

Onderzoek vocht- en zoutbelasting

Gemeente: Wetteren
 Instelling of verzameling: Sint Gertrudiskerk



[© KIK-IRPA, Brussels (Belgium) 1945, cliché B084394]

Aanvrager: *Ruben Willaert restauratie & archeologie,
 Ten Briele 14, bus 15
 8200 Sint-Michiels - Brugge*

Contactpersoon: Anaïs Demuynck, anaïs@rubenwillaert.be

Dossiernummer KIK: 2015.12934

Betrokken cel van het KIK: Labo monumenten en monumentale decoratie

Verantwoordelijke van de cel: Hilde De Clercq

Uitvoering van de analyse: Mohamed Rich

Verslaggeving en Contactpersoon KIK: Sebastiaan Godts, sebastiaan.godts@kikirpa.be

Datum van de staalname 16 december 2015 (Sebastiaan Godts)

Datum van het verslag: 28 januari 2016

Dit verslag mag enkel in zijn geheel worden verspreid. Geen enkele grafiek of afbeelding mag worden gebruikt zonder toestemming van de auteur. Tenzij anders contractueel vastgelegd behoudt het KIK op exclusieve wijze alle auteursrechten op het gehele verslag zoals voorzien door de wetgeving.

1 Inleiding

Op vraag van Anaïs Demuynck van de firma Ruben Willaert restauratie & archeologie, werd een onderzoek uitgevoerd naar de vocht- en zoutproblematiek in het interieur van de zuidoost georiënteerde kapel met beeldhouwwerk Jezus aan het kruis in de Sint Gertrudiskerk te Wetteren. De kapel is momenteel met glas afgesloten van de oostelijke zijbeuk en net onder het raam op een hoogte van ongeveer 5 m werd een hangend tegelplafond geïnstalleerd. De stalen, zoals opgegeven door de opdrachtgever, werden op 16 dec. 2015 genomen op verschillende hoogtes van de zuid georiënteerde binnengevel.

Specifiek werd gevraagd de aanwezigheid van vochtbronnen te identificeren en een verklaring te formuleren voor de visuele schade (afbladdering en verpoedering) van de afwerkingslagen die voorkomt in het interieur van de kapel op verschillende hoogtes. Ter plaatse kon worden vastgesteld dat een vochtwerende folie (type behang met aluminiumfolie aan de binnenzijde) werd aangebracht boven op een bepleistering met een dikte van ongeveer 2 cm en dit tot een hoogte van ongeveer 1 m. De folie werd vervolgens afgewerkt met een dampdicht verfsysteem en vertoont weinig hechting met de ondergrond. Het gebruik van recentere afwerkingsmaterialen doet de aanwezigheid van opstijgend vocht vermoeden. De hogere muurdelen (vanaf 1 m hoogte) zijn enkel voorzien van een bepleistering en een afwerkingslaag. Aan de buitengevel ter hoogte van het grafmonument en de raamdorpels werden problemen met de afwatering vastgesteld onder de vorm van verpoederende en openstaande voegen.

2 Methodiek

2.1 Vocht- en zoutgehalte

Voor het onderzoek naar het vocht- en zoutgehalte werden boorstalen gelicht in de bepleistering tot een diepte van 2 cm, in de mortelvoeg en baksteen en dit op verschillende dieptes (0-2, 2-5 cm en éénmalig in de mortelvoeg van 5 tot 10 cm) (diepteprofiel) en 4 verschillende hoogtes (hoogteprofiel). In totaal werden 19 stalen genomen en 2 stalen van zoutuitbloei aan het oppervlak van de bepleistering. Van de 19 stalen wordt het actueel en hygroscopisch vochtgehalte en het in water oplosbaar zoutgehalte bepaald.

2.1.1 Actueel en hygroscopisch vochtgehalte

Het actueel vochtgehalte wordt gravimetrisch bepaald door weging bij 60°C tot constant gewicht. Vervolgens worden de monsters geconditioneerd bij 20°C en 95% relatieve vochtigheid ter bepaling van het hygroscopisch vochtgehalte. De resultaten worden uitgedrukt als gewichtspercentage (g%) tegenover het gedroogde monster. Uit de resultaten wordt het actueel vochtgehalte geïnterpreteerd in termen van “aanwezig vocht”. Het aspect “hygroscopiciteit” heeft betrekking tot het absorberen van luchtvocht, hetgeen grotendeels kan gelieerd worden aan de aanwezigheid van zouten.

