveelheden vrij.

### De invloed van bacteriën

De uit het afvalwater vrijgekomen H<sub>2</sub>S reageert met het vocht in de kruin van de buis om een verdund zuur te vormen. Een groot deel wordt met behulp van de aanwezige zuurstof chemisch geoxideerd tot elementair biozwavel. Deze krijtwitte neerslag in de schachttopbouw of aan de binnenzijde van het gietijzeren deksel (Afbeelding 4) is makkelijk herkenbaar en is een duidelijke maat voor de aanwezige H<sub>2</sub>S en H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

De verdunde zuren verlagen de pH van het betonoppervlak van het normale niveau van ±12,5 naar ongeveer pH 7. In deze micro-omgeving wordt de biozwavel omgezet in H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (zwavelzuur), vooral door de bacterie *Acidithiobacillus Thiooxidans*<sup>2</sup>, die slechts bij een pH van 7 of lager kan gedijen. In de kruin van de buis ontstaan snottieten die bestaan uit een slijmachtige biofilm in de vorm van stalactieten (Afbeelding 5). De pH van deze snottieten ligt tussen 0 en 2,5. De opeenvolgende generaties van bacteriën blijven zuur produceren en de pH verlagen tot ongeveer 0,5.

De H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> zal in eerste instantie de vrije kalk Ca(OH)<sub>2</sub> (calciumhydroxide) in de poriën van de cementsteen oplossen. Hierdoor neemt de permeabiliteit in de cementsteen toe, waardoor het zwavelzuur nog sneller indringt. Eenmaal de vrije kalk is opgesoupeerd, wordt de cementsteen zelf aangetast. Aan het oppervlak ontstaat gips<sup>3</sup> in de



Afbeelding 4: Zwavelneerslag op nodular gietijzeren deksel, zes maanden na plaatsing

vorm van een korst, die een bufferende werking heeft voor verdere aantasting, totdat deze instort of afbrokkelt en het proces zich weer voortzet (Afbeelding 6).

Omdat het zwavelzuur wordt afgevoerd zodra het in de waterstroom terecht komt<sup>4</sup>, zal de aantasting optreden in de kruin van de buis en net boven de waterlijn (Afbeelding 7).

Biozwavel, een natuurlijke vorm van elementaire zwavel, is in tegenstelling tot elementaire zwavel, dat hydrofoob en helder geel is, hydrofiel en zeer poreus van structuur. Vandaar de witte kleur (Afbeelding 8).

Afbeelding 7: Sectie van de buis, op 75 m van de uitloop van de persleiding, na 20 jaar dienst.



Afbeelding 8: Afzetting van witte biozwavel op beton.



Afbeelding 5: Snottieten.

Afbeelding 6: Gedeeltelijk losgekomen gipskorst.