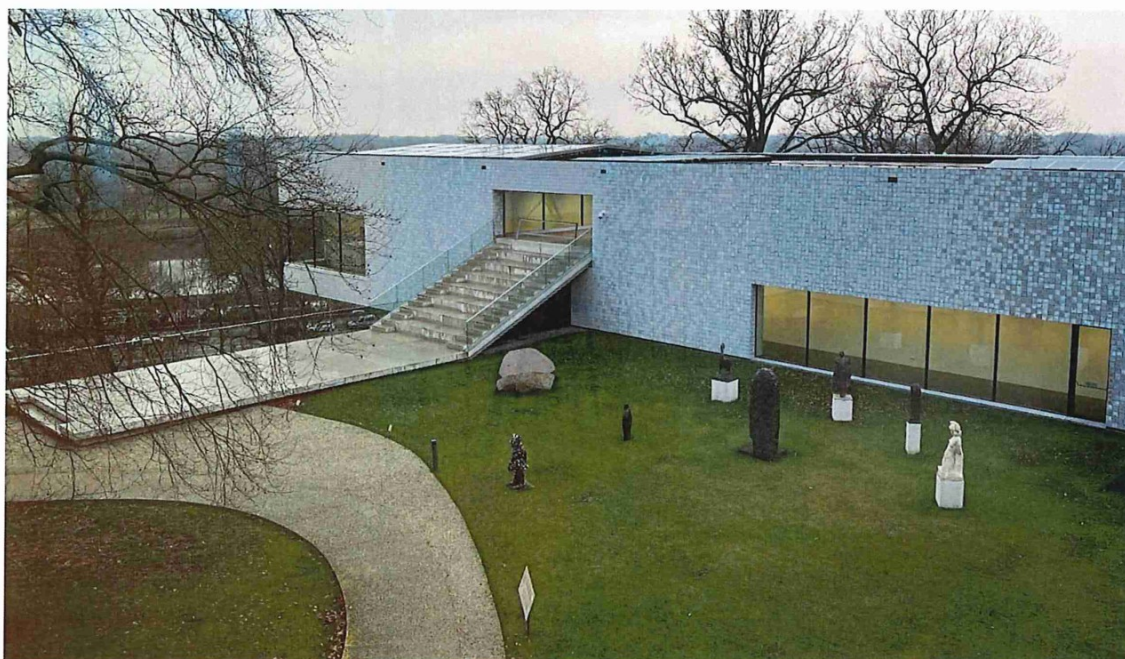


SE/2026.052

## DESKUNDIGENBERICHT INZAKE DE VAN EEN KERAMISCHE AFWERKING VOORZIENE GEVELS VAN HET MUSEUM ARNHEM

Kenmerk RvA 705 / Hekkelman-NIJMEGEN.FID460672



# LAHAYE BEHEER B.V.

---

Rapportnummer: SE/2026.052

Datum : 23 maart 2026

Uitvoering : Ir. 

## DESKUNDIGENBERICHT INZAKE DE VAN EEN KERAMISCHE AFWERKING VOORZIENE GEVELS VAN HET MUSEUM ARNHEM

Kenmerk RvA 705 / Hekkelman-NIJMEGEN.FID460672

Autorisatie:



ir. 

## INHOUDSOPGAVE:

<b>1.</b>	<b>ALGEMEEN .....</b>	<b>7</b>
1.1	OPDRACHTGEVER .....	7
1.2	BETREFFENDE OBJECT .....	7
1.3	VRAAGSTELLING .....	7
1.4	ONTVANGEN INFORMATIE OP SCHRIFT .....	8
<b>2.</b>	<b>INSPECTIES.....</b>	<b>10</b>
2.1	INSPECTIES: DATA EN AANWEZIGEN .....	10
2.2	1 <sup>E</sup> INSPECTIE:.....	10
2.2.1	<i>Mededelingen:</i> .....	10
2.2.2	<i>Waarnemingen:</i> .....	10
2.3	2 <sup>E</sup> INSPECTIE.....	11
2.3.1	<i>Mededelingen:</i> .....	11
2.3.2	<i>Waarnemingen:</i> .....	12
<b>3.</b>	<b>LABORATORIUMONDERZOEK: .....</b>	<b>25</b>
3.1	HAARSCHUREN IN DE GLAZUUR .....	25
3.2	UITTREDENDE OPPERVLAKKIGE DELEN: .....	26
3.3	LABORATORIUMPROEVEN .....	26
3.4	RESULTATEN VAN DE LABORATORIUMPROEVEN .....	27
<b>4.</b>	<b>EVALUATIE.....</b>	<b>30</b>
4.1	DE VERWERKING VAN DE TEGELS .....	30
4.2	VORSTBESTANDHEID VAN DE TOEGEPASTE TEGELS.....	31
4.3	DE VOCHTEXPANSIE .....	32
<b>5.</b>	<b>BEANTWOORDING VAN DE VRAGEN .....</b>	<b>34</b>
5.1	VRAAG 1: DE GEPLAATSTE KERAMIEKEN TEGELS VERTONEN GEBREKEN, WAARONDER BARSTEN IN HET GLAZUUR. WAT IS DE OORZAAK VAN DE GEBREKEN AAN DE KERAMIEKEN TEGELS.....	34
5.2	VRAAG 2: OP WELKE WIJZE DIEN HERSTEL PLAATS TE VINDEN? .....	34
	<b>Bijlage 1:</b> Test vorstbestandheid conform EN-ISO 10545-12.....	36
	<b>Bijlage 2:</b> Testresultaten vochtexpansie.....	37
	<b>Bijlage 3:</b> Mailbericht van ing. [REDACTED] van het TCKI.....	42
	<b>Bijlage 4:</b> Mailbericht van [REDACTED] van de Koninklijke Tichelaar d.d. 23 december 2024.....	43

## 1. Algemeen

### 1.1 Opdrachtgever

Naam: Gemeente Arnhem

P/a: Hekkelman Advocaten N.V.  
Oranjesingel 1  
6511 NJ Nijmegen

Postadres: Postbus 1094  
6501 BB Nijmegen

Contactpersoon: Mr. [REDACTED] / mr. [REDACTED]

Tel. vast: 024 - 382 [REDACTED] 024 - 382 [REDACTED]  
Tel. Mob.: n.b. / n.b.  
E-mail: [REDACTED]@hekkelman.nl [REDACTED]@hekkelman.nl

Zaaknummer: RvA 705 / Hekkelman-NIJMEGEN.FID460672

Betreft: Gemeente Arnhem / Rots Bouw

### 1.2 Betreffende object

Keramische gevelafwerking van de nieuwbouw van het Museum Arnhem, gelegen aan de Utrechtseweg 87 te (6812 AA) Arnhem.

### 1.3 Vraagstelling

De vraagstelling is vermeld in het e-mailbericht van mr. [REDACTED] van Hekkelman Advocaten N.V. ([REDACTED]@hekkelman.nl) met kenmerk Hekkelman-NIJMEGEN.FID460672 d.d. 17 juli 2025, gericht aan mw. [REDACTED] van de Raad van Arbitrage voor Bouwgeschillen (info@raadvanarbitrage.nl) en luidt als volgt:

- De geplaatste keramieken tegels vertonen gebreken, waaronder barsten in het glazuur. Wat is de oorzaak van de gebreken aan de keramieken tegels.
- Op welke wijze dient herstel plaats te vinden?

## 1.4 Ontvangen informatie op schrift

Het volgende digitale procesdossier is op vrijdag 3 oktober 2025 verkregen via de link die is toegestuurd middels de e-mail van mevrouw [REDACTED] van Hekkelman Advocaten B.V. ([REDACTED]@hekkelman.nl) met kenmerk Hekkelman-NIJMEGEN.FID460672 aan de Raad van Arbitrage voor Bouwgeschillen (info@raadvanarbitrage.nl):

- Notitie Stevens Van Dijk met titel 'Nieuwbouw en renovatie Museum Arnhem Vraagspecificatie – proceseisen', d.d. 18 april 2019.
- Notitie Rots Bouw met titel 'Overzicht garantietermijn bouwkundig' projectnummer: 348, project: Museum Arnhem, datum wijziging: 22-12-2021.
- Model garantieverklaring voor een onderdeel, Rots Bouw B.V., getekend d.d. 22-12-2021.
- Rots Bouw / Vibes Building Engineers, met titel 'Detaillijst', fase revisietekeningen, tekeningen nummer WT-N-D000-DL d.d. 17-12-2021.
- Tekening Rots Bouw B.V./ Vibes Building Engineers, met titel 'Gevelaanzichten', fase Revisietekeningen, tekening nummer WT-N-Axx, datum laatste wijziging 16-12-2021.
- Notitie gemeente Arnhem met titel 'Overeenkomst Engineeringswerkzaamheden voor en de realisatie van de nieuwbouw en renovatie van Museum Arnhem', met zaaknummer 324880 d.d. 3 december 2019.
- Mailbericht van [REDACTED] ([REDACTED]@museumarnhem.nl) aan [REDACTED] ([REDACTED]@arnhem.nl) met onderwerp 'Aanvulling op dossier kapotte tegels' d.d. 1 mei 2025,
- Mailbericht van [REDACTED] ([REDACTED]@arnhem.nl) gericht aan [REDACTED] ([REDACTED]@arnhem.nl) en [REDACTED] ([REDACTED]@arnhem.nl), met onderwerp "Nieuwe schade" aan tegels d.d. 14 januari 2025.
- Mailbericht van [REDACTED] ([REDACTED]@arnhem.nl) gericht aan [REDACTED] ([REDACTED]@rotsbouw.nl), [REDACTED] ([REDACTED]@arnhem.nl), [REDACTED] ([REDACTED]@arnhem.nl) met onderwerp 'tegels museum' d.d. 22 augustus 2024.
- Mailbericht van [REDACTED] ([REDACTED]@museumarnhem.nl) gericht aan [REDACTED] ([REDACTED]@arnhem.nl), [REDACTED] ([REDACTED]@arnhem.nl), [REDACTED] ([REDACTED]@museumarnhem.nl) met onderwerp: "Nieuwe schade" aan tegels, d.d. 14 januari 2025.
- Mailbericht van [REDACTED] ([REDACTED]@arnhem.nl) gericht aan [REDACTED] ([REDACTED]@tichelaar.nl), [REDACTED] ([REDACTED]@Rotsbouw.nl), [REDACTED] ([REDACTED]@tichelaar.nl), [REDACTED] ([REDACTED]@Rotsbouw.nl), [REDACTED] ([REDACTED]@arnhem.nl), [REDACTED] ([REDACTED]@arnhem.nl) met onderwerp 'Tegels Museum Arnhem', d.d. 14 januari 2025.
- Certificaat Stichting Gevelgarantie: Garantiecertificaat gevelsystemen, certificaatnummer G6403, datum afgifte 26-01-2022, gevelisolatiebedrijf Ter Woerds Afbouw B.V. te neede, gevelisolatiesysteem StoTherm-Classic met StoMilano en Sto Superfit Prote.
- Inspectierapport Afbouw Gevelsupport, projectnaam Museum Arnhem, projectnummer 696GS2021 | G-6403 d.d. 17 januari 2022.
- Garantieverklaring Ter Woerds Afbouw B.V., betreft '348.0000 Verbouw- en nieuwbouw Museum Arnhem', d.d. 20 december 2021.

