

## **Ryzyko związane z oceną i weryfikacją stałości właściwości użytkowych wyrobów budowlanych. Analiza wyników badań cementowych zapraw klejących do płytek ceramicznych wykonanych na zlecenie polskich organów nadzoru budowlanego w latach 2016-2020**

### **Risk related to the assessment and verification of the constancy of performance of construction products. Analysis of the results of the tests of cementitious adhesives for ceramic tiles commissioned by Polish construction supervision authorities in 2016-2020**

**Marcin Kulesza, Mateusz Łukasik, Bartosz Michałowski, Jacek Michalak\***

Research and Development Center, Atlas sp. z o.o., 2, Kilińskiego St., 91-421 Łódź, Poland

\*corresponding author: J. Michalak, e-mail: [jmichalak@atlas.com.pl](mailto:jmichalak@atlas.com.pl)

#### **Streszczenie**

W pracy analizie poddano wyniki badań przyczepności cementowych zapraw klejących do płytek ceramicznych wykonanych na zlecenie organów nadzoru budowlanego w latach 2016-2020. Znaczna ilość zbadanych cementowych zapraw klejących nie spełniła kryterium odbiorczego i zgodnie z regulacjami prawnymi ich producent zobowiązany był do niezwłocznego wycofania wyrobu z rynku. Przy ocenie zgodności wyników z kryteriami stosowana jest reguła prostej akceptacji, co oznacza, że wyrób został uznany za zgodny lub niezgodny w odniesieniu do wyniku, jeśli wynik ten, bez uwzględnienia zmienności wynikającej z niepewności pomiarowej, spełnił bądź nie spełnił wymagań progowych. Omówiono możliwe sytuacje, w których producent dokonał prawidłowej oceny i weryfikacji stałości właściwości użytkowych [AVCP] cementowej zaprawy klejącej, zaś ocena laboratorium była negatywna z powodu nie uwzględnienia zmienności wynikającej z niepewności pomiarowej lub specyfiki wieloetapowej metody badawczej. Analizę wyników badań przeprowadzono według podziału na cementowe zaprawy klejące klasy C1 i C2 oraz według podziału na laboratoria notyfikowane, w których wykonane zostały badania. Analizując proporcje pomiędzy wyrobami spełniającymi i niespełniającymi wymagań w dwóch laboratoriach wykonujących badania na zlecenie organów nadzoru budowlanego, stwierdzono duże różnice pomiędzy nimi.

#### **Summary**

The paper analyzes the results of adhesion tests of cementitious adhesives to ceramic tiles, commissioned by construction supervision authorities in 2016-2020. A significant number of the tested cementitious adhesives did not meet the acceptance criteria. Following legal regulations, their manufacturer was obliged to withdraw the product from the market immediately. When assessing the compliance of the results with the requirements, the simple acceptance rule is applied. It means that the product is considered compliant only if the result met the threshold requirements. The results variability estimated from the measurement uncertainty is not taken under consideration. Possible situations in which the manufacturer correctly assessed and verified the constancy of performance [AVCP] of the cementitious adhesive, but the laboratory assessment was negative due to not including the variability resulting from measurement uncertainty, or the specificity of the multi-stage research methodology were discussed. The analysis of the test results was carried out according to the division into C1 and C2 class cementitious adhesives, and also according to the division into notified laboratories, where the tests were performed. When analyzing the number of products that meet or not the requirements, significant differences were found between laboratories carrying out tests commissioned by construction supervision authorities.

