


Ref.nr.: 18-559ms.RL  
Date: 12 september 2018

## Onderzoek naar het effect van een hydrofobe seal-laag op het drooggedrag van metselwerk

Bestemd voor: Gevelgoeroe.nl  
T.a.v. de heer S. Kemper  
Postbus 110  
7390 AC TWELLO

Auteur:  dr. ir. Ronny Lugtenberg, adjunct directeur

## Inhoud

1. Inleiding	3
2. Aanmaak proefstukken	4
2.1. Inleiding	4
2.2. Maken van de proefstukken	4
2.3. Bevochtiging van de proefstukken en droging	6
2.4. Toetsing waterafstotendheid van de proefstukken	7
3. Resultaten en bespreking	8
3.1. Resultaten droogproeven	8
3.2. Resultaten toetsing waterafstotendheid van de proefstukken	13
4. Conclusies en aandachtspunten	15

*Vermenigvuldiging van dit document of delen daarvan in welke vorm dan ook is alleen toegestaan na voorafgaande schriftelijke toestemming van TCKI of opdrachtgever.*

## 1. INLEIDING

In opdracht van “Gevelgoeroe” heeft TCKI onderzoek gedaan naar het effect van een hydrofobe seal-laag op het drooggedrag van metselwerk.

Metselwerk kan een risico hebben op zoutuitbloeiing en vergipsing. Om dit te voorkomen kan het metselwerk worden gehydrofobeerd. Deze hydrofobering wordt vaak aangebracht een paar maanden na oplevering van het metselwerk. Dit is logistiek gezien niet handig en is relatief duur.

Een mogelijk alternatief is, om direct na het metselen/voegen met een spray een dunne seal-laag hydrofobering aan te brengen. Echter, deze seal-laag dient een niet te groot negatief effect te hebben op het drooggedrag van het metselwerk. In de situatie dat het uitdrogen wordt belemmerd zal een toename van het risico op vorstschade ontstaan. Van metselwerk met een diepte-hydrofobering is bekend dat dit het drooggedrag kan belemmeren. Hierbij speelt dat geen verdamping van vocht aan het metselwerkoppervlak meer zal plaatsvinden (gecombineerd met capillaire nalevering van vocht uit de ondergrond), maar dat verdamping in de baksteen moet plaatsvinden met afvoer van vocht in de dampfase door de hydrofobe laag. Om vorstschade te voorkomen dient het hydrofobeermiddel dan voldoende diep te zijn ingedrongen.

In dit onderzoek wordt beschreven in welke mate een dunne spray het watertransport door het metselwerk en daarmee het drooggedrag beïnvloedt. Hierbij zijn stenen onderzocht met verschillen in dichtheid, waarvan steeds stukjes metselwerk zijn gemaakt. Na aanmaak van de diverse proefstukken is de manier/mate van aanbrengen van een hydrofobeermiddel gevarieerd. Vervolgens is na vrijwillige wateropname van de proefstukken het drooggedrag in kaart gebracht.

In hoofdstuk 2 wordt de uitvoering van het onderzoek beschreven. In hoofdstuk 3 volgen de resultaten en de bespreking erover. In het laatste hoofdstuk worden de conclusies en aandachtspunten beschreven.

## 2. AANMAAK PROEFSTUKKEN

### 2.1. Inleiding

Elk gemaakt proefstuk bestaat uit een drietal metselstenen en een tweetal voegen. Er zijn steeds drie varianten proefstukken gemaakt, die verschillen in mate/manier van hydrofobering:

- 1) Proefstuk zonder hydrofobering als referentie;
- 2) proefstuk dat aan de zichtzijde met een hydrofobeermiddel kort is gesprayd ("hydrofoob geseald");
- 3) proefstuk dat aan de zichtzijde gedurende 10 seconden is ondergedompeld in hetzelfde hydrofobeermiddel (diepte impregnering).

Voor dit onderzoek is een zevental verschillende metselsteensoorten gebruikt, met variatie in netto droge volumieke massa en wateropneming (tabel 1).

Tabel 1: Gebruikte steensoorten.

Code	Naam	Gemiddelde netto droge volumieke massa (kg/m <sup>3</sup> )	Gemiddelde vrijwillige wateropneming (massa%)
A	Waalformaat, vormbak	1860	9
B	Vormbak met frog	1580	18
C	Vormbak met frog	1690	14
D	Vormbak vol	1910	4
E	Handvorm bezand	1770	8
F	Vormbak met frog	1780	12
G	Handvorm met frog	1790	10

De droging van een bevochtigd proefstuk is steeds gravimetrisch bepaald door de massa in de tijd te meten ten opzichte van het droge gewicht. De relatieve massa-afname geeft de maat van droging aan.

### 2.2. Maken van de proefstukken

Een drietal stenen dat is gebruikt voor elk van de drie proefstukken is steeds geselecteerd uit een 10-tal stenen, op een dusdanige wijze dat ieder 3-tal een zoveel als mogelijk gelijk gemiddelde netto volumieke massa heeft. Hiermee wordt bewerkstelligd dat ook steeds een min of meer vergelijkbare wateropneming zal plaatsvinden van proefstukken, gemaakt van dezelfde soort stenen.

Bij het maken van de proefstukken is een standaard metselmortel (zonder kalk) toegepast. Het uitharden van de proefstukken heeft gedurende 28 dagen bij kamertemperatuur en gelijke vochtcondities plaatsgevonden. Tijdens het drogen is elk proefstuk verzwaard met een steen om daarmee goede hechting te creëren.