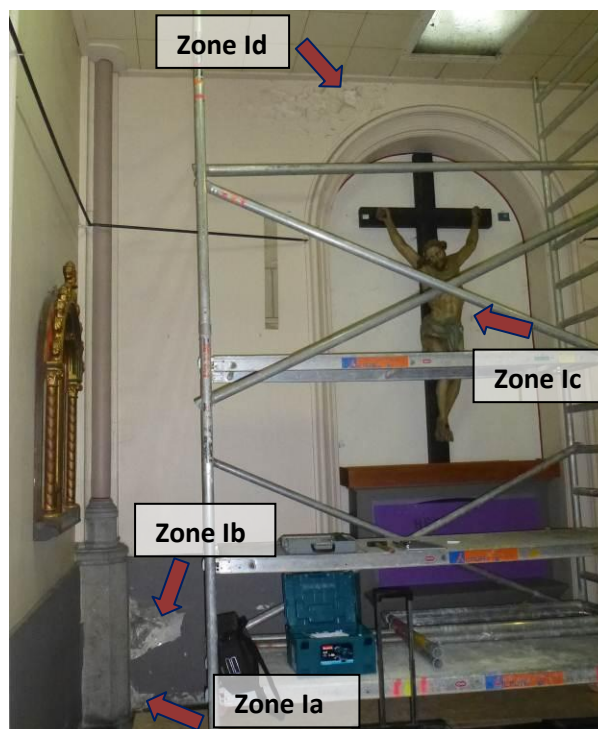
2.1.2 Zoutgehalte

Aan de gedroogde boormonsters wordt gedemineraliseerd water toegevoegd. Van het waterig extract wordt het zoutgehalte gedoseerd. Hiervoor wordt het gehalte aan anionen (Cl^- , NO_3^- en SO_4^{2-}) en kationen (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} en Mg^{2+}) gedoseerd met behulp van ionenchromatografie (IC, Metrohm). De resultaten worden weergegeven als gewichtspercentage (gew.%) tegenover het gedroogde monster. Aan de hand van de resultaten kan het gehalte oplosbare carbonaatzouten worden berekend. Verder wordt uit de resultaten van de iondosering bepaald voor welke stalen het modelleren van het zoutgedrag aan de hand van het ECOS/RUNSALT-model (environmental control of salts) noodzakelijk is. Zoutuitbloei wordt onderzocht aan de hand van X-stralen diffractie (XRD, Bruker

3 Staalname, resultaten en bespreking

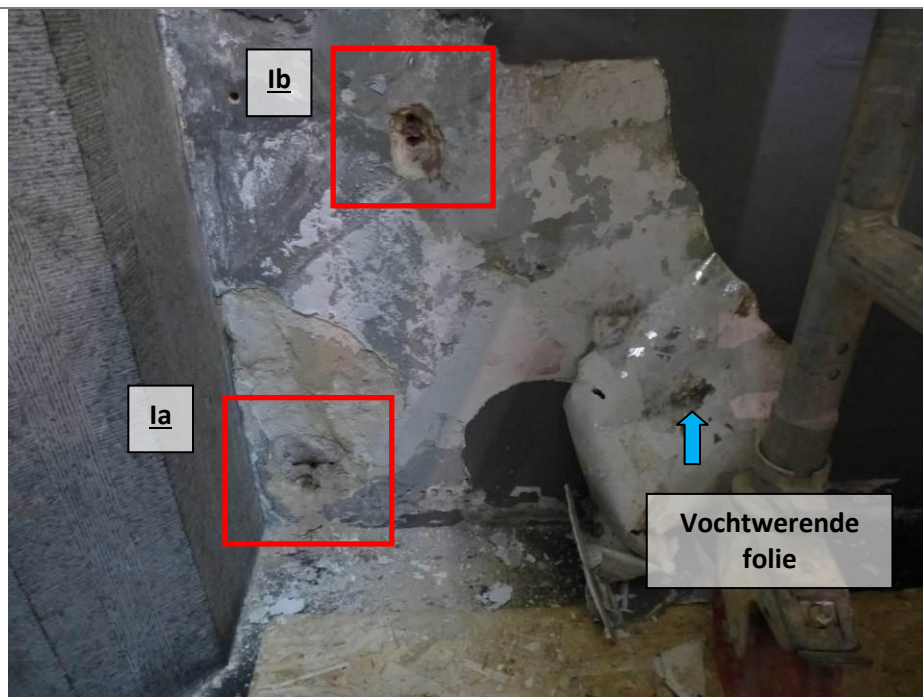
3.1 Overzicht van de staalname, het actueel en hygroscopisch vochtgehalte, en het zoutgehalte

