



Waterdampdoorlatendheid van het kaleisysteem Kalei Liscio en de bijhorende afwerkingssystemen

Proefverslag

D : 2010.10719

Aanvrager : Rewah n.v., Dhr. Rudy Keppens
Uitvoering : Departement Laboratoria, Cel Monumenten
Roald Hayen en Cinzia Vincentini
Verslaggeving : Roald Hayen
Datum : 12 oktober 2010

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

1. Vraagstelling

In het kader van de ontwikkeling van het kaleisysteem '*Kalei Liscio*' heeft de firma Rewah n.v. het KIK gevraagd de waterdampdoorlatendheid voor een aantal experimentele kaleisystemen te bepalen, daar dit een bepalende factor is voor de duurzaamheid van het kaleisysteem.

In totaal werden 5 kaleisystemen voor analyse aangeboden. De ondergrond, die als drager fungeerde voor de kalei tijdens de test, werd door het KIK voorbereid en aan de firma Rewah n.v. bezorgd. Het aanbrengen van de kalei op de ondergrond werd verzorgd door de aanvrager.

De 5 kaleisystemen werden genummerd van I t/m V in Romeinse cijfers. Een overzicht van de opbouw van de verschillende kaleisystemen is weergegeven in tabel 1, volgens de gegevens aangeleverd door de aanvrager.

*Tabel 1: Opbouw van de verschillende kaleisystemen
(de hoeveelheden geven het verbruik weer uitgedrukt in g)*

Kalei-systeem	Staal	Opbouw					
		Tensiocoat		Cemgrip S	Kalei Liscio	Pigment	
		Primer	TQ			1.6m%	4.8m%
I	1	-	-	-	25,9	-	-
	2	-	-	-	26,1	-	-
	3	-	-	-	23,8	-	-
II	4	3,7	4,2/3,7	-	23,8	-	-
	5	4,0	4,3/4,2	-	23,8	-	-
	6	4,2	4,4/4,1	-	24,2	-	-
III	7	-	-	x	24,1	-	-
	8	-	-	x	23,4	-	-
	9	-	-	x	23,9	-	-
IV	10	-	-	-	24,1	x	-
	11	-	-	-	24,5	x	-
	12	-	-	-	23,9	x	-
V	13	-	-	-	25,0	-	x
	14	-	-	-	25,9	-	x
	15	-	-	-	24,1	-	x

De aanvrager verstreekte bijkomend volgende gegevens met betrekking tot de wijze waarop de kalei op de ondergrond werd aangebracht:

- de temperatuur in het laboratorium bedroeg tussen 24 en 25°C;
- de ondergrond werd licht voorbevochtigd met behulp van een platte borstel. De gewichtstoename bedroeg ca. 5 g.
- de kalei werd onmiddellijk na bevochtiging met een platte borstel op de ondergrond aangebracht in twee lagen. De aangebrachte hoeveelheid stemt overeen met een gemiddeld verbruik van $2,35 \pm 0,08$ kg/m². Dit komt overeen met laagdikte van ca. 2 mm.

In het geval van kaleisysteem II werd de kalei in drie lagen nabehandeld: een laag Tensiocoat Primer, gevolgd door twee lagen Tensiocoat TQ. De Tensiocoat Primer werd 300% verdund en vervolgens met een platte kwast aangebracht. Na 6 uur drogen bij 28°C werd een eerste laag Tensiocoat TQ met een ronde kwast aangebracht. Eén dag later werd

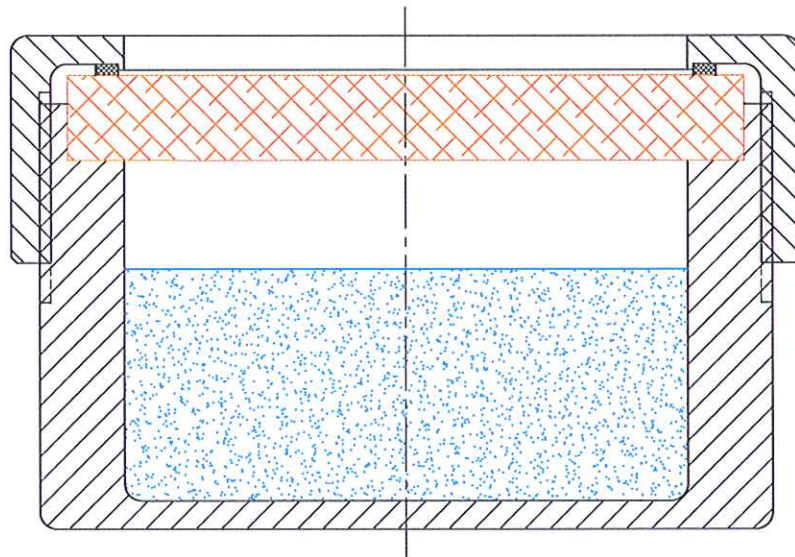
de tweede laag onder vergelijkbare omstandigheden aangebracht. Het verbruik voor elk van de drie lagen is eveneens in tabel 1 terug te vinden.