- Opleverdossier Rots Bouw B.V. met titel ‘Realisatie nieuw- en verbouw Museum Arnhem aan de Utrechtseweg 87 te Arnhem.
- Notitie Rots Bouw B.V. met titel ‘Leveranciers en onderaannemers Nieuwbouw en Renovatie Museum Arnhem, project 348 Nieuwbouw en Renovatie Museum Arnhem, datum wijziging: 13-11-2020.
- Meerdere notities van Rots Bouw B.V. met titel ‘Ontwerp Nota TO bij engineering- en realisatieovereenkomst d.d. 03-12-2019, 22-11-2019.
- Notitie Rots Bouw B.V. met titel ‘Notitie Optimalisatievoorstellen’ d.d. 07-11-09.
- Notitie Rots Bouw B.V. met titel ‘Bouwen boven de stuwwal’, geen datum.

Als bijlage bij de e-mail van mr. [REDACTED] [REDACTED]@hekkelman.nl) van Hekkelman Advocaten en notarissen d.d. 16 december 2025 met kenmerk Rapportage Museum Arnhem [Hekkelman-NIJMEGEN.FID460672] is het rapport van Rope Acces Nord met titel ‘Rapportage Museum Arnhem’, projectnummer 2502-004 GEME NL ARNH, project ‘Schoonmaakwerkzaamheden aan de buitenzijde Museum Arnhem’, werkzaamheden d.d. 22 september t/m 9 oktober 2025, ontvangen.

Als bijlage bij de e-mail van ing. [REDACTED] van de gemeente Arnhem d.d. 16-3-2026 is de volgende, relevante informatie verkregen:

- Notitie Rots Bouw, werk Museum Arnhem, projectnummer 348, titel Kwaliteitscontrole productie tegels Tichelaar te Makkum”, d.d. 30-04-2021.
- Verwerkingsrichtlijn Dynamic Bond 2.5, opgesteld door Dynamic Bonding Systems B.V. ten behoeve van Ter Woerds Afbouw project Museum Arnhem met titel ‘Verlijming geglazuurde keramische tegels op Kingspan XL Forte en Rockpanel Colour’.
- Verwerkingsrichtlijn Dynamic Stone, opgesteld door Dynamic Bonding Systems B.V. ten behoeve van Ter Woerds Afbouw project Museum Arnhem met titel ‘Verlijming geglazuurde keramische tegels op Kingspan XL Forte. Plafond toepassing’.
- Verwerkingsrichtlijn Dynamic Stone, opgesteld door Dynamic Bonding Systems B.V. ten behoeve van Ter Woerds Afbouw project Museum Arnhem met titel ‘Verlijming geglazuurde keramische tegels op Rockpanel Colour. Plafond toepassing’.
- Verwerkingsrichtlijn Dynamic Stone, opgesteld door Dynamic Bonding Systems B.V. ten behoeve van Ter Woerds Afbouw project Museum Arnhem met titel ‘Verlijming geglazuurde keramische tegels op Larson Alucoil. Plafond toepassing’.
- Notitie Dynamic Bonding Systems B.V. t.b.v. Rots Bouw B.V., betreft ‘Hechtingst kingspan XL Forte kleur zwart project Museum Arnhem”, d.d. 14-04-2021.
- Werkplan “Geveltegels”, nieuwbouw Museum Arnhem, uitgewerkt door Rots Bouw B.V.

## 2. Inspecties

### 2.1 inspecties: data en aanwezig

Door ir. [REDACTED] zijn twee inspecties uitgevoerd:

- De 1<sup>e</sup> inspectie is uitgevoerd op vrijdag 7 november 2025 van 14.<sup>00</sup> tot 15.<sup>30</sup> uur vanwege de goede, zonnige weersomstandigheden benodigd voor duidelijke waarnemingen. Bij deze inspectie waren, naast de heer [REDACTED] als voornoemd, geen andere personen aanwezig.
- De 2<sup>e</sup> inspectie is uitgevoerd op donderdag 5 maart 2026 van 12.00 tot 13.30 uur en had tot doel na te gaan in hoeverre aanvullende schade is ontstaan als gevolg van de afgelopen vorstperiode. Bij de inspectie waren de volgende personen aanwezig:
  - Ing. [REDACTED] en [REDACTED] museum Arnhem.
  - Ing. [REDACTED] gemeente Arnhem (alleen bij bespreking aanwezig).

In het volgende zijn de bevindingen van de inspecties weergegeven.

### 2.2 1<sup>e</sup> inspectie:

#### 2.2.1 Mededelingen:

De inspectie heeft plaats gevonden zonder begeleiding, hetgeen betekent dat er geen mededelingen zijn gedaan.

#### 2.2.2 Waarnemingen:

Opgemerkt wordt dat de inspectie heeft plaats gevonden zonder hulpmiddelen om hogere delen van de gevel te kunnen inspecteren. Tevens heeft geen destructief onderzoek plaats gevonden.

Het volgende is waargenomen:

- De tegels zijn zeer divers van uiterlijk door grote variatie in de glazuurafwerking, die zowel bestaat uit één laag als ook deels meerlagig is uitgevoerd. Bij een meerlagige uitvoering is de tweede laag vaak relatief dik uitgevoerd (zie foto 1 als voorbeeld).
- Zeer veel tegels vertonen haarscheuren in de glazuur, waarbij zowel craquelévormige als langere, veelal in boogvorm doorlopende scheuren, waarbij meerdere scheuren min of meer parallel met elkaar verlopen, aanwezig zijn. Per tegel, meer specifiek per glazuurlaag, kunnen beide genoemde patronen voorkomen op één tegel (zie foto's 1 als voorbeeld). De waarneembaarheid van de haarscheuren varieert, los van de lichtsterkte, sterk omdat de fijnheid van de scheuren varieert.
- Op locaties waar verwacht mag worden dat er geen belasting met regenwater plaats vindt zijn haarscheuren in de glazuurlaag, zeer kwalitatief beoordeeld, in mindere mate waargenomen (zie foto 2 als voorbeeld), maar zeker niet altijd afwezig; zo zijn ter plaatse

- van de tegels tegen het plafond van de doorgang naar de tussenverdieping scheuren in de glazuurlaag aanwezig (zie foto 3 en 4).
- Er zijn geen vervuilingen waargenomen die de ventilatie achter de tegels belemmert. Wel is soms langs randen van tegels enige oppervlakkige vervuiling aanwezig<sup>1</sup>.
  - Voor zover waarneembaar vanaf de omringende tuin, op de tussenverdieping of van binnen uit zijn incidentele tegels waargenomen met foutjes in de glazuur, zoals kleine, kratervormige putjes (zie foto 5 als voorbeeld).
  - Zeer incidentele tegels vertonen locaties waar dunne oppervlakkige, bestaande uit glazuur en een oppervlakkig deel van de onder de glazuur aanwezige scherf van de tegel, zijn losgekomen. Losgekomen deeltjes zijn in de meeste gevallen aanwezig langs randen van tegels. Deze tegels zijn aanwezig op meer waterbelaste delen van de tegels, zoals de horizontale waterslagen onder de ramen, langs dakranden en onder noodoverlopen aan de bovenzijde van gevelvlakken (zie foto 6 t/m 11).
  - Slecht in enkele gevallen zijn tegels aanwezig waarbij in het tegelvlak zelf materiaal los in gekomen (zie foto 9 en 12 als voorbeeld).
  - Incidentele tegels, aanwezig op willekeurige delen van de gevels vertonen scheurvorming of een afgebroken deel (zie foto's 12, 13 en 14 als voorbeelden).
  - De betreffende tegels bezitten, kwalitatief beoordeeld, aanzienlijke maat- en vormtoleranties.

## 2.3 2<sup>e</sup> inspectie

### 2.3.1 Mededelingen:

- De heer [REDACTED] deelt het volgende mee:
  - Rots Bouw had in eerste instantie de tegels niet conform het gewenste kleurschema had aangebracht. Daarom zijn tegels vervangen en opnieuw aangebracht. De tegels zijn losgenomen door het doorsnijden met een draad van de kit achter de tegels. Veel van deze tegels zijn bewaard en kunnen geïnspecteerd worden.
  - De horizontale tegels die als waterslagen onder de ramen fungeren zijn al een keer vervangen wegens schade aan die tegels.
  - De toegepaste kit is het product Dynamic Bond 2.5 van Dynamic Bonding Systems B.V.
- De heer [REDACTED] deelt mee dat in de herfst van 2025 reinigingswerkzaamheden zijn uitgevoerd aan de gevel.

---

<sup>1</sup> Uit het rapport van Rope Acces Nord met titel 'Rapportage Museum Arnhem', projectnummer 2502-004 GEME NL ARNH, project 'Schoonmaakwerkzaamheden aan de buitenzijde Museum Arnhem', werkzaamheden d.d. 22 september t/m 9 oktober 2025, blijkt dat in de periode 22 september t/m 9 oktober 2025 reinigingswerkzaamheden zijn uitgevoerd aan de keramische gevels.

### 2.3.2 Waarnemingen:

Na de bespreking heeft nog een rondgang plaats gevonden om na te gaan in hoeverre er als gevolg van de verschillende vorstperiodes van afgelopen winter verdere schade aan de gevels is ontstaan. Het volgende is hierbij waargenomen:

- Kwalitatief beoordeeld lijkt het alsof de tegels die als waterslag zijn toegepast onder de ramen van het museum meer geprononceerde haarscheurvorming vertonen in de glazuur. Als voorbeelden wordt verwezen naar de foto's 15 en 16, te vergelijken met foto 14, en zie foto 17, te vergelijken met foto 12.
- In vergelijking met de schade die is vastgesteld in de rapportage van Rope Acces, lijkt er geen extra schade te zijn ontstaan.
- Door de heer [REDACTED] van het museum worden de twee uit de gevel losgekomen tegels getoond (zie foto 9 voor de onthechtingslocaties in de gevel aan de zijde van de Utrechtseweg). Deze tegels tonen beide gelijk qua onthechtingsbeeld en glazuurafwerking:
  - Uit de achterzijde van de scherf<sup>2</sup> is een grote schol verdwenen. Deze schol hecht nog aan de gevel (zie foto 9 en foto 18 en 19). In de achterzijde zijn enkele scheurlijnen aanwezig, waarvan er één doorloopt over een tegelkant.
  - De glazuurafwerking op beide tegels bestaat uit één relatief donkere, doorlopende glazuurlaag waarin een craqueléachtig patroon van haarscheuren in aanwezig is (zie foto 20 en 21). Rond een deel van de haarscheuren is enige onthechting van de glazuurlaag zichtbaar (zie foto 20 en 21).
  - Ter plaatse van twee parallelle tegelkanten loop de glazuurlaag over de gehele kant door. In de glazuurlaag van zo'n kant zijn vele haarscheuren aanwezig dwars over de tegelzijde en incidentele scheuren evenwijdig aan de tegelzijde aanwezig (zie foto 22).
- De heer [REDACTED] toont een opslag met vanwege de onjuiste kleurverdeling uitgenomen tegels. Op de achterzijde van deze tegels zijn steeds twee tonvormige stroken zwarte kit waarneembaar (zie foto 23), waarvan het oppervlak overeenkomt met de oppervlaktestructuur die verkregen wordt indien de kit wordt doorsneden met een draad.

---

<sup>2</sup> De scherf is de drager van de glazuurafwerking, in het onderhavige geval het witte deel van de tegel.



**Foto 1:** Haarscheuren in de glazuurlaag van tegels.



**Foto 2:** Een locatie waarvan verwacht mag worden dat deze niet door regen wordt belast. Hier zijn geen haarscheuren waargenomen.