Een overzicht van de zones worden weergegeven in **figuren 1 tot 4**. Een overzicht van de gelichte stalen en de resultaten van het actueel en hygroscopisch vochtgehalte zijn weergegeven in **tabel 1**. De actuele vochtgehaltenes (AV) hoger dan 3 g% zijn in het blauw aangeduid en de hygroscopische vochtgehaltenes (HV) hoger dan 3 g%¹ in het rood. De resultaten van de iondosering van de stalen zijn weergegeven in **tabel 2**. De iongegevens worden weergegeven in gewichtspercentage (g%) tegenover het gedroogde monster.



Figuur 1 Overzicht van de zuidelijk georiënteerde muur met aanduiding van de zones

¹ Het hygroscopische vochtgehalte is deels gekoppeld aan de hygroscopische eigenschappen van het materiaal op zich, het evenwichtsvochtgehalte van een fijn poreus materiaal is met name afhankelijk van de relatieve vochtigheid van de omgeving.



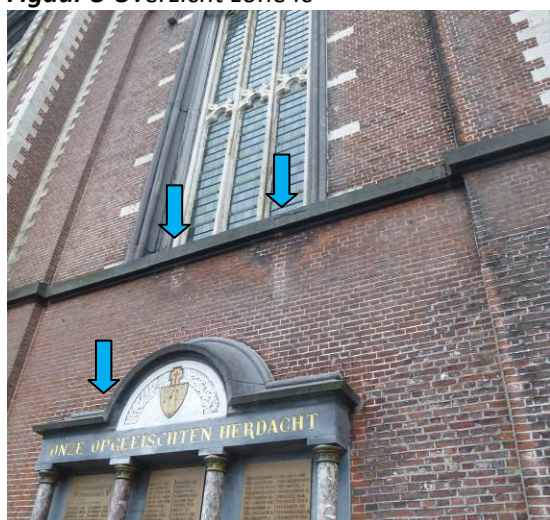
Figuur 2 Overzicht zones la en lb



Figuur 3 Overzicht zone lc



Figuur 4 Overzicht zone ld



Figuur 5 Openstaande en aangetaste voegen ter hoogte van de afwatering, onder de raamdorpels en boven het grafmonument aan de buitengevel ter hoogte van zones lc en ld

Tabel 1 Overzicht van de gelichte stalen en het actueel (AV) en hygroscopisch vochtgehalte (HV)

Zone Hoogte (cm)	Aard	Code	Diepte (cm)	g%	
				AV ²	HV
Ia (10)	P	X098	0 tot 2	7.8	17.3
	M	X099	0 tot 2	11.6	3.8
		X100	2 tot 5	10.3	6.2
Ib (50)	P	Uitbl. Ib	0	/	
		X080	0 tot 2	6.6	13.5
	M	X081	0 tot 2	7.8	7.3
		X082	2 tot 5	7.8	4.9
		X083	5 tot 10	9.4	4.9
	B	X084	0 tot 2	0.3	0.5
		X086	2 tot 5	0.4	0.4
Legende: P: bepleistering; M: mortelvoeg; B: baksteen					
Zone Hoogte (cm)	Aard	Code	Diepte (cm)	g%	
				AV ²	HV
Ic (300)	P	X087	0 tot 2	1.2	1.8
	M	X088	0 tot 2	1.0	1.3
		X089	2 tot 5	1.1	1.6
	B	X090	0 tot 2	0.2	0.7
		X091	2 tot 5	0.2	0.6
Id (+500)	P	Uitbl. Id	0	/	
		X092	0 tot 2	2.2	4.1
	M	X093	0 tot 2	3.7	1.9
		X094	2 tot 5	4.3	1.7
	B	X095	0 tot 2	0.5	0.5
		X097	2 tot 5	0.1	0.1

Uit de resultaten kan worden gesteld dat: hoge actuele vochtgehalten in combinatie met hygroscopische waarden van dezelfde grootte orde of lager wijzen op een vochtbron en worden op het moment van de staalname gemeten in de mortelvoeg van de zones Ia, Ib en Id. Er is sprake van opstijgend grondvocht in de zones Ia en Ib terwijl de vochtbron in zone Id hoogst waarschijnlijk afkomstig is van doorslaand vocht dat via de openstaande en aangetaste voegen ter hoogte van de afwatering onder de raamdorpels en boven het grafmonument aan de buitengevel migreert naar het interieur (**Figuur 5**). Een verhoogd hygroscopisch vochtgehalte wordt gedetecteerd in dezelfde zones, met zeer hoge waarden in de bepleistering van zones Ia en Ib, en wijst veelal op de aanwezigheid van zouten.

