

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



## Proefprojecten zwavelbeton: de resultaten na 1 jaar blootstelling

In vorige edities van dit blad (Riorama 2, p. 22-23; Riorama 8, p. 20-21 en Riorama 13, p. 34-35)<sup>1</sup> werden de eigenschappen van zwavelbeton toegelicht in functie van onder meer zijn bestandheid tegen biogene zwavelzuuraantasting en zijn toepassing in DWA-stelsels. Ook het opzetten van vijf proefprojecten onder toezicht van de adviesraad zwavelbeton om de experimenten in het laboratorium in situ te valideren, werd toegelicht. De testlocaties werden zorgvuldig uitgekozen in overleg met Aquafin op basis van hoge  $H_2S$ -concentraties en de daarmee gepaard gaande biogene zwavelzuuraantasting in onze rioolstelsels. Na 1 jaar blootstelling werden in juni en in september van dit jaar de stalen en  $H_2S$ -dataloggers verwijderd uit de zwavelbetonnen toezichtspotten op de testlocaties. Hieronder een overzicht van de testresultaten.

In de zwavelbetonnen inspectieputten werden op de testlocaties de volgende stalen opgehangen:

- een kubus in zelfverdichtend beton (ZVB) van 150x150x150 mm op basis van CEM I 52.5 R SR LA en w/c-factor 0.41;
- een zwavelbetonnen kubus van 150x150x150 mm;
- een zwavelbetonnen TAP-schijf<sup>2</sup> Ø 210 mm x H 50 mm.

Deze stalen werden driemaandelijks onderworpen aan een aantal controles. De resultaten hiervan werden achteraf vergeleken met de referentiemetingen.

### Visueel onderzoek blootgestelde kubussen

Al na enkele maanden werd bij de betonnen kubussen een duidelijke verandering van de oppervlaktestructuur vastgesteld in de vorm van een kleurwijziging, kristalvorming en gips-

vorming (zie afbeeldingen 2 en 3). De kubussen uit zwavelbeton vertoonden geen aantasting (zie afbeeldingen 4 en 5).



Afbeelding 2:  
Gellik: ZVB-kubus voor blootstelling.

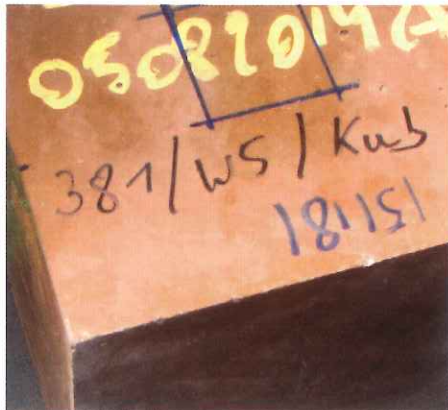
### Zuurtegraadmetingen (pH)

Zwavelbeton heeft een natuurlijke pH van  $\pm 8,5$ . De pH, gemeten in de condensatievloeistof op de zwavelbetonnen kubussen, lag tussen 0 en 1, wat overeenkomt met de pH van zeer geconcentreerd zwavelzuur. Deze zeer lage waarden bewijzen dat er geen neutralisatiereactie plaatsvindt.

De natuurlijke pH van cementbeton bedraagt 12,5 à 13. De laagst gemeten pH-waarden op de verschillende locaties, lagen tussen 2 en 6. Vermits de pH van zwavelzuur tussen 0 en 1 ligt, is er duidelijk sprake van een neutralisatiereactie.



Afbeelding 3:  
Gellik: ZVB-kubus na 1 jaar blootstelling.

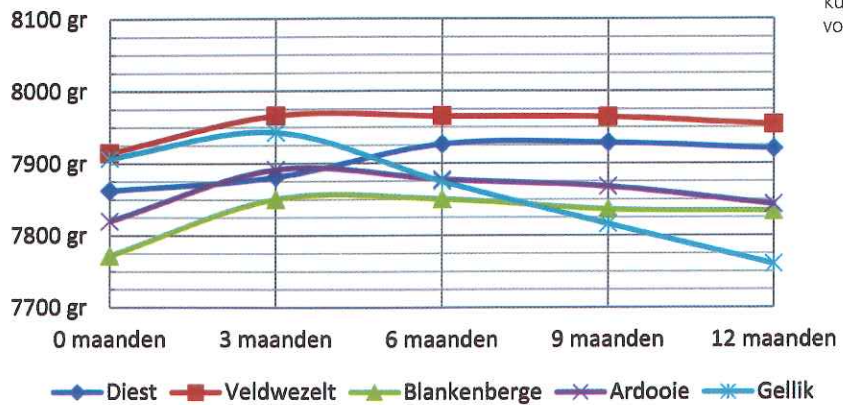


Afbeelding 4:  
Gellik: zwavelbeton voor blootstelling.