De voorste rij proefstukken (zie figuur 1) zijn na 14 dagen uitharden aan de zichtzijde met hydrofobeermiddel gesprayd (uitgevoerd door Sander Kemper). Tijdens het sprayen zijn de andere twee rijen met proefstukken afgeschermd geweest.



Foto 1: 20G62018 001.

Figuur 1: Drie series proefstukken: voorste rij is gesprayd met hydrofobeermiddel; middelste rij is ondergedompeld met hydrofobeermiddel; achterste rij is de referentie.

De middelste rij is na 28 dagen aan de zichtzijde ondergedompeld in een bad met hydrofobeermiddel met een diepte van 5 mm (figuur 2).

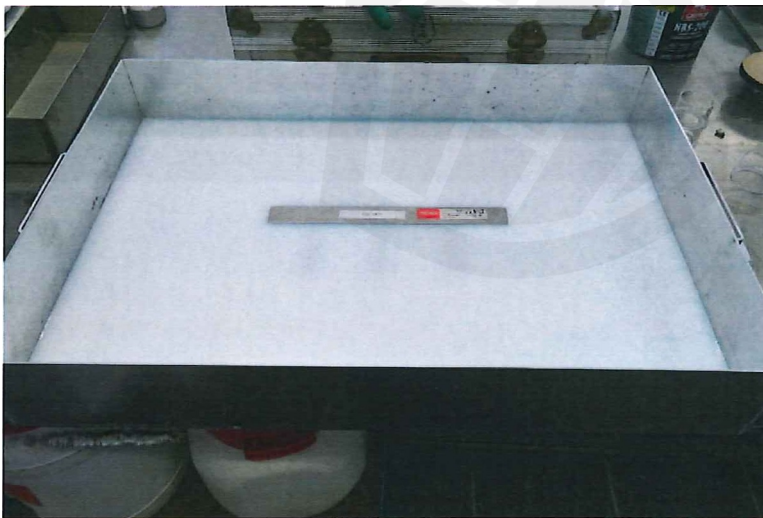


Foto 2: 06062018 002.

Figuur 2: Bad met een laag van 5 mm hydrofobeermiddel.

Het onderdompelen heeft gedurende 10 seconden plaatsgevonden. Na onderdompeling van elk proefstuk is het bad aangevuld met hydrofobeermiddel tot een hoogte van 5 mm. Direct na het onderdompelen is het proefstuk teruggeplaatst met de zichtzijde (met hydrofobeermiddel) naar boven, totdat het oppervlak dat is blootgesteld met hydrofobeermiddel voldoende is opgedroogd. Vervolgens zijn de proefstukken weer teruggeplaatst met de zichtzijde naar voren, op gelijke wijze als reeds zichtbaar in figuur 1.

NB: het bepalen van de geschikte dompeltijd is uitgevoerd aan een steen met hoge en lage dichtheid, waaruit blijkt dat bij de steen met hoge dichtheid na 5 seconden nog onvoldoende indringing van het hydrofobeermiddel geeft.

### 2.3. Bevochtiging van de proefstukken en droging

De bevochtiging van de proefstukken is zoveel als mogelijk uitgevoerd volgens norm EN-772-21. Elk proefstuk is met de zichtzijde (al dan niet gehydrofobeerd) naar beneden gedurende 24 uur in een bak met voldoende water geplaatst. Na de wateropname zijn de proefstukken, met de zichtzijde naar beneden, gedurende ca. 2 minuten op een rek geplaatst om van het overtollige water af te komen (figuur 3).

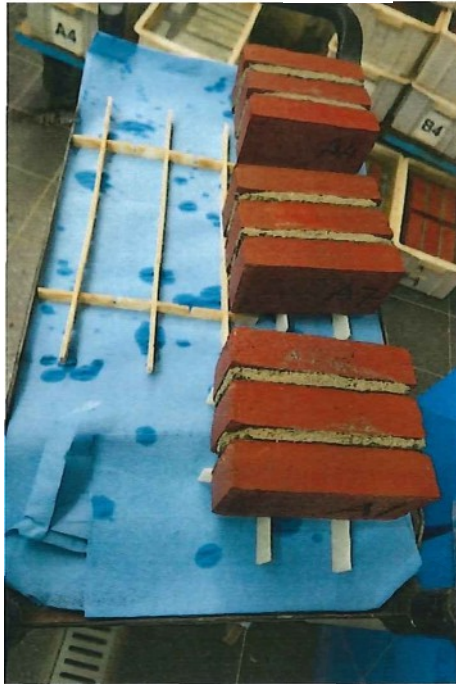


Foto 3: 21062018 012.



Foto 4: 21062018 013.

Figuur 3: Proefstukken op een rek, na de wateropname (links) en na inwickelen in folie (rechts).

Vervolgens zijn de proefstukken in plastic folie gewikkeld, waarbij de onderzijde en alle zijkanten zijn ingepakt (figuur 3, rechts), de zichtzijde naar boven geplaatst en gewogen. Hiermee wordt bewerkstelligd dat de droging zoveel als mogelijk alleen via de zichtzijde kan plaatsvinden. Na het wegen zijn alle proefstukken weer in dezelfde laboratoriumruimte geplaatst (zie figuur 4). Hier zijn de proefstukken aan de lucht gedroogd. Het drooggedrag is vastgesteld aan de hand van het periodiek terugdrogen van de massa van de proefstukken.