Tabel 2: resultaten van de iongegevens (g%)

Zone Hoogte (cm)	Aard	Code staal	Diepte (cm)	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Totaal	Gips	Totaal excl. (*)
Ia (10)		X098 P	0to2	0.0	0.7	3.0	1.6	1.2	0.1	0.0	6.7	0.2	7.4
		X099 M	0to2	0.0	0.0	0.1	0.2	0.2	0.0	0.0	0.6	0.1	0.9
		X100	2to5	0.0	0.1	0.3	0.1	0.2	0.1	0.0	0.9	0.3	0.8
Ib (50)		X080 P	0to2	0.0	0.4	2.2	1.2	1.5	0.1	0.0	5.5	0.3	6.5
		X081	0to2	0.0	0.3	0.3	0.7	0.4	0.0	0.0	1.8	0.1	2.7
		X082 M	2to5	0.0	0.1	0.1	0.3	0.3	0.0	0.0	0.9	0.1	1.3
		X083	5to10	0.0	0.0	0.0	0.2	0.3	0.1	0.0	0.6	0.0	1.0
		X084	0to2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.2
		X086 B	2to5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	0.2
Ic (300)		X087 P	0to2	0.0	0.0	0.7	0.0	0.1	0.2	0.0	1.2	0.8	0.4
		X088 M	0to2	0.0	0.0	0.5	0.0	0.1	0.2	0.0	0.7	0.6	0.2
		X089	2to5	0.0	0.0	0.3	0.0	0.1	0.1	0.0	0.5	0.4	0.2
		X090	0to2	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	0.3	0.0	1.0	0.9	0.2
		X091 B	2to5	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.1	0.0	0.5	0.4	0.1
Id (+500)		X092 P	0to2	0.0	0.3	2.0	0.3	0.2	0.7	0.0	3.5	2.2	1.3
		X093 M	0to2	0.0	0.0	0.3	0.0	0.1	0.1	0.0	0.6	0.5	0.2
		X094	2to5	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	0.3	0.2	0.2
		X095	0to2	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.3	0.2	0.2
		X097 B	2to5	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.2	0.1	0.2

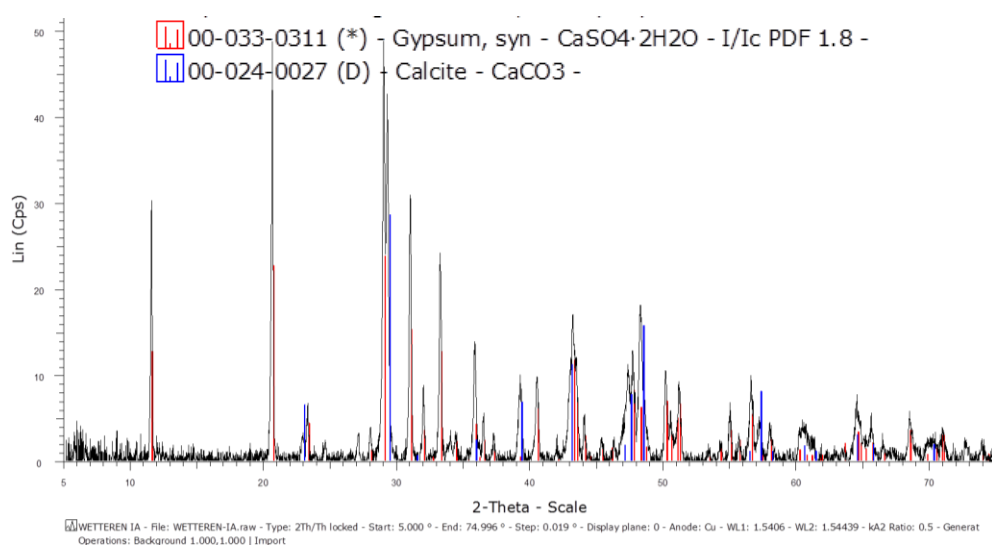
Legende: P: bepleistering; M: mortelvoeg B: baksteen

Het zoutgehalte van de stalen waarvan het totaal gehalte exclusief gips vanaf 1 g% zijn in het rood gemarkeerd.