**Słowa kluczowe:** ocena i weryfikacja stałości właściwości użytkowych [AVCP], cementowe zaprawy klejące do płytek ceramicznych, przyczepność, niepewność pomiarowa, kontrola wyrobów budowlanych, nadzór rynku

**Keywords:** assessment and verification of constancy of performance [AVCP], cementitious adhesives for ceramic tiles, adhesion tensile strength, measurement uncertainty, an inspection of construction products, market surveillance

## 1. Wprowadzenie

Cementowe zaprawy klejące do płytek ceramicznych to ważna grupa wyrobów wśród fabrycznie produkowanych suchych zapraw budowlanych. Do zainstalowania 13,1 mld m<sup>2</sup> płytek ceramicznych wyprodukowanych w 2018 roku na świecie (1) potrzebne były ponad 52 mln ton cementowych zapraw klejących, przy założeniu średniego zużycia wynoszącego 4 kg/m<sup>2</sup>. Wyroby te należą do stosunkowo tanich materiałów budowlanych, zaś udział kosztów transportu w ich ostatecznej cenie jest znaczny. Z tego powodu są one produkowane lokalnie, w zakładach produkcyjnych wykorzystujących dostępne w okolicy surowce, przede wszystkim te wykorzystywane masowo. Utrzymanie stałej jakości produktu w sytuacji zmiennej jakości surowców masowych, a mianowicie cement portlandzki, piaski kwarcowe oraz inne wypełniacze, należy do ważnych zadań producentów suchych zapraw budowlanych.

Dla każdego producenta wprowadzenie wyrobu związane jest z ryzykiem, w tym także ryzykiem negatywnej oceny wyrobu w badaniach zlecanych przez organy kontroli. Jest to szczególnie prawdopodobne w sytuacji, gdy rzeczywiste właściwości użytkowe wyrobu są zbliżone do granicznej wartości normowego kryterium oceny. Z tego względu ważne jest przeprowadzenie przez producenta pełnej analizy niepewności pomiarowej (2-4). Z uwagi na wariancję mierzonych zasadniczych właściwości wyrobu zawsze istnieje ryzyko jego błędnej oceny. Wyrób oceniony jako zgodny może być w rzeczywistości niezgodny, zaś wyrób odrzucony jako niezgodny może być faktycznie wyrobem zgodnym (5,6). Znajomość wartości niepewności pomiarowej w badaniach danej właściwości jest ważna dla producenta. Producent będąc jej świadomy może zminimalizować ryzyko otrzymania wyników, które nie spełnią warunków kryterium oceny, na przykład poprzez zwiększenie wartości parametru/parametrów wyrobu. Taki sposób działania wiąże się jednak z poniesieniem przez producenta dodatkowych kosztów. Z tego względu niektórzy producenci w świadomy sposób podejmują ryzyko rynkowe, wprowadzając wyrób, którego właściwości użytkowe podlegające ocenie są zbliżone do wartości progowych. W analizie niepewności wyników badań należy wziąć pod uwagę czynniki związane z dokładnością przyrządów pomiarowych oraz błędy wynikające z niejednorodności badanego wyrobu, zastosowanej metody badawczej, a także z niedoskonałości zmysłów obserwatora i wpływu innych czynników zakłócających pomiar.

W Polsce podobnie jak we wszystkich krajach unijnych, podstawą oceny i weryfikacji stałości właściwości użytkowych [AVCP] cementowych zapraw klejących są wymagania podane w EN 12004:2007+A1:2012 (7). Norma została ustanowiona, gdy zasady działania unijnego rynku wyrobów budowlanych regulowała Dyrektywa 89/106/EWG (8). EN 12004:2007+A1:2012 to ostatnia

## 1. Introduction

Cementitious adhesives for ceramic tiles are an essential group of products among factory produced dry-mix mortars. In 2018 to install 13.1 billion m<sup>2</sup> of ceramic tiles more than 52 million tons of cementitious adhesives were needed – assuming an average consumption of 4 kg/m<sup>2</sup> (1). These products are relatively cheap building materials, and the share of transport costs in their final price is significant. Thus, they are produced locally in production plants, using raw materials available in the area, mainly those used on a large scale. Maintaining a consistent product quality in the variable quality of bulk raw materials, such as Portland cement, quartz sands, and other ingredients, is an essential task for the producers of dry mortars.