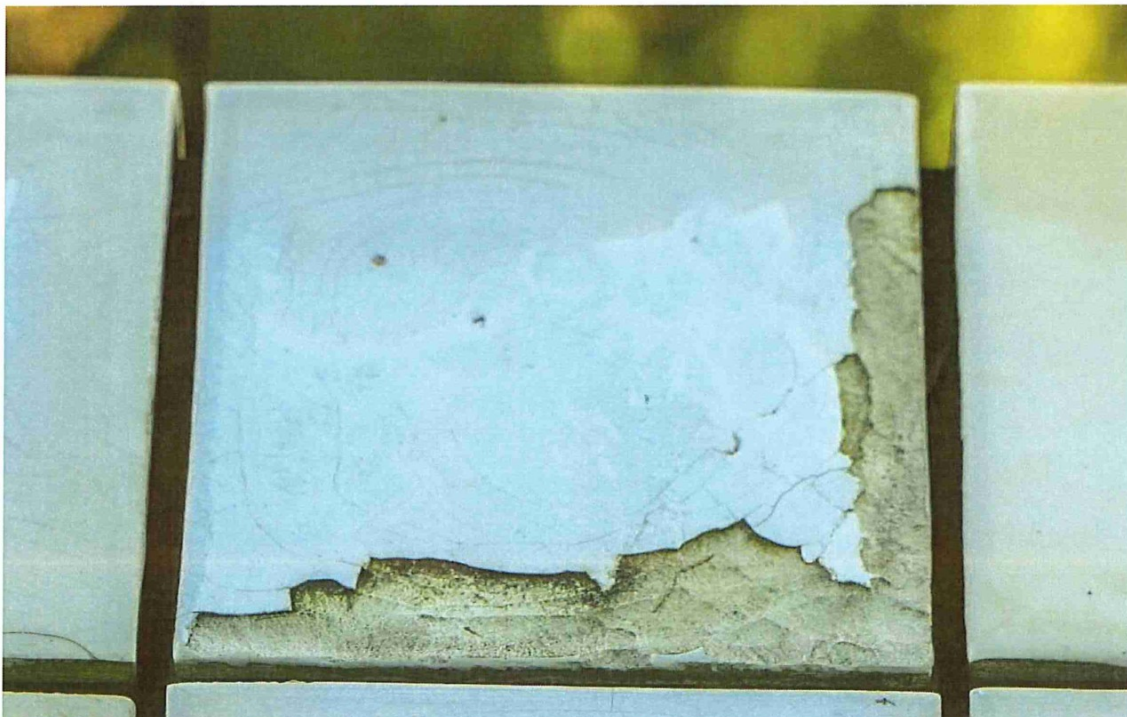
**Foto 3:** Plafondtegels (dus geen regenbelasting) onder de doorgang naar de tussenverdieping waarin haarscheuren aanwezig zijn (zie foto 4 voor een detail).



**Foto 4:** Detail van foto 3, waarbij de haarscheuren in de glazuur beter zichtbaar zijn.



**Foto 5:** Kratervormige putjes in de glazuur. Ook zijn met name in de dunne, onderste glazuurlaag haarscheurtjes aanwezig.



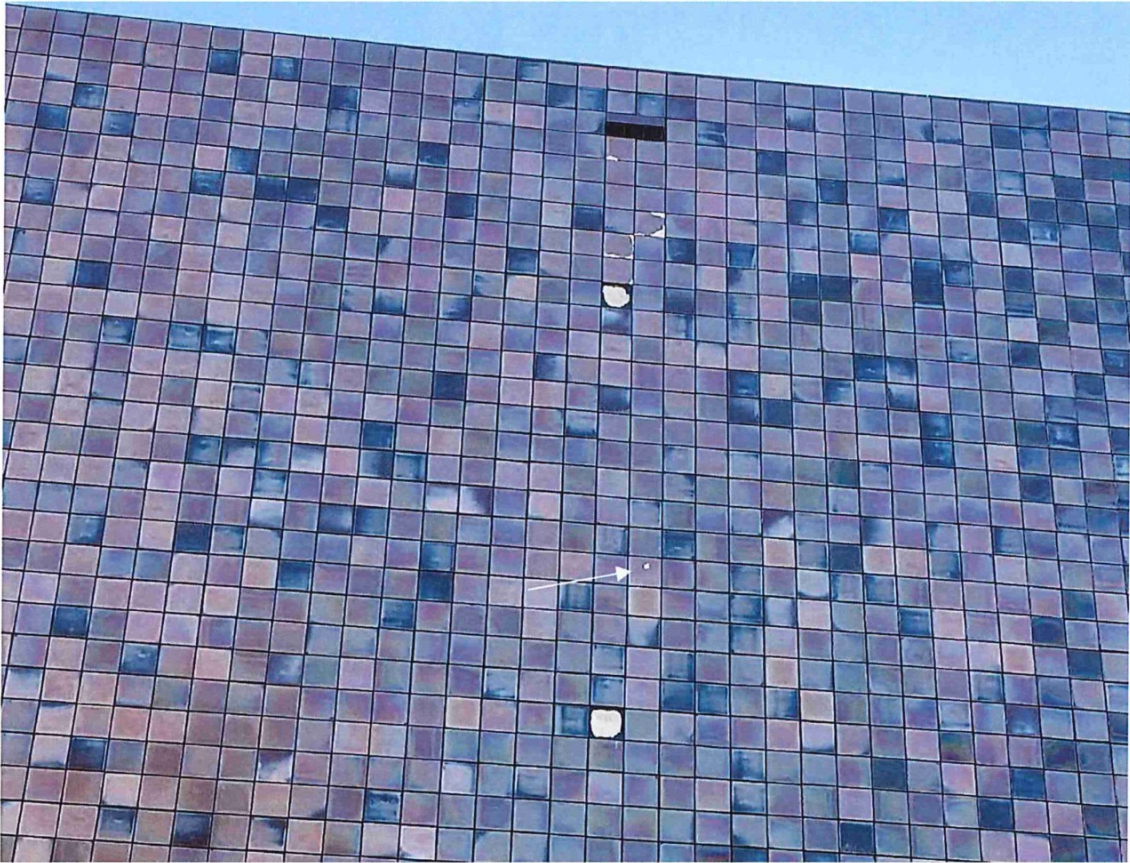
**Foto 6:** Losgekomen oppervlakkige delen langs de rand van een tegel. Gebogen lijnvormige haarscheurvorming is aanwezig. Het betreft een horizontale tegel als waterslag onder een raam.



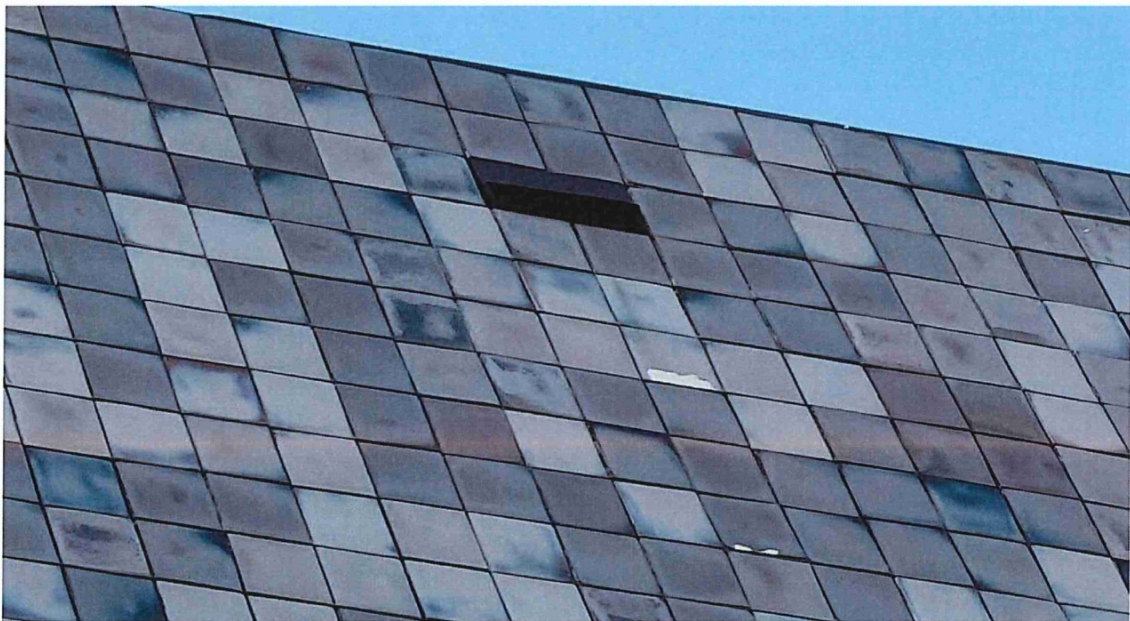
**Foto 7:** Zichtbaar is een tegel met lijnvormige scheurvorming in de glazuur. Het door vervuiling in de scheuren omkaderde oppervlakkige deel is waarschijnlijk al deels onthecht. Het betreft een horizontale tegel als waterslag onder een raam.



**Foto 8:** (1<sup>e</sup> inspectie) Loskomende oppervlakkige delen bij twee tegels De rechter tegel vertoont lijnvormige haarscheuren in de glazuur specifiek langs de 2 evenwijdige kanten van een tegel. Het betreft een horizontale tegel als waterslag onder een raam.



**Foto 9:** Onder een noodoverstort in de gevel aan de Utrechtseweg is op enkele tegels schade langs de randen aanwezig. Twee tegels zijn losgekomen uit de gevel, waarbij een middendeel van de tegels nog aanwezig is. Eén tegel vertoont een losgekomen glazuurdeel uit het midden van de tegel (zie pijl).



**Foto 10:** Onder een noodoverstort is bij twee tegels schade langs de randen aanwezig.

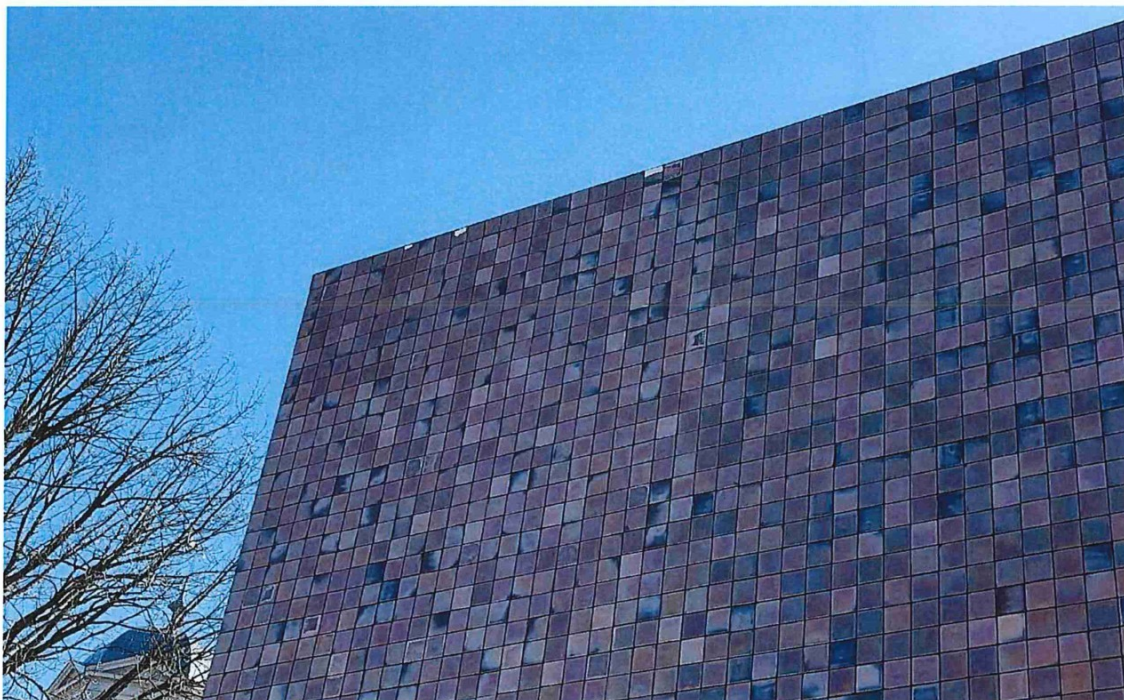


Foto 11: Schade langs de bovenranden van tegels die tegen de dakrand zijn geplaatst.