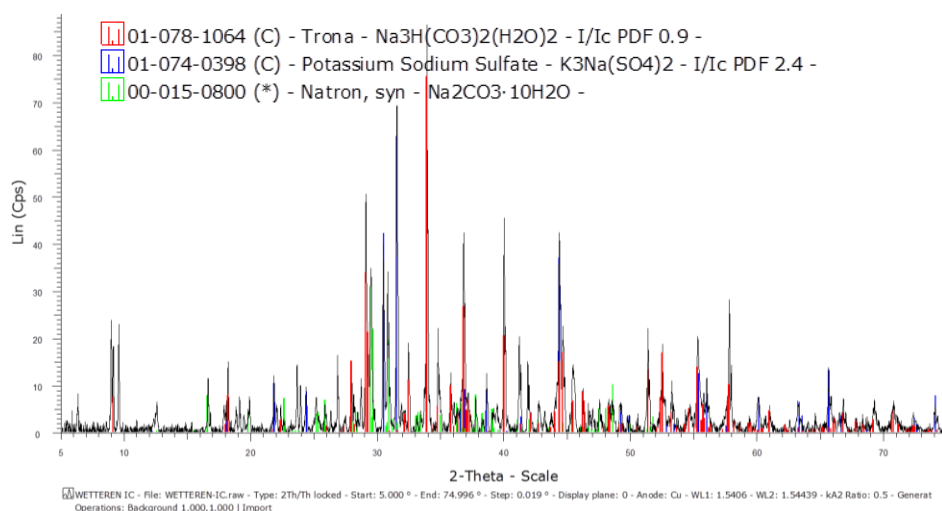
(*) totaal exclusief gips en inclusief theoretisch gehalte aan carbonaat ionen

² Deze waarden zijn indicatief aangezien ze afhankelijk zijn van de klimatologische omstandigheden op het moment van de staalname. Na regenval kan het actueel vochtgehalte hoger liggen en op meerdere plaatsen voorkomen en inversa na een periode van droogte.

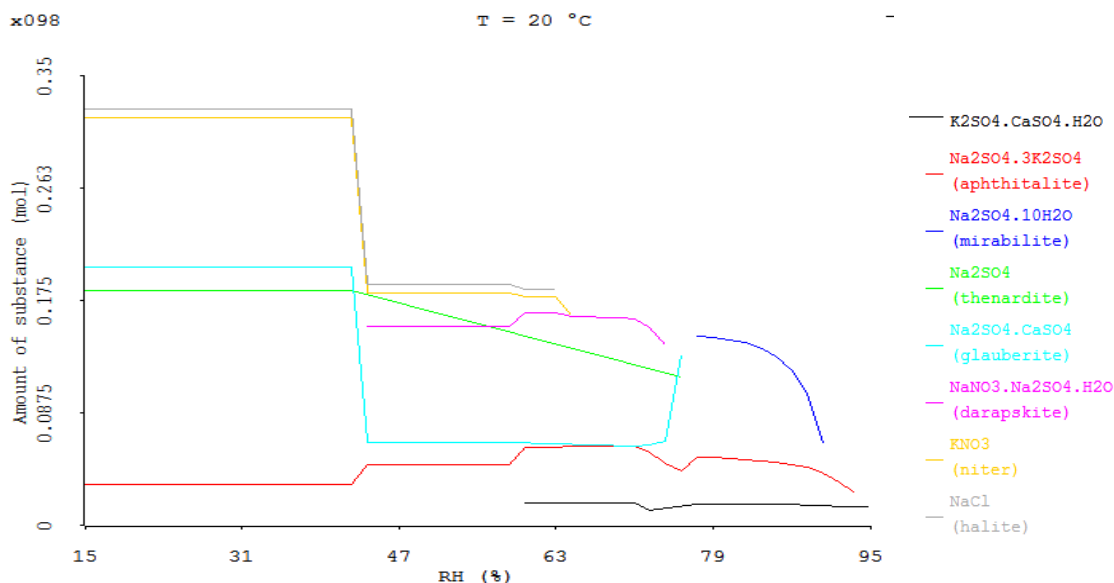
De zichtbare schade kan verklaard worden door opstijgend en doorslaand vocht waarmee zouten worden getransporteerd naar het oppervlak (het droogfront). De aanwezigheid van een vochtbron in zone Ib wordt bevestigd door de analyse van de zoutuitbloei van het weinig oplosbare zout gips (2g/l) (**Figuur 6**). Het merendeel van het aanwezig zout werd afgezet in de bepleistering van zones Ia, Ib en Id en in de mortelvoeg van zone Ib (tot een diepte van minstens 10 cm), terwijl deze van zone Ia als een randgeval kan worden beschouwd. Het zoutmengsel bestaat grotendeels uit natriumsulfaat en natriumcarbonaat dat onder de vorm van verschillende dubbelzouten en gehydrateerde vormen voorkomt. De aanwezigheid van natriumsulfaat en natriumcarbonaat werd bevestigd door de analyse van de zoutuitbloei in zone Id (**Figuur 7**). Het complex zoutmengsel kristalliseert uit binnen een RV tussen 40 en 95% (**Figuur 8**). Verder lijkt het zoutgehalte in de bakstenen en mortelvoegen over het algemeen voldoende laag.