Foto 5: 21062018 017.

Figuur 4: Drie series proefstukken na wateropname en start droging, waarbij de zichtzijde naar boven is geplaatst.

#### 2.4. Toetsing waterafstotendheid van de proefstukken

Na uitvoering van de proeven ten behoeve van het drooggedrag z) *n* de afzonderlijke proefstukken getest op waterafstotendheid. Hierbij is met een pipet steeds een grote waterdruppel op het steenoppervlak aangebracht en bepaald hoe lang het duurt voordat de waterdruppel in het oppervlak is weggetrokken.

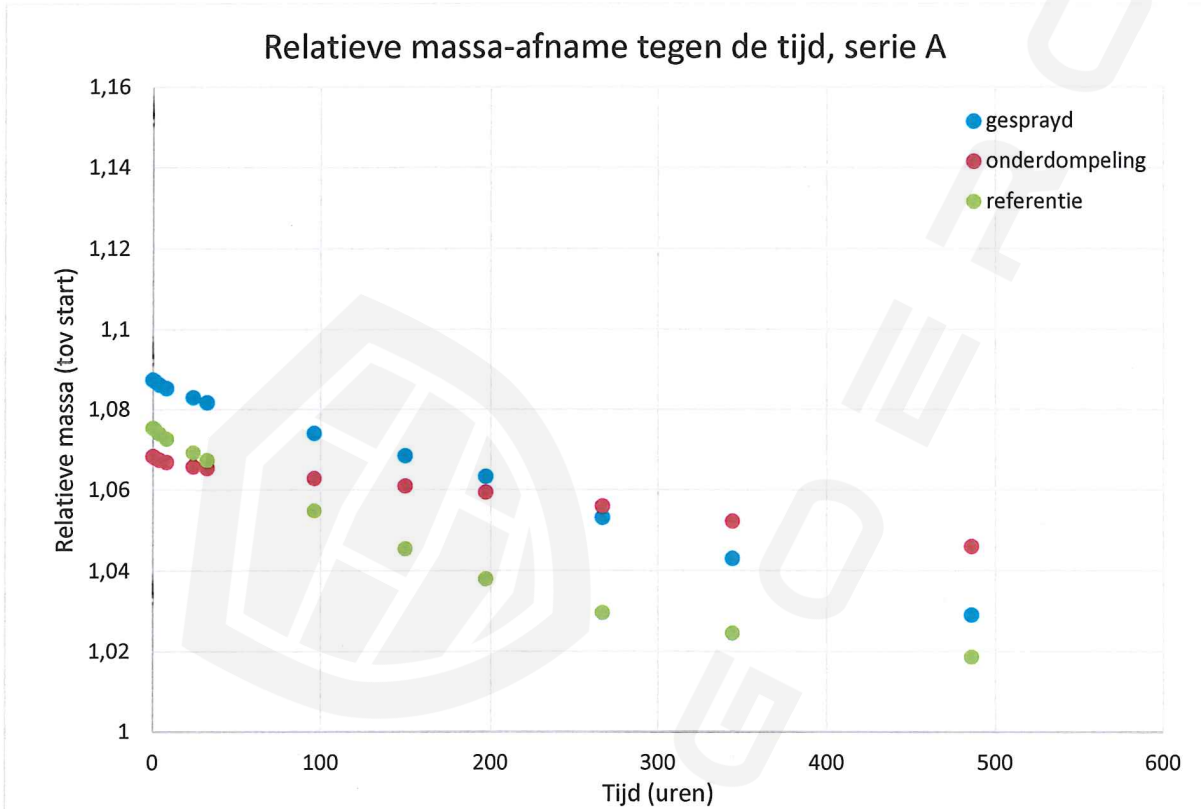


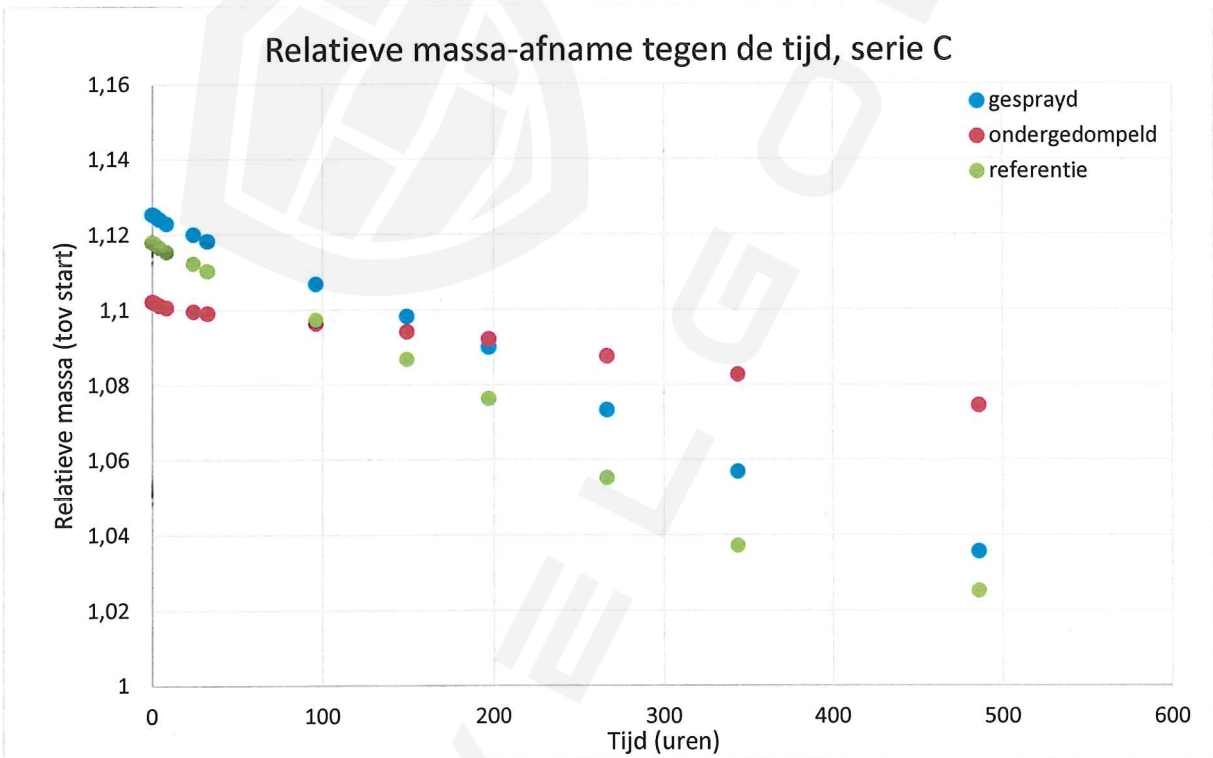
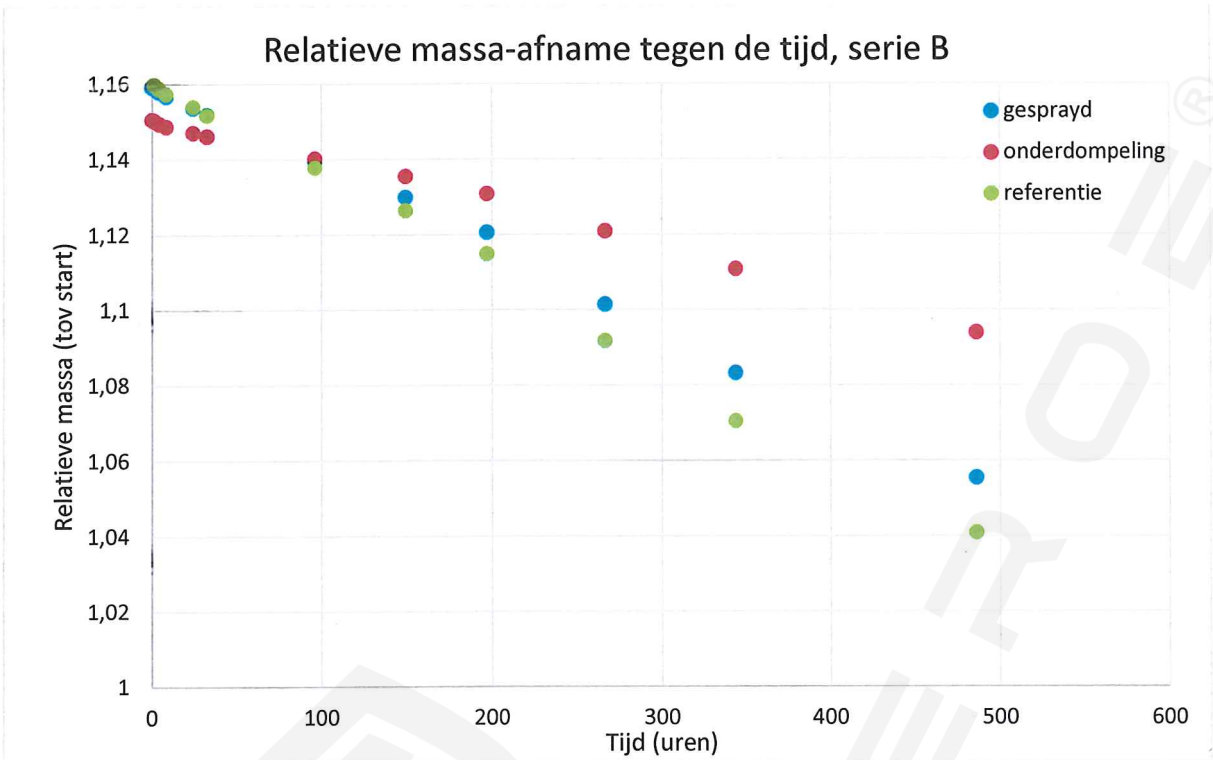
GEVELLEOOR®