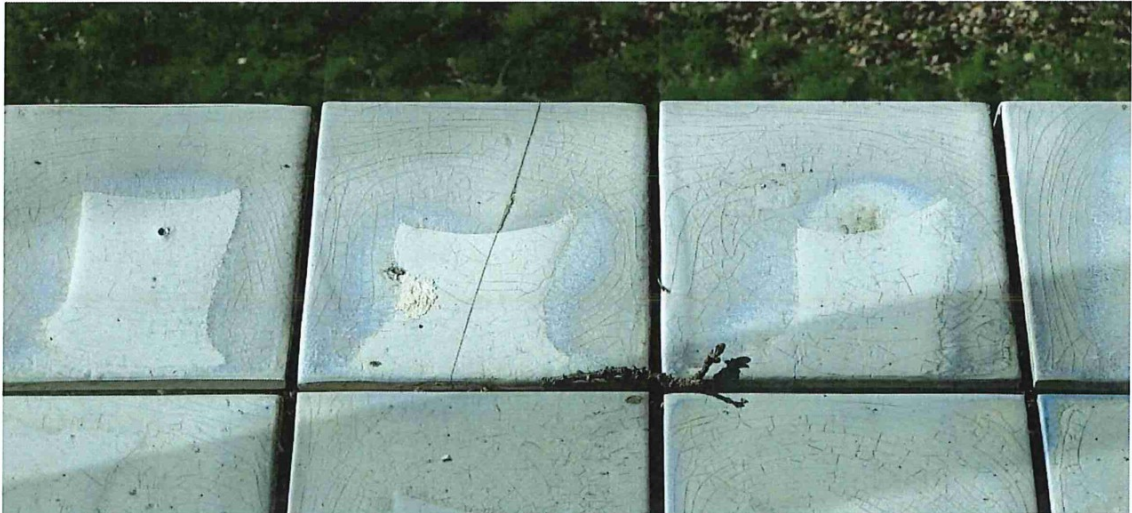
Foto 12: Losgekomen groter deel in de glazuur, mogelijk ter plaatse van een blaas in de glazuur. Tevens is veel scheurvorming in een deel van de glazuur zichtbaar en lijkt het of deze tegel onthecht is. Het betreft een horizontale tegel als waterslag onder een raam.



**Foto 13:** Tegel waarvan een hoek is afgebroken.



**Foto 14:** Tegel met scheurvorming. Het betreft een tegel die als waterslag fungeert onder een raam. Deze tegel toot eveneens aanzienlijke haarscheuren in zowel de dünnere als dikkere glazuurlaag.



**Foto 15:** (2<sup>e</sup> inspectie) = De haarscheuren zijn duidelijker waarneembaar en zijn tevens in grotere aantallen aanwezig (vergelijk met foto 14). Een detail is gegeven in foto 16.



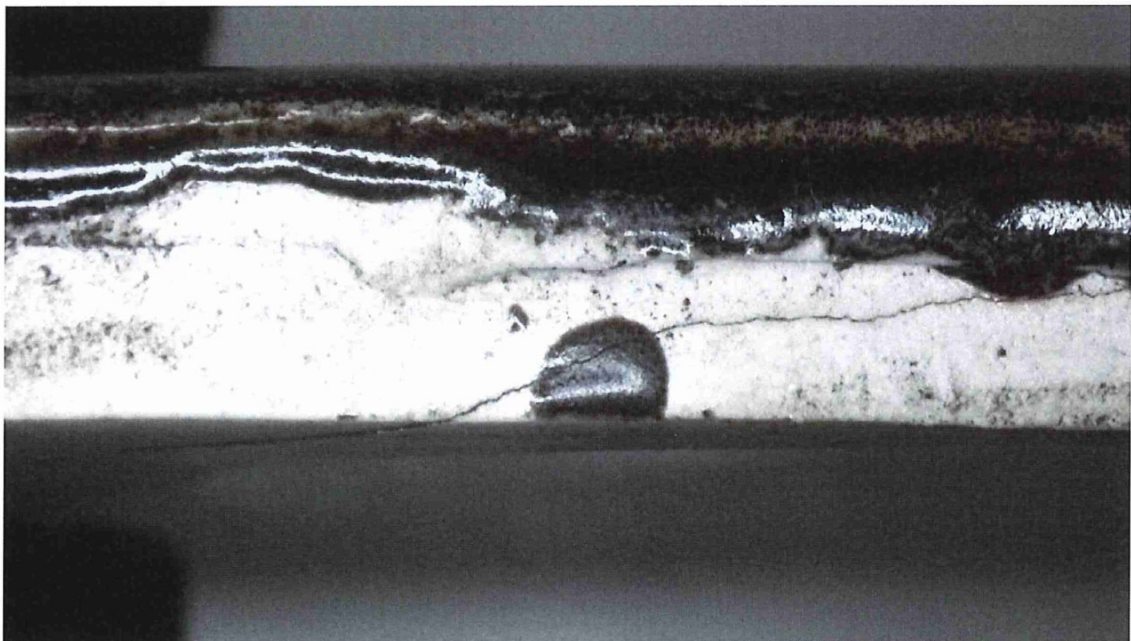
**Foto 16:** (2<sup>e</sup> inspectie) Detail van foto 15. Zichtbaar is een ernstige vorming van haarscheuren in de glazuur. De scheurtjes zijn extra zichtbaar als gevolg van ingetreden vervuiling en door een toegenomen scheurwijdte.



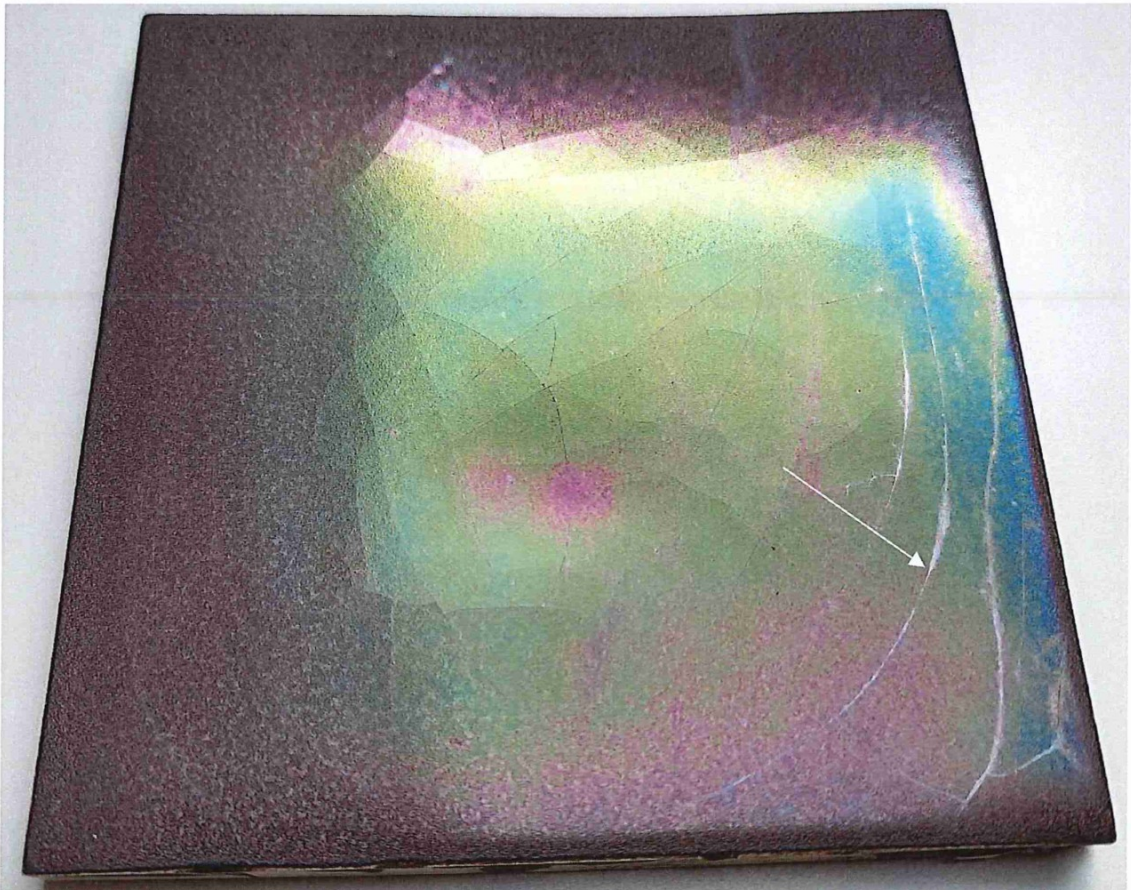
**Foto 17:** 2<sup>e</sup> inspectie: De haarscheurvorming lijkt te zijn tegenomen en tevens zijn de haarscheuren beter waarneembaar geworden (zie foto 12 voor een vergelijk).



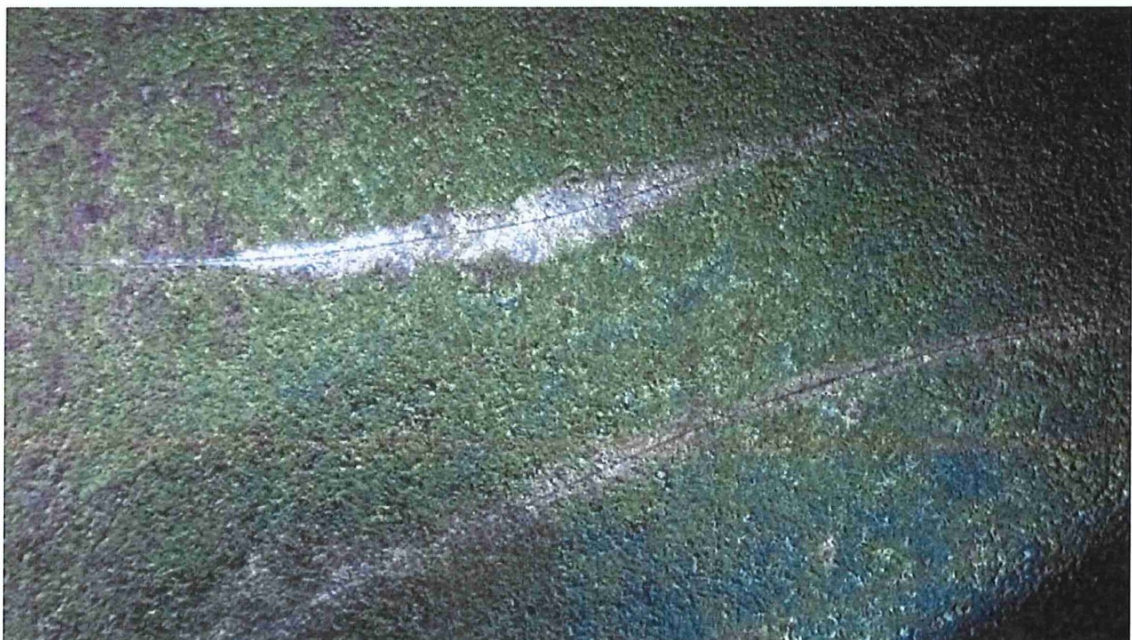
**Foto 18:** Zichtbaar is de achterzijde van de uit de gevel (zie foto 9) losgekomen tegel. Uit de achterzijde is een deel uitgebroken. Het uitgebroken deel bevindt zich nog tegen de gevel. In de achterzijde is meerdere scheurlijnen waarneembaar, waarvan er één doorloopt in de tegelkant (zie pijl en foto 18).