2. Methodologie

2.1. Proefopstelling

De bepaling van de waterdampdoorlatendheid van de gekaleide afwerkingen werd uitgevoerd volgens de norm **EN ISO 12572:2001** 'Hygrothermal performance of building materials and products - Determination of water vapour transmission properties'. De norm omschrijft de opbouw van de proefopstelling, de uitvoeringsmodaliteiten van de proef, evenals de wijze waarop de gegevens dienen verwerkt en weergegeven te worden.

Een schematische voorstelling van de opstelling voor de bepaling van de waterdampdoorlatendheid is weergegeven in figuur 1.



Figuur 1: Schematische voorstelling van de opstelling

De proefopstelling bestaat uit een plexiglazen beker, waarin een cilindervormig proefstuk (oranje) wordt bevestigd. De bedoeling is om een constant verschil in waterdampdruk te creëren tussen beide zijden van het proefstuk.

Aan de onderzijde van het proefstuk bevindt zich een verzadigde zoutoplossing van kaliumnitraat (KNO_3) in water. Hierdoor ontstaat tussen de waterige zoutoplossing en de onderzijde van het proefstuk een constant relatief luchtvochtgehalte van 94%. Het geheel van de proefopstelling wordt vervolgens in een geklimatiseerde ruimte geplaatst bij $23 \pm 5^\circ\text{C}$ en $50 \pm 5\%$ relatief luchtvochtgehalte. Het verschil in luchtvochtgehalte over het proefstuk zorgt voor een waterdampstroom doorheen het materiaal.

De diameter van de openingen onderaan (binnendiameter beker) en bovenaan (opening in het deksel) bedraagt telkens 100 mm. De vrije opening heeft daarmee een oppervlakte van $0,785 \text{ dm}^2$, wat beantwoordt aan de minimum vereisten volgens de vermelde norm. Conform de norm wordt elke proef in 3-voud uitgevoerd.

Op regelmatige tijdstippen wordt het gewichtsverlies van de opstelling gewogen. Dit gewichtsverlies is de hoeveelheid waterdamp die doorheen het proefstuk migreert als gevolg van het verschil in waterdampdruk over het proefstuk. Het gewichtsverlies per tijdseenheid (G in kg/s) bepaalt de waterdampdoorlatendheid van het proefstuk.

Voor de bepaling van de waterdampdoorlatendheid van dunne afwerkingslagen, zoals bijvoorbeeld kalei, is het noodzakelijk een drager te voorzien waarop de afwerking wordt aangebracht. Uit het verschil tussen de metingen van het massaverlies tussen de drager alleen en de drager met de afwerkingslaag kan vervolgens de dampdoorlatendheid van de afwerkingslaag worden bepaald.

Als drager wordt een lichtgewicht cellenbeton, type Ytong, gebruikt.

2.2. Berekeningsmethode

Het massaverlies van de proefopstelling is een maat voor de hoeveelheid waterdamp dat doorheen het proefstuk migreert als gevolg van het verschil in waterdampdruk over het proefstuk en wordt uitgedrukt door de **waterdampstroomsnelheid G** (eenheden: kg/s).

De **waterdampdiffusiegeleidbaarheid W** (eenheden: kg/m².s.Pa of s/m) wordt vervolgens berekend als:

$$W = G/A \cdot \Delta p_v$$

met A , het vrije oppervlak (hier 0,00785 m²)

Δp_v , het verschil in waterdampdruk over het proefstuk

De **waterdampdiffusieweerstand Z** (eenheden: m².s.Pa/kg of m/s) is het omgekeerde van de waterdampdiffusie-geleidbaarheid W .