Figuur 6 XRD-analyse van de zoutuitbloei zone Ib



Figuur 7 XRD-analyse van de zoutuitbloei zone Id



Figuur 8 Ecos-Runsalt outputs (kristallisatiegedrag bij 20°C en tussen 15 en 95% RV) van het ionmengsel gedetecteerd in de bepleistering van zone Ia (staal x098). (correctie voor een overmaat aan natrium ionen, afkomstig van het schadelijk zout natriumcarbonaat)

4 Algemene conclusies

In de **zones Ia en Ib** werd een vochtbron gedetecteerd waarbij het water voornamelijk via de voegen wordt getransporteerd. Het vochtgehalte daalt naarmate de stalen hoger in de muur werden gelicht (van zone Ia tot Ib), hetgeen typerend is voor de aanwezigheid van opstijgend grondvocht. Voor zover de schade aan de onderzijde van muren, zoals in zones Ia en Ib, een aanwijzing is voor de huidige vochtbelasting kan deze situatie worden getransfereerd naar de andere muurdelen. Het is aangewezen de muren te behandelen tegen opstijgend grondvocht. De schade aan de afwerkingslagen in **zone Id** kan enerzijds verklaard worden door de aanwezigheid van een vochtbron en anderzijds door een hoge zoutbelasting. Het betreft hier doorslaand vocht dat via de openstaande en aangetaste voegen aan de buitengevel migreert naar het interieur. Ter hoogte van de raamdorpels werden problemen met de afwatering vastgesteld. In mindere mate is een gelijkaardig schadepatroon zichtbaar in **zone Ic** en wordt hoogst waarschijnlijk veroorzaakt door migratie van water via de openstaande voegen boven het grafmonument aan de buitengevel. Dit fenomeen werd niet bevestigd aan de hand van gegevens aangezien het afhankelijk is van de klimatologische omstandigheden op het moment van de staalname. Na regenval kan het actueel vochtgehalte hoger liggen en inversa na een periode van droogte.

Er kan worden aangenomen dat de huidige zoutbelasting in de **zones Ia, Ib en Id** afkomstig is van een langdurig proces waarbij oplosbare zouten via de vochtbronnen migreren naar de mortelvoegen en de bepleistering. Voor een duurzame restauratiebehandeling, lijkt het minstens aangewezen de zoutbelaste bepleistering te verwijderen tot 30 cm buiten de beschadigde **zones Ia, Ib en Id** en de voegen zo diep mogelijk te vervangen rond **zone Ib**. En dit na initiële uitdroging van de bouwmaterialen (1 maand) na een behandeling tegen opstijgend grondvocht en de noodzakelijke restauratiewerken van de afwatering en voegen aan de buitengevel ter hoogte van het raam en het grafmonument. Aangezien het zoutgehalte hoog blijft tot een diepte van minstens 10 cm in mortelvoegen van **zone Ib** kan

op lange termijn het terugkeren van zoutschade niet geheel worden uitgesloten. Het lijkt aangewezen te opteren voor een voeg- en pleistermaterie dat voldoende fijn poreus is en tegelijkertijd voldoende grote poriën bevat om verdere zoutmigratie op te vangen, hiervoor kan een mortelmaterie gehanteerd worden met 1 vol. deel hydraulische kalk (NHL 2 of 3.5) en 3 vol. delen rivierzand (0-3 mm) en het geheel af te werken met een dampopen verfsysteem. Voor zover de staalname representatief is voor de schade dat zichtbaar is ter hoogte van **zone Ic** zal het uitschakelen van de vochtbron volstaan om toekomstige schade te beperken.