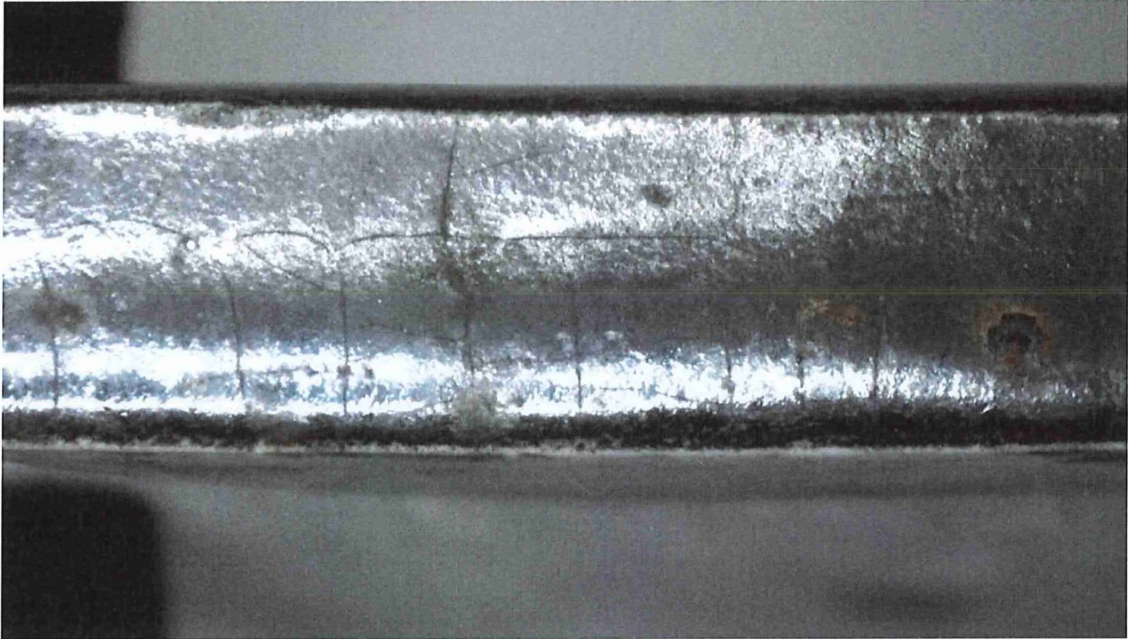
**Foto 19:** Zichtbaar is een scheurlijn die doorloopt over de zijkant van de tegel.



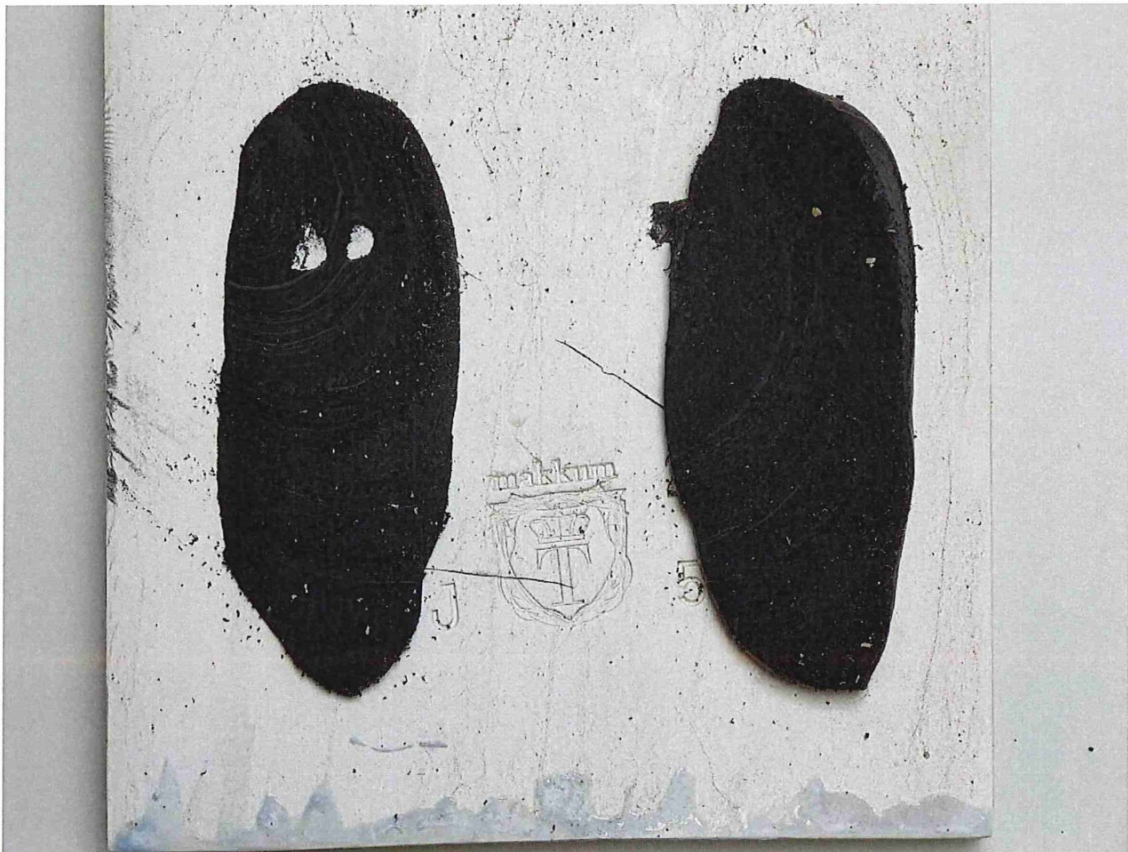
**Foto 20:** Het zichtoppervlak van de losgekomen tegels vertoont een craquelé haarscheurenpatroon, waarbij deels fijne glazuurlagen aan beide zijden van een haarscheur zijn onthecht (zie pijl en foto 21).



**Foto 21:** Zichtbaar zijn twee haarscheuren in de glazuur van een van de onthechte tegels. Plaatselijk is de glazuurlaag afgeschoven ten opzichte van de ondergrond. Dat is zichtbaar aan de 'verkleuring' direct naast de haarscheuren.



**Foto 22:** Ter plaatse van twee parallelle tegelkanten loop de glazuurlaag over de gehele kant door. In de glazuurlaag van zo'n kant zijn vele haarscheuren aanwezig dwars over de tegelzijde en incidentele scheuren evenwijdig aan de tegelzijde aanwezig.



**Foto 23:** Zichtbaar is de achterzijde van een egel die is uitgenomen vanwege het onjuiste kleurenpatroon. De middels een draad doorgesneden 2 kitstroken, waarmee de tegel was bevestigd tegen de gevel, zijn duidelijk waarneembaar.

### 3. Laboratoriumonderzoek:

Waargenomen zijn haarscheuren in de glazuur en met name loskomende delen uit de glazuur met meename van oppervlakkige delen uit de scherf.

#### 3.1 Haarscheuren in de glazuur

De waargenomen haarscheuren in de glazuur zijn het gevolg van het ontstaan van een trekspanning in de glazuurlaag. Deze trekspanning is op haar beurt het gevolg van de zogenaamde vochtexpansie van de scherf van de tegel na productie: Als gevolg van vochtinwerking zal de scherf een verlenging ondergaan. De glazuurlaag neemt geen vocht op en zal dan ook geen expansie vertonen. De scherf zal de nagestreefde lengteverandering opleggen aan de glazuurlaag, waardoor in die laag trekspanning ontstaat. Op het moment dat deze trekspanning de treksterkte van het glazuur overschrijdt, zal de glazuurlaag scheuren<sup>3</sup>.

De vochtexpansie behoeft in het kader van het onderzoek enige (sterk vereenvoudigde) toelichting:

Bij de productie van keramische tegels wordt een mengsel van klei, kwarts en veldspaat verhit tot een temperatuur van  $\pm 1000\text{--}1250\text{ }^{\circ}\text{C}$ . In de bij die hoge temperaturen optredende smeltfase lost een deel van het kristallijne silica op en vormt bij de afkoeling amorfe silicium (glasachtige fase). Dat amorfe silicium is verantwoordelijk voor zogenaamde vochtexpansie: Dit materiaal kan langzaam water opnemen, waarbij een structurele<sup>4</sup> volumetoename plaatsvindt. Het kristallijne kwarts is inert en doet niet mee in dit proces.

De mate waarin de vochtexpansie plaats vindt hangt sterk af van de hoeveelheid amorf silicium, zowel absoluut als in verhouding tot de hoeveelheid kristallijn kwarts, als de dichtheid van de glasfase. Zo hebben zogenaamde porcellanato-tegels (tegels met een wateropname kleiner of gelijk aan 0,5% massa/massa conform groep BI<sub>a</sub> uit EN 144411) een zeer dichte structuur en een zeer stabiele glasfase, waardoor niet of nauwelijks sprake is van het fenomeen vochtexpansie. Wandtegels met een wateropname groter gelijk aan 10% massa/massa conform groep AIII uit EN 144411 zijn veel meer gevoelig voor vochtexpansie vanwege de hoge porositeit van deze producten.

Naast haarscheuren in de glazuurlaag kan de vochtexpansie ook spanningen in de scherf zelf tot gevolg hebben doordat:

- Vocht alleen oppervlakkig intreedt, waardoor een verschil ontstaat in expansie van de buitenzijde en het inwendige van de scherf.
- Vocht eenzijdig intreedt, zoals het geval is bij geglazuurde tegels en de zichtzijde (de glazuurde zijde) een kleinere of zelfs geen vochtexpansie ondergaat.
- Onregelmatige verhouding tussen de glasfase (amorf silicium) en de kristallijne fase.

---

<sup>3</sup> Tegelproducenten streven ernaar dat tijdens de productie van de tegel de scherf een grotere temperatuurverlaging ondergaat dan de glazuur, waardoor er een drukspanning in de glazuur ontstaat. Deze drukspanning werkt als een voorspanning met als doel om scheurvorming in de glazuur als gevolg van de vochtzwellen tegen te gaan.

<sup>4</sup> Met structureel wordt bedoeld dat wateruittreding bij gangbare toepassingstemperaturen niet zal plaats vinden. Uittreding vindt wel plaats door verhitting van de te beproeven tegels tot  $550^{\circ}\text{C}$ .

Ook hier weer kunnen spanningen zodanig oplopen dat scheur- en/of scholvorming optreedt omdat een materiaal (trek-)sterke wordt overschreden. Tevens kan de (niet met een ondergrond verbonden) tegel vervormen (bimetaal-effect) omdat de zichtzijde (de geglazuurde zijde) minder uitzet dan de scherfzijde. Deze vervorming heeft tot gevolg dat spanningen in een tegels als gevolg van de vochtzwellling afnemen.