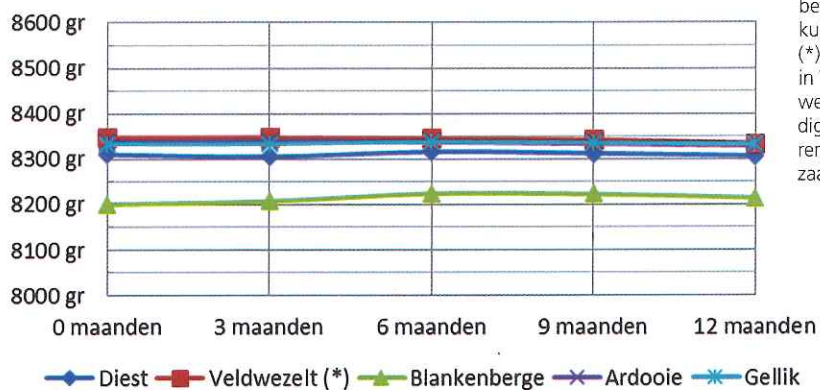
Afbeelding 5:  
Gellik: zwavelbeton na 1 jaar blootstelling.

massa droge ZVB kubussen na correctie



Grafiek 1:  
Evolutie ZVB-kubussen na vochtcorrectie.

massa zwavelbetonnen kubussen



Grafiek 2:  
Massa zwavelbetonnen kubussen. (\*) De kubus in Veldwezelt werd beschadigd tijdens renovatiewerkzaamheden.

H<sub>2</sub>S-metingen

De H<sub>2</sub>S-waarden werden gedurende de volledige blootstellingsperiode geregistreerd d.m.v. een datalogger. De hoogste H<sub>2</sub>S-piekwaarden werden gemeten in Ardoorie (> 1.000 ppm)<sup>3</sup> en Gellik (> 500 ppm). De meetlocaties Diest, Veldwezelt, Blankenberge en Ardoorie lagen op ± 100 m van een pompstation, met dit verschil dat in Ardoorie gravitair werd afgevoerd via een HDPE-leiding, terwijl dit bij de andere drie meetlocaties via een betonnen buis is. De hoge waarden in Ardoorie zouden er dus op kunnen wijzen dat de H<sub>2</sub>S zich verplaatste alvorens chemisch te kunnen reageren. Verder onderzoek is hier nodig. De hoge intensiteit en piekwaarden in Gellik werden veroorzaakt door de lange verblijftijd van het sulfidehoudende afvalwater.

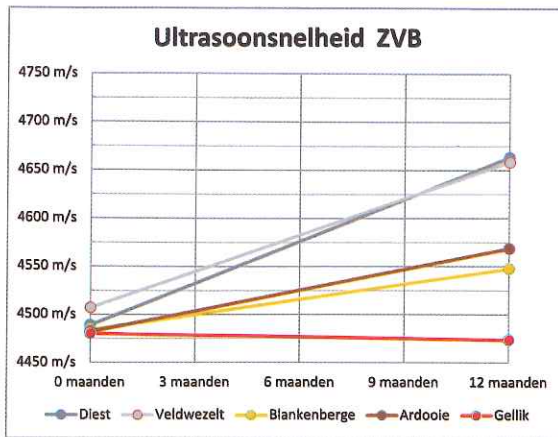
Massawegingen kubussen

Waar we aanvankelijk een massatoename vaststelden bij de betonnen kubussen, werd er uiteindelijk op 3 van de 5 locaties duidelijk een massaverlies gemeten (zie grafiek 1). De stijging tijdens de eerste 3 maanden is vooral te wijten aan het verdere hydratatieproces door vochtopname van de vooraf gedroogde kubussen (beginmeting). We zien het meeste massaverlies bij de agressiefste omgevingen in Ardoorie (hoogste H<sub>2</sub>S-pieken) en Gellik (hoogste H<sub>2</sub>S-intensiteit). Er werden geen duidelijke massawijzigingen vastgesteld bij de kubussen uit zwavelbeton (zie grafiek 2). De kleine schommelingen zijn te wijten aan lichte beschadigingen door manipulatie, vuilafzetting en de in situ wegomstandigheden zoals wind en trillingen.

Ultrasoon onderzoek op kubussen bij Labo Magnel in Gent

Ultrasoonsnelheid is een maat van dichtheid van het materiaal. De porositeit en de aanwezigheid van gebreken in het materiaal, zoals scheurvorming, hebben een negatieve invloed op de ultrasoonsnelheid. Het is dan ook een indicatie voor de druksterkte. Aangezien de standaardafwijking op een individuele ultrasoonmeting 12 m/s bedraagt, kan je bij de conclusievorming enkel spreken van een tendens tussen begin- en eindmeting. Doordat de wateropsorping van zwavelbeton < 0,5% bedraagt, terwijl die van de ZVB ±5% is, is het logisch dat de ultrasoonsnelheid van zwavelbeton hoger is dan die van ZVB. Er is een duidelijk stijgende tendens waarneembaar in de tijd voor de kubussen uit beton. Mogelijke oorzaak hiervan is verdere hydratatie

Grafiek 3: Ultrasoonsnelheid van de ZVB-kubussen.



door de hoge vochtigheidsgraad. Bij de meest aan  $H_2SO_4$  blootgestelde betonnen kubus echter, namelijk die in Gellik, werd een afname van de ultrasoonsnelheid vastgesteld (zie grafiek 3). De dichtheid van zwavelbeton verbetert licht in de tijd (zie grafiek 4).