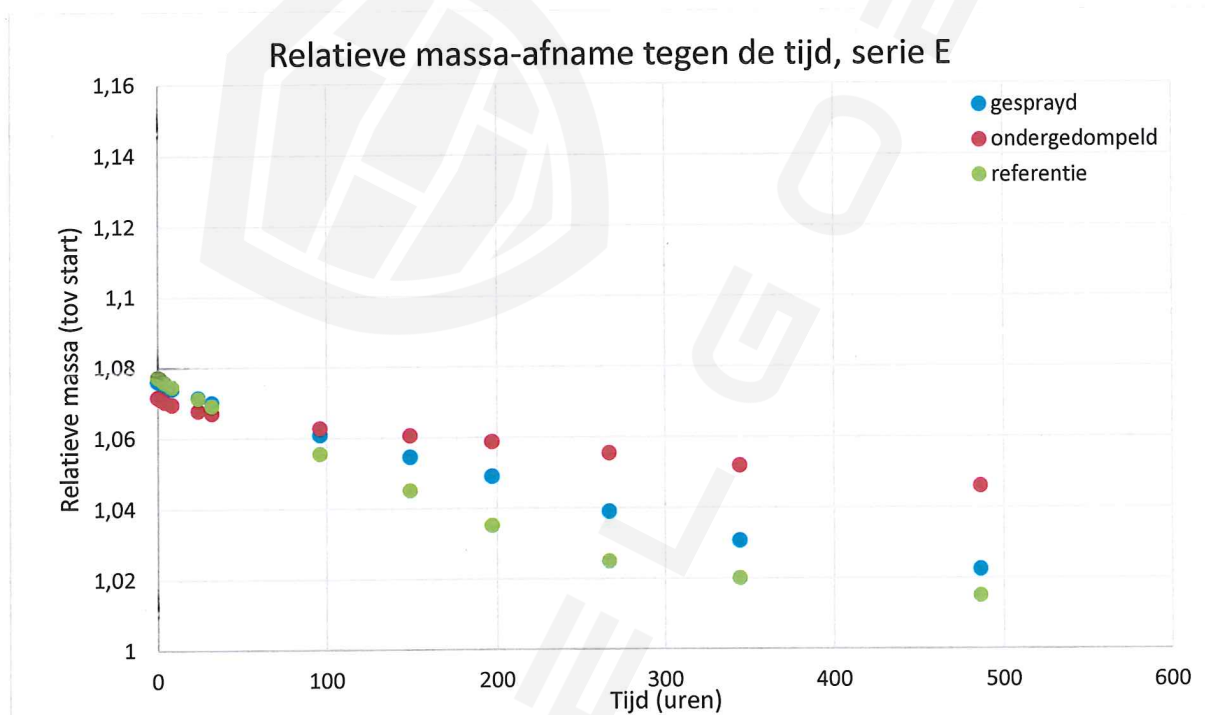
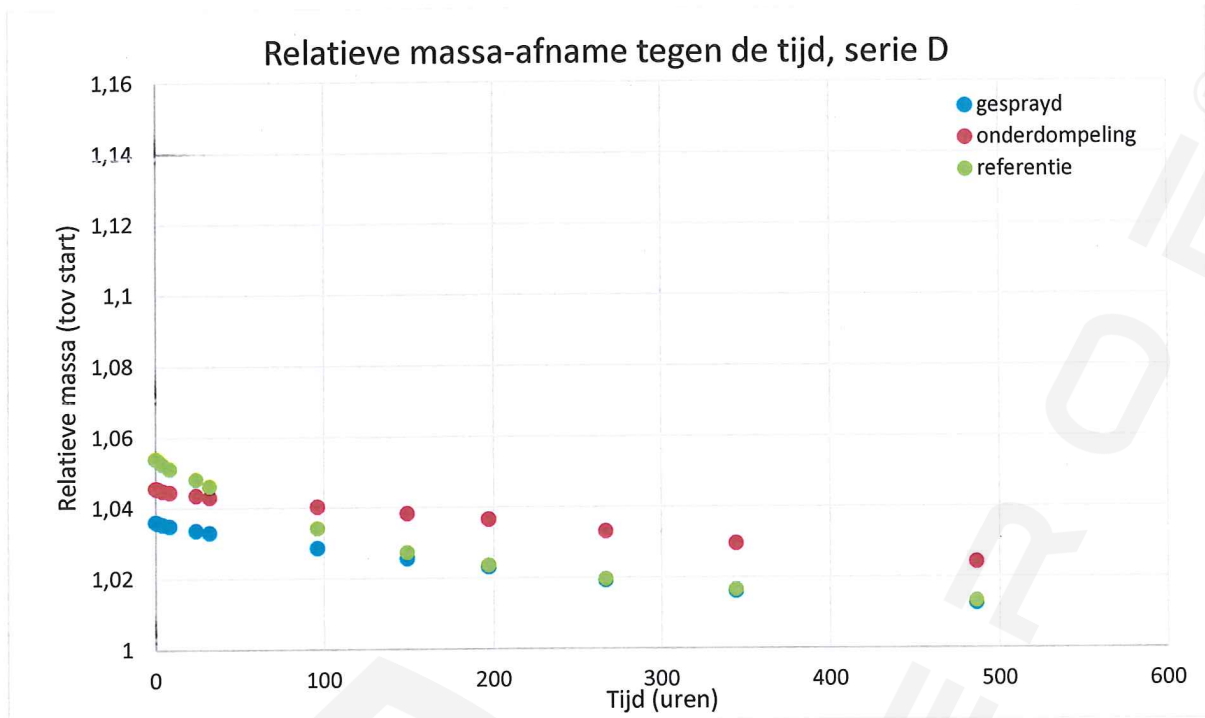
### 3. RESULTATEN EN BESPREKING