Op het moment dat een tegel is verbonden met een ondergrond zal de tegel, in vergelijking met een niet met een ondergrond verbonden tegel, belemmerd worden om de nagestreefde (vocht-) expansie te ondergaan, waardoor spanningen als gevolg van die nagestreefde expansie zullen toenemen.

### 3.2 Uittredende oppervlakkige delen:

Het uittreden van schilfervormige delen uit het oppervlak van de tegel kan veroorzaakt worden door:

- Overmatige vochtexpansie (zie § 3.1 ‘haarscheuren in de glazuur’): Ter plaatse van de scheuren en langs randen van tegels ontstaat een schuifspanning tussen glazuur en scherf. Deze schuifspanning kan zodanig oplopen dat oppervlakkige deeltjes uitbreken ter plaatse van de tegelranden. Daarna ontstaat er als het ware een nieuwe rand in de glazuurlaag waar hernieuwd afschuiving en onthechting plaats kan vinden, waardoor op den duur meer omvangrijke schade ontstaat.
- Vorstschade: Indien in de scherf van de tegel vocht is ingedrongen, dan kan net onder de glazuur bij vorst een hoge drukspanning ontstaan, waardoor oppervlakkige delen, bestaande uit glazuur en daaraan hechtend een oppervlakkig deel van de scherf uittreden.
- Blaasvorming en/of putjes in de glazuur, hetgeen zwakke plekken vormen in het oppervlak of locaties waar vocht in kan dringen via het geglazuurde oppervlak.

### 3.3 Laboratoriumproeven

De volgende proeven zijn uitgevoerd:

- Vochtzwellling (niet benodigd voor CE-markering):
  - De proefmethode conform EN ISO 10545-11, waarbij tegels worden verhit tot 550 °C t.b.v. het uitdrijven van vocht en afgekoeld zonder dat ze vocht opnemen. In afgekoelde toestand wordt de lengte met micrometers gemeten. Aansluitend worden de tegels 24 uur gekookt in water. Na afkoelen wordt de lengte opnieuw gemeten en wordt vastgesteld in welke mate de tegels zijn geëxpandeerd.
  - TCKI-methode: Uit de tegel wordt een staafje van  $\pm 25$  mm geprepareerd. Dit wordt verhit tot 550 °C ten behoeve van het uitdrijven van alle vocht en afgekoeld zonder dat dit vocht opneemt. Aansluitend wordt het staafje 24 uur gekookt in water. De vochtexpansie wordt bepaald door in een dilatometer het staafje te verhitten tot 500 °C en aansluitend weer te koelen tot kamertemperatuur. In de situatie dat er vochtexpansie in de scherf aanwezig is, zal in de opwarmcurve de omvang van de uitzetting een fractie minder zijn dan de omvang van de krimp die optreedt in het koeltraject. De krimp die het staafje bij deze opname uiteindelijk laat zien is de vochtexpansie.

- Vorstbestendigheid (benodigd voor CE-markering): De vorstbestendigheid van keramische tegels wordt bepaald conform EN-ISO 10545-12. De vorstbestandheid wordt bepaald door 10 na evacuering bevochtigde tegels volgens een bepaald regime achtereenvolgens 100x te bevriezen en te ontdooien en achteraf visueel te bepalen op de eventueel (toegenomen) ontstane schade.

Opgemerkt wordt dat in de Nederlandse praktijk is gebleken dat de testprocedure onvoldoende betrouwbaar is, althans voor tegels die deel uitmaken van een bouwkundig meerlagensysteem, zoals tegels die met een tegellijm verbonden zijn met een stijve ondergrond (wand of vloer), m.a.w. tegels, die deze testprocedure met goed gevolg hebben doorlopen, blijken in een op een ondergrond gelijkde toestand in de praktijk toch vorstschade te krijgen. Opedane ervaringen met dit fenomeen hebben ertoe geleid dat een Nederlands fabrikant van hoogwaardige, geglazuurde tegels conform groep BI<sub>a</sub> volgens EN 14411, zijnde de minst risicovolle tegels voor vorstschade vanwege de zeer lage wateropname, heeft aanbevolen die tegels niet in buiten toe te passen.

### 3.4 Resultaten van de laboratoriumproeven

De rapportages van het TCKI-laboratorium zijn gegeven in de bijlagen:

- Bijlage 1: Resultaten test vorstbestandheid conform EN-ISO 10545-12.
- Bijlage 2: Resultaten testen vochtexpansie.

Het volgende wordt opgemerkt over de rapportage aangaande de vorstbestandheid: Het betreft een vervangende rapportage. Door de gemeente zijn 20 niet eerder toegepaste tegels afgegeven bij het TCKI ter beproeving. Bij controle door het TCKI van de ontvangen tegels is gebleken dat van de 20 tegel er 14 in meer of mindere mate haarscheurvorming in de glazuurlaag vertoonden (zie foto 24 als voorbeeld). Dit was in eerste instantie niet vermeld in de rapportage (10 tegels zijn noodzakelijk dus dienden altijd tevens tegels met haarscheuren beproefd te worden). Door de heer [REDACTED] is verzocht om het betreffende rapport aan te passen (zie ook bijlage 3 voor de ontvangen retourmail van het TCKI), hetgeen heeft plaats gevonden. Inhoudelijk zijn geen aanpassingen doorgevoerd.

De vorstbestandheidtest hebben alle beproefde tegels doorstaan, dat wil zeggen er is geen schade opgetreden aan de tegels. Het vermelden waard zijn de volgende aspecten:

- 3 tegels bezaten geen haarscheuren vóór de beproeving. Na de beproeving zijn bij één van die tegels haarscheuren vastgesteld, te weten ter plaatse van één zijde in een lijnvormig patroon, waarbij die lijnen enigszins parallel verlopen aan die zijde (zie foto 25).
- De wateropname bij de beproeving is hoog (5,8 tot 7,6%<sup>m</sup>/<sub>m</sub> na beproeving).

De gemeten vochtexpansie is zonder meer hoog te noemen met waarden van respectievelijk 0,094 (conform EN 10545-10) en 0,073% (conform TCKI-methode). Hoewel de norm EN 10545-10 zelf geen harde grens oplegt, worden in de praktijk (fabrikanten, technische fiches, bestekken) vaak deze richtwaarden gehanteerd:

- ≤ 0,6 mm/m → gangbare bovengrens voor keramische tegels
- 0,1 - 0,3 mm/m voor zogenaamde porcellanato tegels<sup>5</sup>.

<sup>5</sup> Tegels met een wateropname kleiner of gelijk aan 0,5% massa/massa conform groep BI<sub>a</sub> uit EN 14411.



**Foto 24:** Fijne haarscheuren in craquelé patroon in een eerder niet gebruikte tegel.



**Foto 25:** Rechthoekige haarscheuren ter plaatse van één zijde van een tegel na de vorstbestandheidstest. Bij de start van de test vertoonde deze tegel geen haarscheuren.

## 4. Evaluatie

In het volgende zal op basis van de tijdens de inspecties verkregen informatie, gekoppeld aan de op schrift verkregen informatie en de testresultaten van de beproevingen door het TCKI worden ingegaan op de aangetroffen gebreken aan de gevels die afgewerkt zijn met keramische tegels.

Het volgende wordt vooraf opgemerkt:

Vanwege het ontbreken van informatie over de windbelasting op de gevels en informatie over de hechtsterkte van de tegels middels kit<sup>6</sup> is niet onderzocht of de hechtsterkte van de tegels op de gevels voldoet.

### 4.1 De verwerking van de tegels

Uit vergelijking van de kittrillen op de achterzijde van de door derden uitgenomen tegels ten behoeve van herstel van het kleurenplan (zie foto 23) met hetgeen is aangegeven door de kitproducent<sup>7</sup> (zie foto 26 en 27) kan worden geconcludeerd dat de verwerking voldoet.



**Foto 26:** Bron: verwerkingsrichtlijn Dynamic Bond 2.5, opgesteld door Dynamic Bonding Systems B.V. ten behoeve van Ter Woerds Afbouw project Museum Arnhem met titel 'Verlijming geglazuurde keramische tegels op Kingspan XL Forte en Rockpanel Colour'.

<sup>6</sup> De enige informatie is gegeven in de notitie Dynamic Bonding Systems B.V. t.b.v. Rots Bouw B.V., betreft 'Hechtingstest Kingspan XL Forte kleur zwart project Museum Arnhem', d.d. 14-04-2021. Hierin wordt zeer kwalitatief de afpelsterkte beproefd.

<sup>7</sup> O.a. verwerkingsrichtlijn Dynamic Bond 2.5, opgesteld door Dynamic Bonding Systems B.V. ten behoeve van Ter Woerds Afbouw project Museum Arnhem met titel 'Verlijming geglazuurde keramische tegels op Kingspan XL Forte en Rockpanel Colour'.

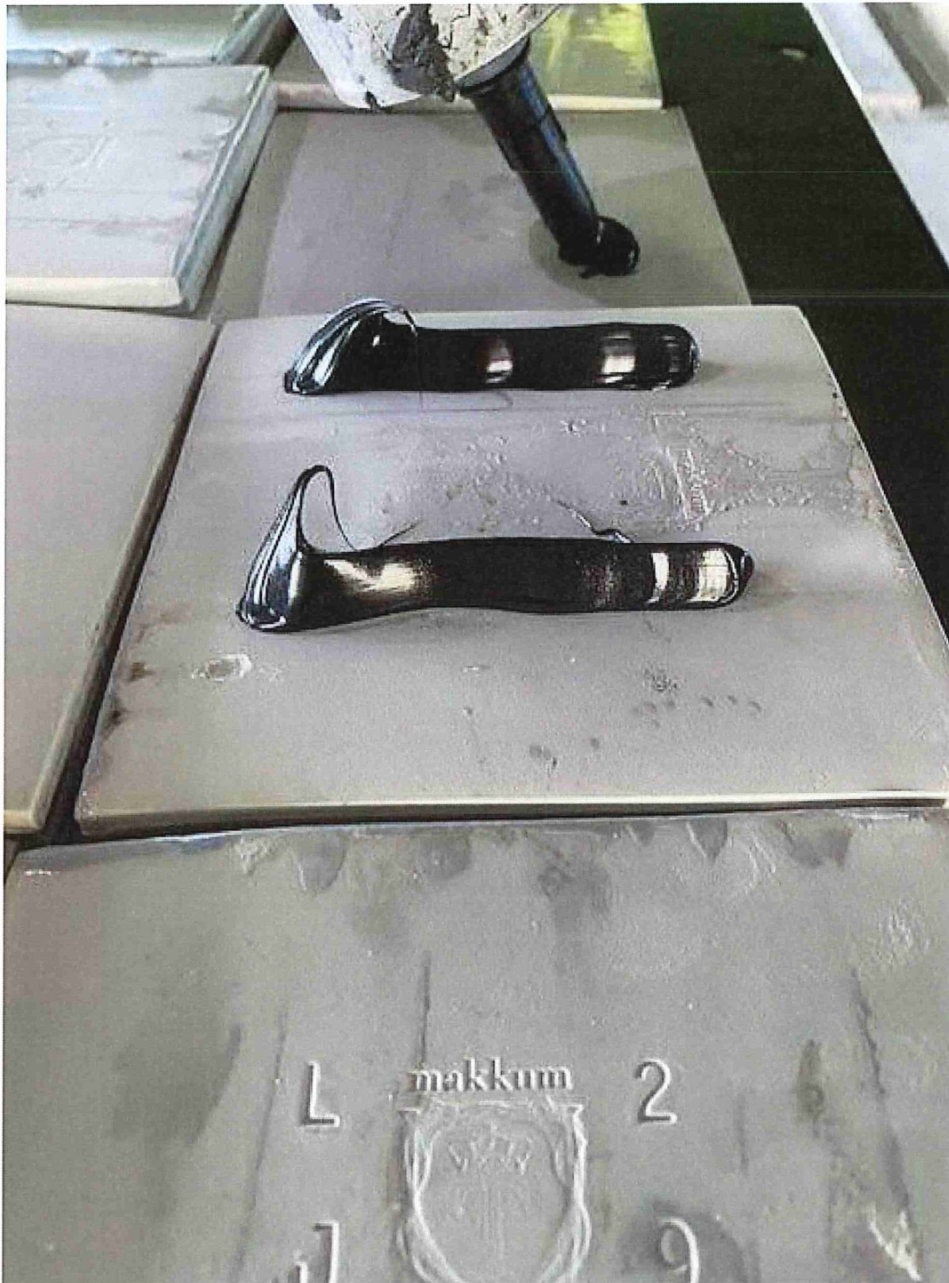


Foto 27: [Bron: <https://dynamicbondingsystems.com/wp-content/uploads/2022/07/Arnhem-Museum-Geglazuurde-Keramische-Tegels-2021-006.jpg>].