**Druksterkte kubussen**

Ook een vergelijking tussen de druksterkte van de blootgestelde kubussen en van de referentiekubussen, bewaard in labo-omstandigheden, bevestigen alle tendensen. De verwachte druksterktetoe-namen dankzij het hydratatie-proces bij klassiek beton wordt tenietgedaan door de aantasting in een zure omgeving (cfr. condities in Gellik). De chemisch agressieve omgeving heeft geen invloed op de druksterkte van het zwavelbeton.

**Wateropsorping kubussen volgens PTV 823 bijlage D**

De wateropsorping van niet blootgesteld zelf-verdichtend beton bedraagt gemiddeld 5%. De wateropsorping van de blootgestelde zwavelbetonnen kubussen ligt tussen 0,06 en 0,11%.

**Oppervlakteruwheid en aantasting zwavelbetonnen TAP-schijven**

De schijven (zie afbeelding 6) worden tijdens de TAP-meting roterend opgemeten door middel van contactloze afstandsmetingen met lasersensoren. Zodoende wordt een volledige omtreklijn opgemeten waaruit de aantasting en de oppervlakteruwheid van de cilinders wordt bepaald. De aantasting wordt uitgedrukt als de gemiddelde verandering van de straal van de proefstukken en als een verandering van de oppervlakteruwheid uitgedrukt in een Ra-waarde.



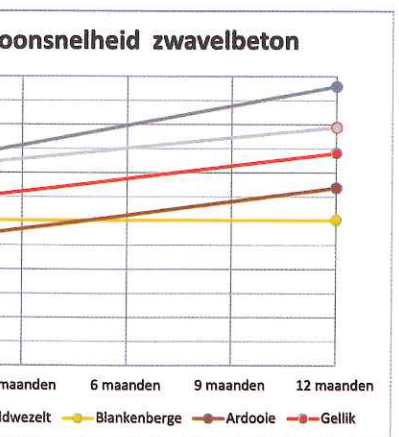
Afbeelding 6: Zwavelbetonnen TAP-schijf in Gellik.

Tabel 1 geeft de resultaten weer voor de oppervlakteruwheid. De oppervlakteruwheid per TAP-proefstuk is het rekenkundige gemiddelde van de oppervlakteruwheid van alle profielen per TAP-proefstuk.

Tabel 2 geeft de resultaten weer voor de aan-

OPPERVLAKTERUWHEID			
locatie	referentiemeting	opvolgmeting	Toename van de ruwheid
Diest	0,023 mm	0,037 mm	0,014 mm
Veldwezelt	0,168 mm	0,150 mm	-0,018 mm
Blankenberge	0,510 mm	0,532 mm	0,022 mm
Ardoorie	0,025 mm	0,028 mm	0,003 mm
Gellik	0,023 mm	0,067 mm	0,044 mm

Tabel 1: Oppervlakteruwheid TAP-schijven.



Grafiek 4: Ultrasoonsnelheid van de zwavelbetonnen kubussen.

tasting. Een positieve waarde duidt op een toename van de straal (= expansie van het zwavelbetonoppervlak ten opzichte van het oorspronkelijke oppervlak), een negatieve waarde duidt op afname van de straal.

De resultaten voor wandruwheid en aantasting vallen binnen meetnauwkeurigheid en de opstellingstolerantie (< 0,5 mm). Zowel visuele inspectie als de meetresultaten bevestigen dat er geen wijziging is in de oppervlakteruwheid, noch dat er enige vorm van aantasting is op de zwavelbetonnen schijven.

**Besluit**

Alle meetresultaten uit dit 1 jaar durende onderzoek in de meest agressieve omgeving bevestigen de resultaten van de eerdere laboratoriumproeven en tonen aan dat zwavelbeton uitermate geschikt is als bouw materiaal in zure omgevingen, meer bepaald in DWA-rioolstelsels. Door Guy Doumen, R&D De Bonte NV

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

<sup>1</sup> U kunt deze artikels lezen op [www.riorama.be](http://www.riorama.be) > reeds verschenen.  
<sup>2</sup> TAP staat voor 'toestel voor versnelde aantastingsproeven'.  
<sup>3</sup> ppm = parts per million

AANTASTING	
Locatie	Verandering van de straal
Diest	-0,342 mm
Veldwezelt	-0,025 mm
Blankenberge	-0,007 mm
Ardoorie	-0,299 mm
Gellik	-0,014 mm

Tabel 2: Aantasting TAP-schijven.