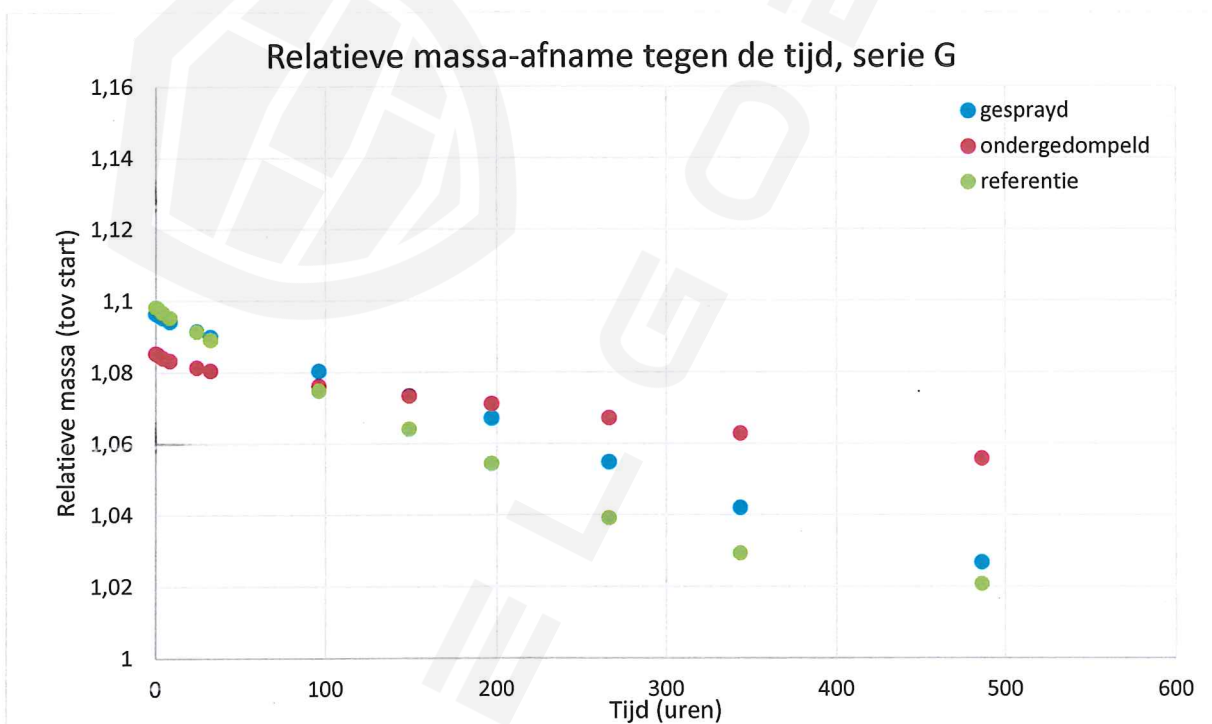
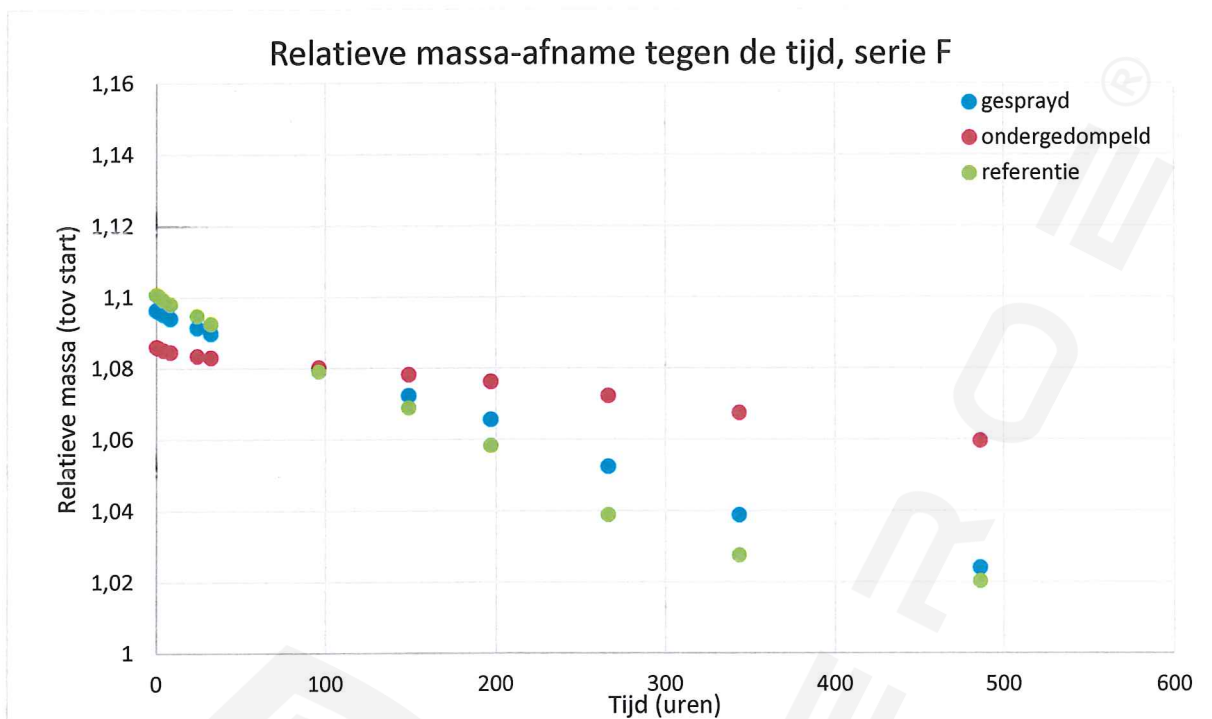
#### 3.1. Resultaten droogproeven

De massa-afname van de proefstukken is op regelmatige tijdstippen gemeten. De verschillen in droging tussen de referentie, de gesprayde en de ondergedompelde proefstukken is grafisch voor de verschillende steensoorten weergegeven in figuur 5. Hierbij is de relatieve massa van het drogende proefstuk en opzichte van de droge massa in de tijd weergegeven. De mate waarin de relatieve massa afneemt met de tijd is een maat voor de droogsnelheid.









