



RWS BEDRIJFSVERTROUWELIJK -

**Rijkswaterstaat Grote  
Projecten en Onderhoud**

Griffioenlaan 2  
3526 LA Utrecht  
Postbus 2232  
3500 GE Utrecht  
T 088-797 2111  
www.rijkswaterstaat.nl

**Datum**  
7 december 2017

**Bijlage(n)**

# memo

Toelichting bij resultaten brandproeven augustus 2017

In augustus 2017 zijn twee brandproeven uitgevoerd als onderdeel van onderzoek naar de brandwerendheid van tunnels. Aanleiding voor dit onderzoek is de constatering dat vermeend afspatongevoelig beton (hierna: ROK beton) toch gevoelig blijkt voor afspaten. De in augustus uitgevoerde proeven zijn een vervolg op in maart 2017 uitgevoerde proeven waarvan de informatie eerder openbaar gemaakt is.

Deze memo geeft een toelichting op en interpretatie van de resultaten van de brandproeven die zijn uitgevoerd in augustus 2017. Ook wordt ingegaan op de betekenis van deze resultaten voor het herstel van de bestaande tunnels.

## **Belangrijkste resultaat**

Het belangrijkste resultaat is dat beide proefstukken (ROK beton met hitte werende bekleding) de brand conform de RWS brandcurve gedurende de vereiste twee uur hebben doorstaan. Er is in deze twee uur geen falen van de hitte werende bekleding en geen afspaten achter de hitte werende bekleding opgetreden. Wel trad afspaten op, op een tijdstip na deze twee uur. Op basis van dit resultaat kan worden geconcludeerd dat in principe een herstelmaatregel voorhanden is om tunnels met ROK beton te herstellen: het aanbrengen van aanvullende hitte werende bekleding.

Deze generieke herstelmaatregel zal voor bestaande tunnels verder moeten worden uitgewerkt. Met name de dikte van de aanvullende hitte werende bekleding per tunnel moet worden bepaald. Hiervoor zijn per tunnel testen noodzakelijk.

## **Opzet proeven**

Doel van de in augustus 2017 uitgevoerde proeven was te testen of het aanbrengen van hitte werende bekleding een geschikte herstelmaatregel is voor tunnels waar het beton toch afspatgevoelig is. De proeven zijn uitgevoerd op twee proefstukken, met een verschillend betonmengsel (BRAWAT320 respectievelijk BRAWAT340). Elk proefstuk was voorzien van iets dikker dan gebruikelijk hitte werende bekleding<sup>1</sup>. De test is uitgevoerd volgens de RWS brandcurve. Om extra informatie te verkrijgen is de proef langer doorgezet: tot 3 uur in plaats van de vereiste 2 uur.

---

<sup>1</sup> Er is gewerkt met Aestuver Tx 30 mm. De conclusies zijn niet specifiek voor dit type plaat, maar generiek voor een HWB met vergelijkbare isolerende werking.

## Resultaten en conclusies

Datum  
7 december 2017

Uit de proeven volgen resultaten met betrekking tot:

1. Doorstaan brandproef conform RWS brandcurve
2. De afspat(on)gevoeligheid van de geteste betonmengsels.
3. De wijze van afspatten van beton achter de hitte werende bekleding.

### Doorstaan brandproef conform RWS brandcurve

Bij de proefstukken zijn de volgende resultaten gevonden:

- BRAWAT320 met 30 mm Aestuver Tx: vertoont gedurende de eerste twee uur van de brandproef (conform RWS brandcurve) geen afspatten, na 179 minuten start afspatten.
- BRAWAT340 met 30 mm Aestuver Tx: vertoont gedurende de eerste twee uur van de brandproef (conform RWS brandcurve) geen afspatten, na 132 minuten start afspatten.

### Afspat(on)gevoeligheid geteste betonmengsels

Hoewel tijdens de eerste 2 uur van de proef geen afspatten optrad, bleek bij het doorzetten van de proef tot 3 uur wel afspatten achter de hitte werende bekleding op te treden. Dit afspatten trad op bij een 'interfacetemperatuur' op het betonoppervlak achter de hittewerende bekleding van 230°C (BRAWAT320) respectievelijk 210°C (BRAWAT340).

De interfacetemperatuur op het betonoppervlak waarbij afspatten optrad is lager dan de temperatuureisen uit de ROK voor tunnels onder open water (380°C). Dit is een bevestiging dat de geteste betonmengsels afspatgevoeliger zijn dan voorheen.

### Wijze van afspatten

Het afspatten in deze proeven startte op enige diepte (2-3 cm) in de constructie. Hierbij spatten grotere delen (schollen) af, dit afspatten was direct doorgaand. Bij de eerder in 2017 uitgevoerde proeven, zonder hitte werende bekleding, was eerst sprake van oppervlakkig afspatten, het doorgaand (destructief) afspatten begon na 10 minuten.

De tijd tussen het moment waarop het afspatten start (ruim na 2 uur) en het moment waarop de wapening blootligt wordt korter ingeschat dan bij beton zonder hitte werende bekleding (ca. 6-8 minuten).

### **Betekenis resultaten voor herstel bestaande tunnels**

De resultaten van de proeven kunnen niet één op één worden vertaald naar specifieke tunnels. De eigenschappen van het betonmengsel en de eventueel al aanwezige hitte werende bekleding in de bestaande tunnels zijn niet identiek aan die van de proefstukken.

Voor tunnels of tunneldelen waar kaal ROK-beton met overdikte is toegepast, is de conclusie dat dit afdoende kan worden beschermd tegen afspatten door het aanbrengen van voldoende hittewerende bekleding. Daarmee is een generieke herstelmaatregel beschikbaar.

Voor tunnels of tunnel-delen waar ROK beton zonder overdikte maar met hitte werende bekleding is toegepast, is de hitte werende bekleding in principe ontworpen om de temperatuur van het beton onder de 380 °C te houden. Dat is een hogere waarde dan de temperatuur waarbij in de proef het afspatten zich

voordeed in de proef van augustus. Er kan daarom worden geconcludeerd dat voor deze situatie er mogelijk aanvullende hitte werende bekleding nodig is om te voorkomen dat het afspatten binnen twee uur optreedt.

**Datum**  
7 december 2017

De te hanteren oplossing moet per tunnel worden bepaald., waarvoor testen in de tunnel noodzakelijk zijn. Hierbij is noodzakelijk dat het complete systeem, dus de combinatie van het beton en de hitte werende bekleding inclusief bevestigingsmethode, wordt getest. Dit kan in een bestaande tunnel alleen met behulp van een in situ brandtest met de mobiele oven.