$$Z = 1/W$$

Volgens de norm EN ISO 12572:2001, annex E dient de waterdampdiffusieweerstand Z te worden bepaald voor zowel de drager alleen (Z_{drager}), als de combinatie van de drager met de afwerkingslaag (Z_{totaal}). De waterdampdiffusieweerstand van de afwerkingslaag op zich, hier de kaleilaag (Z_{kalei}), is het verschil tussen beide waarden:

$$Z_{\text{kalei}} = Z_{\text{totaal}} - Z_{\text{drager}}$$

De waterdampdoorlatendheid van afwerkingslagen, waarvan de laagdikte beperkt is en doorgaans moeilijk exact te bepalen, wordt doorgaans uitgedrukt als een **s_d -waarde** (eenheden: m), die als volgt wordt berekend:

$$s_d = \delta_a \cdot Z$$

met δ_a , de waterdampgeleidingscoëfficiënt van lucht, ca. $1,87 \cdot 10^{-10}$ kg/m.s.Pa bij 23°C en atmosferische luchtdruk.

3. Resultaten

De resultaten van de metingen van de waterdampdiffusieweerstand Z voor de drager, de combinatie van de drager met het kaleisysteem en de kalei alleen zijn weergegeven in tabel 2. Voor de kalei is vervolgens de gemiddelde waarde berekend van de 3 metingen. Een volledig grafisch overzicht van de verschillende metingen is opgenomen in figuur 2.

Tabel 2: Waterdampdiffusieweerstanden voor de combinatie drager met het kaleisysteem, de drager en het kaleisysteem afzonderlijk (de variatiecoëfficiënt op de gemiddelde waarden is tussen haakjes weergegeven)

Kalei	Staal	Z_{totaal} [x10 ⁹ m/s]	Z_{drager} [x10 ⁹ m/s]	Z_{kalei}	
				meetwaarden [x10 ⁹ m/s]	gemiddelde [x10 ⁹ m/s]
I	1	0,739	0,704	0,0353	0,0363 (91%)
	2	0,749	0,745	0,0039	
	3	0,848	0,778	0,0698	
II	4	1,330	0,749	0,581	0,502 (19%)
	5	1,089	0,694	0,395	
	6	1,169	0,639	0,530	
III	7	1,057	-	-	0,0535 (79%)
	8	0,730	0,706	0,0237	
	9	0,771	0,688	0,0833	
IV	10	0,706	0,664	0,0421	0,0330 (26%)
	11	0,701	0,675	0,0253	
	12	0,701	0,669	0,0314	
V	13	0,704	0,680	0,0233	0,0133 (106%)
	14	0,668	0,665	0,0033	
	15	0,571	0,685	-	

Staal nr. 7 werd bij de voorbereiding van de opstelling beschadigd zodat hierop geen meting met het kaleisysteem kon uitgevoerd worden.

Staal nr. 15 (kaleisysteem V) vertoonde in vergelijking met de overige meetresultaten een sterk afwijkende meetwaarde voor de totale waterdampdiffusieweerstand van de drager met het afwerkingssysteem, zodat besloten werd om dit meetresultaat niet verder mee te nemen in de berekening van het eindresultaat.

De spreiding op de meetresultaten van de waterdampdiffusieweerstand is voor de meeste kaleisystemen zeer hoog (hoge waarden voor de variatiecoëfficiënt worden bekomen). De meetresultaten van de waterdampdiffusieweerstand van de drager op zich vertonen een veel kleinere variatie. Zonder rekening te houden met de verschillen in dikte tussen de verschillende stalen, bedraagt de variatiecoëfficiënt voor de drager 5% wat eerder een normale waarde is voor de spreiding van fysische meetwaarden.

De waargenomen spreiding op de waterdampdiffusieweerstand van de verschillende kaleisystemen is bijgevolg te wijten aan verschillen als gevolg van het aanbrengen van de kalei en meer dan waarschijnlijk het gevolg van een ongelijke laagdikte van de kalei over het oppervlak en tussen de verschillende stalen onderling.

De bijhorende gemiddelde en 98-percentiele s_d -waarden voor de verschillende kaleisystemen zijn opgesomd in tabel 3. De 98-percentiele is de s_d -waarde waaronder

98% van de meetwaarden zich zullen bevinden op basis van de gemiddelde waarde en de standaarddeviatie op de bekomen meetresultaten.

Tabel 3: Dampdoorlatendheid (s_d -waarde) voor de verschillende kaleisystemen

Kalei	s_d	
	gemiddelde [m]	98% percentiel [m]
I	0,0068	0,0211
II	0,0939	0,1357
III	0,0100	0,0284
IV	0,0062	0,0099
V	0,0025	0,0086

Een grafische weergave van de meetresultaten voor de s_d -waarde van de verschillende proefstalen, de gemiddelden en de standaard afwijking hierop is terug te vinden in figuur 3.