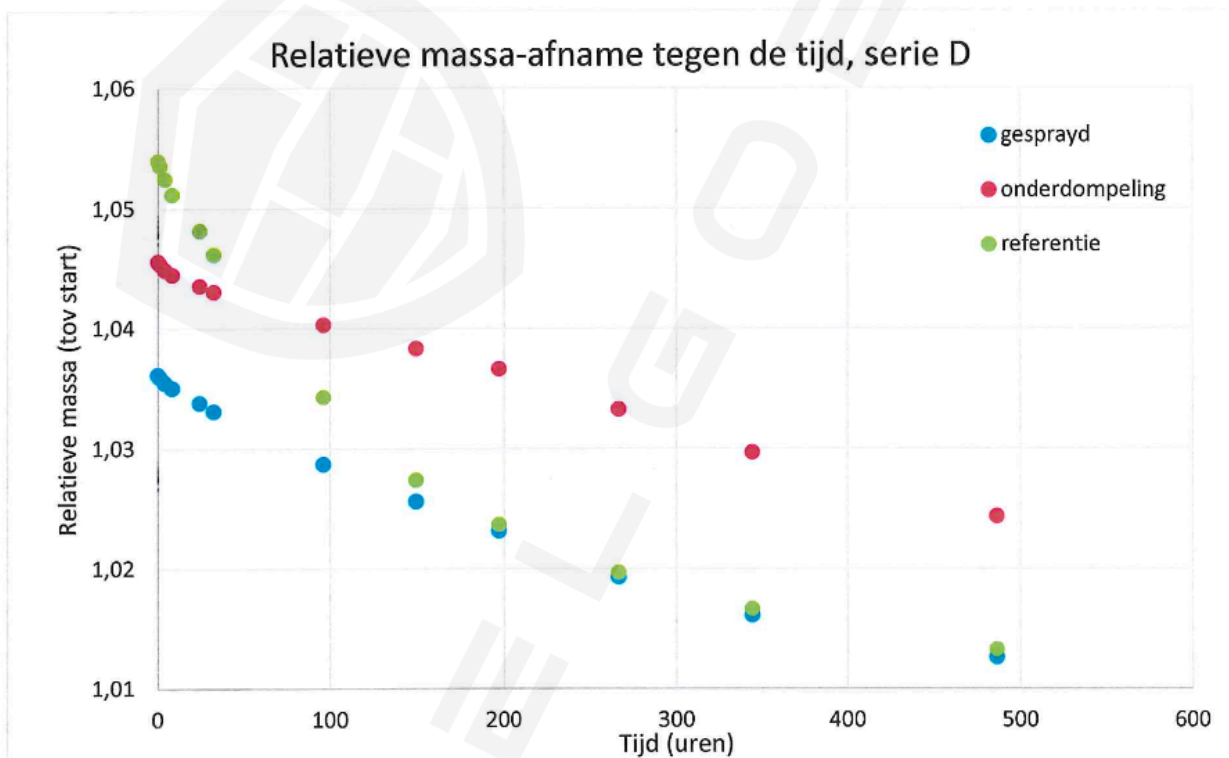
Figuur 5: Droogsnelheid van telkens een drietal proefstukken gemaakt met steensoorten A - G.

Uit deze metingen komen een aantal waarnemingen:

- De wateropname van de proefstukken gemaakt uit de verschillende steensoorten varieert van ca 5 % (steensoort D) tot 16 % (steensoort B).
- In de meeste gevallen is de initiële waterverzadiging van de proefstukken die zijn ondergedompeld in het hydrofobeermiddel het laagst. Uitzondering zijn de proefstukken met steensoort D, waarbij het gesprayde proefstuk de laagste de initiële waterverzadiging heeft.

Verschillen in wateropneming van de afzonderlijke stenen spelen hierbij eventueel ook een rol.

- De massa-afname is het grootst voor de referentieproefstukken zonder hydrofobering. In deze gevallen wordt het droogproces aan de zichtzijde niet belemmerd. Er vindt verdamping plaats aan het oppervlak en nalevering van vocht uit de ondergrond via capillaire geleiding.
- De massa-afname is het kleinst voor alle proefstukken met hydrofobeermiddel dat via onderdompeling is aangebracht. In deze gevallen vindt verdamping plaats in de steen en is er dampdiffusie door de hydrofobe laag. Het hydrofobeermiddel aangebracht over enige diepte in het metselwerk werkt dus als een belemmerende factor voor het droogproces.
- De massa-afname van de proefstukken die zijn gesprayd met hydrofobeermiddel ligt steeds tussen de andere twee curves. Echter, de droogcurve ligt veel dicht bij de droogcurves van de referentie dan bij de proefstukken met diepte-impregnering/hydrofobering.
- De mate van massa-afname voor met name de gesprayde proefstukken ten opzichte van zowel de referentie als de proefstukken die zijn ondergedompeld is verschillend. Meestal is de droogsnelheid (richtingscoëfficiënt grafiek) van gesprayde proefstukken in begin iets lager dan bij de referentie, maar is al snel gelijk aan de droogsnelheid van de referentie en wordt de droging dus feitelijk nauwelijks belemmerd door het aangebrachte hydrofobeermiddel. Alleen bij steensoort D (product met hoge dichtheid en lage wateropname) is de droogsnelheid van gesprayde proefstukken tijdens het begin van drogen vergelijkbaar met de droogsnelheid van ondergedompelde proefstukken (zie figuur 6, met een uitgerekte y-as). Na verloop van tijd (met name in het nalevertraject van vocht) volgt de droogsnelheid van gesprayde proefstukken meer de lijn van de referentie.