#### 4.2 Vorstbestandheid van de toegepaste tegels

Voor toepassing buiten zijn geglazuurde tegels feitelijk ongeschikt ten opzichte van niet geglazuurde tegels vanwege de mindere vorstbestendigheid, ook al doorstaan de tegels met succes de vorstbestandheidstest conform EN 10545-12. Dit geldt specifiek indien tegels met gangbare tegellijmen voor buitentoepassing volvlaks verlijmd zijn of in de specie gezet zijn.

De in het onderhavige geval toegepaste tegels hebben de vorstbestandheidstest doorstaan. Wel is bij die test gebleken dat de tegels relatief een hoge wateropname bezitten, hetgeen normaliter het risico op het ontstaan van vorstschade verhoogt. Aanvullend wordt vermeld dat schade die

zonder meer het beeld van vorstschade vertoont, waarbij min of meer gelijkmatig over de tegel verdeeld kratervormige stukjes glazuur met daaronder oppervlakkige delen van de scherf uitbreken, slechts zeer incidenteel is waargenomen.

Dit kan worden verklaard doordat de tegels niet volvlaks maar met stroken zijn verlijmd in combinatie met het feit dat het tegelvlak niet is gevoegd en dat geen (relatief starre) cementgebonden maar een polymeerlijm is toegepast.

Het niet volvlaks verlijmd zijn biedt de volgende voordelen:

- Uittreding van opgenomen water kan relatief eenvoudig plaats vinden via verdamping.
- De tegels worden slechts beperkt blootgesteld aan waterbelastingen, omdat er geen ondergrond is die water opneemt.
- Spanningen als gevolg van verschillen in thermische en hygrische werking tussen materiaallagen onderling (tegels / kit / ondergrond) en verschillen in temperatuur door eenzijdige optredende opwarming of afkoeling sterk worden beperkt omdat elke tegel als het ware door een dilatatie omgeven is.

Het toepassen van een polymeerachtig lijmpproduct i.p.v. een cementgebonden lijmpproduct maakt dat als gevolg van de aanzienlijk grotere vervormbaarheid van de kit, spanningen tussen tegel en lijmlaag en tussen lijmlaag en ondergrond door vervorming van de kit sterk wordt afgebouwd.

### 4.3 De vochtexpansie

Het grote knelpunt in de toepassing blijkt de vochtexpansie van de tegels. Het probleem van de vochtexpansie is feitelijk al geduid doordat dat veel niet-verwerkte tegels al haarscheuren in de glazuurlaag bezaten bij levering van tegels aan het TCKI: Van de 20 aangeleverde tegels bezaten 16 tegels al haarscheuren. Opgemerkt wordt dat de voor het optreden van de vochtexpansie de tegels niet blootgesteld hoeven te worden aan een vochtbelasting met vloeibaar (regen-)water, maar dat de vochtexpansie al plaats vindt doordat de tegels hun evenwichtsvochtgehalte aanpassen op de relatieve luchtvochtigheid van de omringende lucht. Hierdoor kunnen dus, zoals in het onderhavige geval van toepassing, niet toegepaste tegels ook haarscheuren in de glazuur vertonen.

Primair is de gemeten, aanzienlijke vochtexpansie van de scherf de oorzaak van de aanwezigheid van zeer veel tegels met haarscheuren. Technisch gezien vormen haarscheuren een gebrek aan de tegels: Indien de scheurwijdte voldoende groot is kan waterindringing plaats vinden via de haarscheuren. Vanuit esthetisch oogpunt kunnen haarscheuren in tegels een gewenst effect vormen, bijvoorbeeld indien zeer traditionele tegels worden nagebootst, maar dan dient dit door de producent expliciet aangegeven te worden, anders is dit effect, ongewenst, zeker indien de tegels worden toegepast tegen gevels.

Nu is gebleken dat bij de waterslagtegels, kwalitatief beoordeeld, de haarscheuren in aantal toenemen en de haarscheuren beter waarneembaar zijn door, naar alle waarschijnlijkheid, een grotere scheurwijdte en het optreden van vervuiling in de haarscheuren, wordt de grote vochtexpansie als een technisch gebrek beoordeeld, zeker in combinatie met de grote wateropname die is geconstateerd bij de proeven aangaande de vorstbestandheid. Dit gebrek

wordt bevestigd door en de (doorgaande) onthechting van oppervlakkige delen langs kanten van tegels en door het loskomen van twee tegels uit de gevel, waarbij een schol uit alleen de scherf van de tegel achterblijft op de kitlaag, en de aangetroffen scheurvorming in tegels, voor zover niet veroorzaakt door een (gezien de locaties minder waarschijnlijke) mechanische belasting. Dit alles wijst erop dat er verschillen zijn in een tegel qua wateropname en qua verhouding tussen kristallijn/amorf silicium, waardoor als gevolg van de verschillen in vochtexpansie tussen delen van tegels, op den duur als gevolg van inwendige spanningen schade aan individuele tegels ontstaat. Dat voornoemde gebreken zich tot nu toe hoofdzakelijk hebben vertoond op locaties waar de waterbelasting van de tegels ten opzichte van verdere geveldelen verhoogd zal zijn (noodoverlopen, waterslagen, dakranden) zegt niets over mogelijke schade op verdere gevelvlakken in de toekomst. In feite dient geconcludeerd te worden dat het toegepaste tegel ongeschikt is voor een toepassing buiten en zeker voor toepassing tegen een buitengevel.

## 5. Beantwoording van de vragen

- 5.1 **Vraag 1:** De geplaatste keramieken tegels vertonen gebreken, waaronder barsten in het glazuur. Wat is de oorzaak van de gebreken aan de keramieken tegels.

Waargenomen zijn de volgende gebreken aan tegels:

- Haarscheuren.
- Onthechte oppervlakkige delen langs randen van tegels.
- Scheurvorming in tegels.
- Onthechting van tegels, waarbij een scholachtig deel van de scherf van de tegel achterblijft op de gevel.

De oorzaak van deze gebreken is niet gelegen in de wijze van bevestigen van de tegels maar in de tegels zelf, te weten een combinatie van een hoge wateropname en de grote vochtexpansie van de tegels. Verder wijzen de waargenomen gebreken erop dat er binnen een tegel ongewenste variaties in wateropname en de vochtexpansie aanwezig zijn, waardoor inwendig wisselende en verhoogde spanningen ontstaan in individuele tegels.

- 5.2 **Vraag 2:** Op welke wijze dient herstel plaats te vinden?

Geconstateerd wordt feitelijk dat de toegepaste tegels ongeschikt zijn voor toepassing in gevels, met name omdat is gebleken dat grotere tegeldelen los kunnen komen uit de gevel als gevolg van de hoge wateropname en vochtexpansie en meer specifiek door verschillen binnen een tegel van die wateropname en vochtexpansie. Met andere woorden: er is sprake van een gevaarzettende situatie.

Dit betekent feitelijk dat vervanging van de tegels tegen de gevels noodzakelijk is of er beschermende maatregelen getroffen dienen te worden, waarbij steeds weer lokaal herstel wordt gepleegd bij tegels met schade of visuele gebreken worden geaccepteerd.

Bij herstel zal, tenminste indien een min of meer gelijk visueel beeld van de gevel wordt nagestreefd, hernieuwd een geglazuurde tegel toegepast moeten worden, maar dan zal haarscheurvorming en eventuele vorstschade niet uitgesloten kunnen worden. Wel zal de basis van de tegels, zijnde de scherf, aangepast moeten worden in die zin dat die basis zonder meer zal voldoen aan de criteria voor zogenaamde porcellanato tegels. Dit zijn tegels met een wateropname kleiner of gelijk aan 0,5% massa/massa conform groep BI<sub>a</sub> uit EN 14441.1. In het kader van de hoge vochttopname wordt verwezen naar de opmerking die is gegeven in het mailbericht van J J van de Koninklijke Tichelaar d.d. 23 december 2024, gericht aan J en J J van Rots Bouw, met in de c.c. J en J van de Koninklijke Tichelaar, met onderwerp ‘Tegels Museum Arnhem’ (zie bijlage 4), te weten:

*Vanuit een zekerheid en we over een jaar niet hetzelfde probleem willen hebben wil ik een andere biscuittegel voor deze onderdorpel/dagkant gebruiken maar wel geglazuurd in de juiste*

*glazuurkleur. Een tegel met een super lage vochtopname waardoor dit nooit kan ontstaan mocht er te weinig ventilatie of ophoping van vuil en water ontstaan.*

Extra aanbevolen wordt om, voor zover een dergelijke toetsing nog niet heeft plaats gevonden, de hechtsterkte van de tegels te toetsen aan de optredende windbelasting en de kit te toetsen op mogelijke achteruitgang van eigenschappen als gevolg van thermische en/of hygrische belastingen en mogelijk een belasting door UV-licht. Aanvullend wordt opgemerkt dat er geen knelpunten zijn aangetroffen die wijzen op een onvoldoende hechtsterkte.

**Bijlage 1: Test vorstbestandheid conform EN-ISO 10545-12**

Stichting TCKI Florijnweg 6, Velp-Arnhem, The Netherlands +31 26 3845600  
PO Box 27, NL-6880 AA Velp KvK 41047499 info@tcki.nl www.tcki.nl



Vervangende rapportage voor ordernummer 26.01.00534  
De oude rapportage komt hiermee te vervallen.

Opdrachtgever :  
Lahaye Beheer B.V.  
Sprookjesberg 13  
5508 EA Veldhoven

Ordernummer TCKI : 26.03.00225  
Steekproefnummer : 705; Gemeente Arnhem - Rots  
Uw referentie : 705

### Rapportage

Verzamelaanduiding/steekproefnummer (tevens factuuraanduiding):  
705; Gemeente Arnhem - Rots

Geachte,

Hierbij zend ik u de onderzoeksresultaten van de door u aangeleverde producten.

- Monstername, aanbevelingen en conformiteitsverklaringen van de resultaten vallen buiten de scope van de accreditatie.
  - Aanvullende informatie inzake de uitvoering van de beproevingen en de meetonzekerheid van analyseresultaten is op verzoek verkrijgbaar bij het laboratorium management en te vinden in het toelichtingen-document.
  - Resultaten uit deze rapportage hebben alleen betrekking op het onderzochte monstermateriaal.
  - Vermenigvuldiging van dit document is alleen toegestaan na voorafgaande toestemming van TCKI of de opdrachtgever.
  - Bij bevindingen en conformiteitsverklaringen is geen rekening gehouden met de meetonzekerheid.
- We vertrouwen erop u met de toegezonden informatie van dienst te zijn.