4. Bespreking

Kaleisystemen I, III, IV en V vertonen een zeer vergelijkbare en hoge dampdoorlatendheid. Alleen kaleisysteem II springt uit de ban en vertoont in vergelijking een duidelijk mindere dampdoorlatendheid na toepassing van de Tensiocoat Primer en de Tensiocoat TQ als nabehandeling op de kalei.

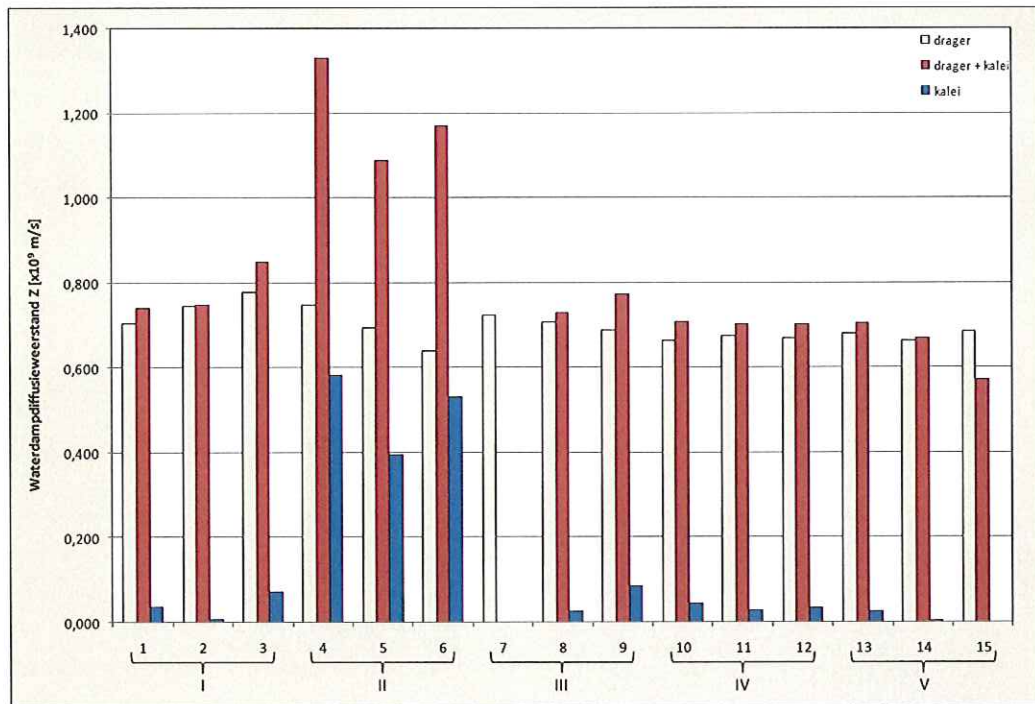
Alle 5 kaleisystemen worden evenwel volgens de norm **EN ISO 7783-2:1999** 'Paints and varnishes, Coating materials and coating systems for exterior masonry and concrete, Part 2: Determination and classification of water-vapour transmission rate (permeability)' onder klasse I als hoog dampdoorlatend geklasseerd, ook wanneer de 98-percentiele s_d -waarde als referentie genomen wordt.

Ter informatie wordt hier tabel 2 uit deze norm overgenomen, waarin de klassificatie van verven en vernissen volgens hun dampdoorlatendheid wordt omschreven.

Tabel 4: Klassificatie van verven en vernissen op waterdampdoorlatendheid volgens de norm EN ISO 7783-2:1999 (tabel 2 van de norm)

Klasse	Waterdampdiffusiegeleidbaarheid		s_d -waarde [m]
	[g/m ² d]	[g/m ² h]	
I (hoog)	> 150	> 6	< 0,14
II (midden)	15 - 150	0,6 - 6	0,14 - 1,4
III (laag)	< 15	< 0,6	> 1,4

Alle 5 kaleisystemen behoren tot klasse I, hoog dampdoorlatend.



Figuur 2: Grafische weergave van de individuele meetresultaten van de waterdampdiffusieweerstand.

Figuur 3: Grafische weergave van de sd-waarden, gegroepeerd volgens de verschillende kaleisystemen.