Figuur 6. Relatieve massa tegen de tijd van een drietal proefstukken gemaakt met steensoort D.

De verschillen in mate van droging van proefstukken van dezelfde steensoort zijn ook visueel waarneembaar, bijvoorbeeld na 1.5 uur droging. Er zijn duidelijke verschillen in natheid van het oppervlak zichtbaar, afhankelijk of het oppervlak niet is behandeld, gesprayd of ondergedompeld. Dit is te zien voor proefstukken met steensoorten A-C zoals is weergegeven in figuur 7.



Foto 6: 22062018 002.



Foto 7: 22062018 003.

Figuur 7: Linker foto: bovenaanzicht (zichtzijde) na 1.5 uur droging van proefstukken A-C, die zijn gesprayd (onder), gehydrofobeerd (midden) of niet zijn behandeld (boven); rechterfoto: detailopname van gesprayd proefstuk.

Hieraan is te zien dat met name het oppervlak van het proefstuk dat niet is behandeld er veel natter uitziet dan de andere twee proefstukken. Daarnaast heeft het proefstuk dat is gesprayd, een combinatie van een droog en nat oppervlak (figuur 7, rechts). Dit verschil is ook na meerdere dagen waarneembaar.

## 2.2. Resultaten toetsing waterafstotendheid van de proefstukken

Het oppervlak van zowel de referentieproefstukken, als de gesprayde en de via onderdompeling gehydrofobeerde proefstukken, zijn getoetst op waterafstotendheid. De op de stenen aangebrachte waterdruppel als zijn weergegeven in figuur 8. Figuur 8:



Foto 8: 11092018 006.



Foto 9: 11092018 008.



Foto 10: 11092018 007.

Figuur 8: Proefstukken gemaakt met steensoort A met aangebrachte waterdruppel die zijn gesprayd (links), zijn gehydrofobeerd (midden) of niet zijn behandeld (rechts).

Het is duidelijk waarneembaar dat bij zowel de gesprayde als de op diepte gehydrofobeerde proefstukken de druppel op het oppervlak blijft en niet in de steen trekt. De druppel blijft langer dan 25 à 30 minuten op het oppervlak aanwezig en geldt voor al de gebruikte steensoorten.

De aangebrachte waterdruppel op stenen van niet behandelde proefstukken blijkt reeds binnen 20 seconden door het oppervlak te zijn opgenomen. Dit geldt voor de meeste steensoorten, met uitzondering van steensoort D, waarbij de waterdruppel na ca 8.5 minuut door het oppervlak is opgenomen. Dit is ook verklaarbaar, omdat juist deze steensoort de laagste wateropname laat zien (zie tabel 1).

Met betrekking tot het risico op vergipsing van het metselwerk dat is "gesprayd", kan het volgende worden verwacht:

- 1) Door het aanbrengen van een hydrofobe laag op zowel de baksteen- als het voegmorteloppervlak zal de hoeveelheid vocht die in het metselwerk trekt worden beperkt en hiermee ook het transport van in water opgelost gips door het metselwerk.
- 2) Het capillair transport van vocht (met daarin opgelost gips) stopt direct ónder de sealing. Gips kristalliseert in de capillairen direct onder het oppervlak uit en verdeelt zich niet in een waterfilm over het baksteen oppervlak. Vergipsing met een uitgroeiing van gipskristallen óp het baksteenoppervlak wordt hiermee voorkomen.

#### 4. CONCLUSIES EN AANDACHTSPUNTEN

1. Het aanbrengen van een hydrofobe seal-laag op metselwerk met relatief poreuze handvorm- en vormbakstenen direct door de metselaar, met het doel zoutuitbloeiingen en vergipsing te beperken, heeft slechts een beperkte negatieve invloed op de snelheid van drogen van het metselwerk.
2. Dit houdt in dat daarmee er slechts in beperkte mate sprake zal zijn van een toegenomen risico op vorstschade op de baksteen en het metselwerk als gevolg van een hogere vochtbelasting.
3. Door het aanbrengen van de hydrofobe seal-laag op het metselwerk is het oppervlak waterafstotend, en mag er vanuit worden gegaan dat vergipsing van het metselwerk wordt voorkomen. Het watertransport vanuit het oppervlak tot in het metselwerk wordt door de aangebrachte seal-laag verminderd. Daarnaast zal het capillair transport van vocht met opgelost gips stoppen direct onder de seal-laag. Kristallisatie van gips zal plaatsvinden in de capillairen en niet langer op het baksteen oppervlak.
4. In de situatie dat de hydrofobe seal-laag plaatselijk niet aanwezig is, zal het uitdrogen van het metselwerk op die plaatsen ongehinderd kunnen plaatsvinden en zullen op die plaatsen uitbloeiingsverschijnselen en vergipsing ongehinderd kunnen ontstaan.