Hoogachtend,  
Velp, 06-03-2026

hoofd laboratorium.



Stichting TCKI Florijnweg 6, Velp-Arnhem, The Netherlands +31 26 3845600  
PO Box 27, NL-6880 AA Velp KvK 41047499 info@tcki.nl www.tcki.nl



Vervangende rapportage voor ordernummer 26.01.00534  
De oude rapportage komt hiermee te vervallen.

### ONDERZOEK AAN KERAMISCHE TEGELS

Opdrachtgever	: Lahaye Beheer B.V. [REDACTED] Sprookjesberg 13 5508 EA Veldhoven
Producent	: Lahaye Beheer B.V. Sprookjesberg 13 5508 EA Veldhoven
Ordernummer TCKI	: 26.03.00225
Steekproefnummer (Tevens factuuraanduiding)	: 705; Gemeente Arnhem - Rots
Steekproefdatum	: 17-12-2025
Datum ontvangst	: 17-12-2025
Bemonstering	: Onbekend
Bemonsterd door	: De opdrachtgever
Aangeleverd door	: Opdrachtgever, per post
Afwerking	: Geglazuurd
Toepassing	: Wandtegel
Aangeboden productspecificaties	: N.v.t.
Product met 'spacers'	: Nee
Aantal tegels	: 10

#### 1. Vorstbestandheid



Stichting TCKI Florijnweg 6, Velp-Arnhem, The Netherlands +31 26 3845600  
PO Box 27, NL-6880 AA Velp KvK 41047499 info@tcki.nl www.tcki.nl



Vervangende rapportage voor ordernummer 26.01.00534  
De oude rapportage komt hiermee te vervallen.

#### Q# 1. Vorstbestandheid (EN-ISO 10545-12)

Ordernummer TCKI : 26.03.00225  
Steekproefnummer : 705; Gemeente Arnhem - Rots  
Aantal beproefde tegels : 10

Proefstuk-aanduiding	Gewicht in droge toestand (g)	Initiële wateropneming (massa %)	Wateropneming ná de beproeving (massa %)	Schade aanduiding (zie foto's)
1	399	5.3	5.8	Geen schade
2	408	3.2	5.8	Geen schade
3	413	7.2	7.6	Geen schade
4	373	6.6	7.3	Geen schade
5	404	4.1	6.3	Geen schade
6	410	7.3	7.6	Geen schade
7	402	6.3	6.5	Geen schade
8	418	6.4	7.0	Geen schade
9	356	6.5	7.2	Geen schade
10	428	6.0	7.3	Geen schade

Proefstukken 1, 3-10 hebben voor aanvang van de beproeving haarscheuren.  
Aan proefstukken 1, 3-10 is er geen toename van haarscheuren vastgesteld na het ondergaan van de vorstproef.

Aantal proefstukken met vorstschade : 0  
Toetsingscriterium (volgens EN-ISO 10545-1):  
Alle proefstukken dienen vorstbestand te zijn.  
Bevinding TCKI : Voldoet aan de declaratie

Indien er minder dan 10 proefstukken zijn beproefd, is het aantal geteste proefstukken afwijkend van hetgeen in de norm wordt voorgeschreven.

**Bijlage 2: Testresultaten vochtexpansie:**

Stichting TCKI Florijnweg 6, 6883 JP Velp, The Netherlands +31 26 3845600  
PO Box 27, NL-6880 AA Velp KvK 41047499 info@tcki.nl www.tcki.nl

Opdrachtgever:  
Lahaye Beheer B.V.  
Sprookjesberg 13  
5508 EA Veldhoven

Ordernummer : 25.12.00987  
Uw referentie : 705  
Aanleverdatum : 17-12-2025  
Verzenddatum : 19-01-2026  
Aangeleverd door : Opdrachtgever, per post  
Onderzoek aan : 1 Tegel  
Depotnummer : 0

## Rapport

Verzamelaanduiding (tevens factuuraanduiding) :  
705; Gemeente Arnhem - Rots


Geachte,

Hierbij zend ik u de onderzoeksresultaten van de door u aangeleverde monsters.

- Aanvullende informatie inzake de uitvoering van de beproevingen en de meetonzekerheid van analyseresultaten is op verzoek verkrijgbaar bij het laboratorium management en te vinden in het toelichtingendocument.
- Monstername valt buiten de scope van de accreditatie.
- Resultaten uit deze rapportage hebben alleen betrekking op het onderzochte monstermateriaal.
- Vermenigvuldiging van dit document is alleen toegestaan na voorafgaande toestemming van TCKI of de opdrachtgever.
- Voor de leesbaarheid van het rapport, zijn de datums van de beproeving niet vermeld in het rapport. Deze datums zijn ten alle tijden op te vragen bij het laboratorium management.

We vertrouwen erop u met de toegezonden informatie van dienst te zijn.

Hc  
Ve

ing.  NOORD laboratorium.

Bladzijde 1 van 3



Stichting TCKI Florijnweg 6, 6883 JP Velp, The Netherlands +31 26 3845600  
PO Box 27, NL-6880 AA Velp KvK 41047499 info@tcki.nl [www.tcki.nl](http://www.tcki.nl)

## Analyserapport

Ordernummer : 25.12.00987  
Uw referentie : 705

Monsteraanduiding: 1. Tegels

---

Analyse #		1
Bakproef elektr. oven		1.0
Vochtexpansie <sup>1)</sup>	%	0.094
Vochtexpansie <sup>2)</sup>	%	0.073

---

Bladzijde 2 van 3

\*1) op droge stof



Stichting TCKI Florijnweg 6, 6883 JP Velp, The Netherlands +31 26 3845600  
PO Box 27, NL-6880 AA Velp KvK 41047499 info@tcki.nl [www.tcki.nl](http://www.tcki.nl)

## Analyse methoden

Ordernummer : 25.12.00987  
Uw referentie : 705

---

Stookproef elektrische oven < 24 uur: eigen methode TCKI  
1) Gevoeligheid vochtexpansie: EN-ISO 10545-10  
2) Gevoeligheid vochtexpansie: eigen methode TCKI

**Bijlage 3:** Mailbericht van ing. [REDACTED] van het TCKI

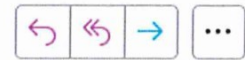
RE: Lab rapport 26.01.00534



[REDACTED] | TCKI [REDACTED]@tcki.nl&gt;

Aan info@iact-advies.nl

CC Laboratorium | TCKI



4-3-2026

U hebt dit bericht beantwoord op 5-3-2026 09:29.

Goedemiddag [REDACTED]

De meeste tegels hadden inderdaad voorafgaand aan de vorstproef al haarscheuren. Het is niet netjes van ons dat dit niet in het rapport is vermeld. We zullen hier een vervangende rapportage voor sturen. Wil je allen bij de vorstproef een beschrijving van de beproeving?

De tegels kunnen morgenochtend worden opgehaald. Ze staan op je te wachten.

Met vriendelijke groet,  
ing. [REDACTED] hoofd laboratorium

*Werkzaam op maandag tot en met donderdag.*



Bezoekadres: Florijnweg 6, 6883 JP Velp

Postadres: Postbus 27, NL-6880 AA Velp

+31 26 3845600

[info@tcki.nl](mailto:info@tcki.nl) [www.tcki.nl](http://www.tcki.nl)

This message is personal. For the entire disclaimer, we refer to [tcki.nl/mail-disclaimer](http://tcki.nl/mail-disclaimer)

**Bijlage 4:** Mailbericht van [redacted] van de Koninklijke Tichelaar d.d. 23 december 2024, gericht aan [redacted] en [redacted] van Rots Bouw, met in de c.c. [redacted] en [redacted] van de Koninklijke Tichelaar, met onderwerp 'Tegels Museum Arnhem'

**Van:** [redacted] | Koninklijke Tichelaar  
**Verzonden:** maandag 23 december 2024 14:44  
**Aan:** [redacted]; [redacted]  
**CC:** [redacted]; [redacted] | Koninklijke Tichelaar  
**Onderwerp:** Re: Tegels Museum Arnhem

U ontvangt niet vaak e-mail van [redacted]@tichelaar.nl. [Ontdek waarom dit belangrijk is](#)  
Dag [redacted]

Toch nog even op de valreep. Alles van dit jaar af te ronden.

Natuurlijk heb ik je rapporten gelezen en hebben we het Museum bezocht.  
Het is gek dat die tegels op het platte vlak in die dagkant kapotgaan en niet op andere plekken.  
Het kan zijn om de redenen die je noemt. Dit kunnen we helaas alleen maar beoordelen als de tegels zijn verwijderd.  
Ik wil namelijk weten hoe het er onder de tegel eruitziet. Zit er een ophoping van vuil, of te veel lijm, ventileert deze tegel wel voldoende (dus 5mm ruimte achter de tegel) en of zit er impregneer op de onderzijde van deze tegels. Wat ook is gedaan wat eigenlijk niet mocht.  
Deze 4 items kunnen van grote invloed zijn op de schade die je bij deze tegels ziet.  
.  
Mijns inziens is het glazenwassen ook een reden waarom er kapotte tegels zijn maar niet alle schade.

---

Mijn voorstel is om in januari een afspraak maken dat er een steiger of hoogwerker komt ter plekke van. Zodat we bij de onderdorpel/dagkant kunnen komen om de tegels te verwijderen en te vervangen maar tevens kunnen analyseren waar de schade vandaan komt.  
Vanuit een zekerheid en we over een jaar niet hetzelfde probleem willen hebben wil ik een andere biscuittegel voor deze onderdorpel/dagkant gebruiken maar wel geglazuurd in de juiste glazuurkleur. Een tegel met een super lage vochttopname waardoor dit nooit kan ontstaan mocht er te weinig ventilatie of ophoping van vuil en water ontstaan.

Mijn voorstel is dat jullie het steigerwerk of hoogwerker regelen en wij de tegels verwijderen en vervangen door nieuwe.  
Dit omdat jullie uiteindelijk de tegels hebben verwerkt en wij de leverancier zijn.  
Onze tegels voldoen namelijk bij een goede verwerking aan de gewenste eisen en vorstbestand zijn.  
Dit is bij meerdere testen en vorstproeven bewezen.

Lijkt mij een redelijk voorstel, we willen beide dat een mooi project als dit er goed opstaat.

Ik hoor graag wat je van mijn voorstel vind.

Met vriendelijke groet / With kind regards,

[redacted]

# Toelichting grondslagen

In dit document kunt u secties vinden die onleesbaar zijn gemaakt. Deze informatie is achterwege gelaten op basis van de Wet open overheid (Woo). De letter die hierbij is vermeld correspondeert met de bijbehorende grondslag in onderstaand overzicht.

## **J** Art. 5.1 lid 2 sub e

Het belang van de openbaarmaking van deze informatie weegt niet op tegen het belang van de eerbiediging van de persoonlijke levenssfeer van betrokkenen

## **P** Art. 5.1 lid 5

Het belang van de openbaarmaking van deze informatie weegt niet op tegen het belang van de onevenredige benadeling welke, in uitzonderlijke gevallen, wordt toegebracht aan een ander belang dan genoemd in art. 5.1 de leden 1 en 2, bij andere informatie dan milieu-informatie.