For each manufacturer, to launch a product is associated with risk, including the risk of a negative assessment of the product in tests ordered by control authorities. It is exceedingly probable when the product performance properties actual values are close to the limit values of the standard assessment criteria. For this reason, the manufacturer must conduct a full analysis of the measurement uncertainty (2-4). Due to the variance of the product measured basic properties, there is always a risk of its incorrect assessment. The product assessed as in conformity may be non-compliant, while the product rejected as non-compliant may be compliant (5,6). The manufacturer needs to know the measurement uncertainty value in testing a given property. Being aware of it, the manufacturer can minimize the risk of obtaining results that do not meet the criteria of the evaluation, for example, by increasing the value of the product parameter/parameters. However, this method of operation involves additional costs for the manufacturer. For this reason, some manufacturers are consciously taking the market risk by introducing the product, whose performance values to be assessed, are close to the threshold values. In the analysis of the uncertainty of test results, factors related to the accuracy of measuring instruments and errors resulting from the heterogeneity of the tested product. The test method used, as well as the imperfection of the observer senses, and the influence of other factors disturbing the measurement, should be taken into account.

In Poland, as in all EU countries, the basis for assessing and verifying the constancy of performance [AVCP] of cementitious adhesives are the requirements specified in EN 12004:2007+A1:2012 (7). The standard was established when the principles of operation of the EU market of construction products were regulated by Directive 89/106/EEC (8). EN 12004: 2007+A1:2012 is the last version of the standard published in the list of harmonized European standards that are the basis in the AVCP process enabling the CE marking to be placed on a construction product (9), although from July

wersja normy opublikowana w wykazie europejskich norm zharmonizowanych będących podstawą w procesie AVCP umożliwiającym umieszczenie oznakowania CE na wyrobie budowlanym (9). Ten stan utrzymuje się pomimo, że od 1 lipca 2013 roku unijny rynek wyrobów budowlanych regulują przepisy Construction Product Regulation [CPR] (10). W 2017 roku opublikowana została kolejna wersja normy EN 12004-1:2017 (11). Nie została ona jednak do tej pory zamieszczona w wykazie norm zharmonizowanych w oficjalnym Dzienniku Unii Europejskiej i tym samym nie może być podstawą w procesie AVCP. Norma EN 12004:2007+A1:2012 dzieli cementowe zaprawy klejące na dwie zasadnicze klasy: o podstawowych właściwościach – C1 oraz kleje o podwyższonych właściwościach – C2. W przypadku klejów klasy C1 wymaga się, aby przyczepność wyznaczana poprzez oznaczenie wytrzymałości na rozciąganie po przechowywaniu próbek w różnych warunkach pomiarowych, wynosiła nie mniej niż 0,5 N/mm<sup>2</sup>. Dla klejów klasy C2 ustalono, że przyczepność nie może wynosić mniej niż 1,0 N/mm<sup>2</sup> po przechowywaniu zaprawy w różnych warunkach laboratoryjnych, symulujących rzeczywiste warunki eksploatacji cementowych zapraw klejących. Obowiązujące w krajach unijnych od prawie dwudziestu lat wymagania w zakresie AVCP cementowych zapraw klejących (12) w 2004 roku zostały implementowane przez Międzynarodową Organizację Normalizacyjną [ISO], która ustanowiła serię norm ISO 13007 (13). Tym samym wymagania dla cementowych zapraw klejących są ujednolicone w większości krajów świata.

AVCP cementowych zapraw klejących do płytek ceramicznych w odniesieniu do ich zasadniczych właściwości przeprowadzana jest zgodnie z systemem 3 (7). W systemie tym producent dokonuje oceny i weryfikacji stałości właściwości użytkowych z uwzględnieniem wyników badań tzw. wstępnych badań typu wyrobu wykonanych przez stronę trzecią - laboratorium notyfikowane oraz ustanowieniu i prowadzeniu zakładowej kontroli produkcji (10). Kolejnym etapem AVCP jest wystawienie przez producenta deklaracji właściwości użytkowych [DWU] zgodnie z wymaganiami CPR, z zastosowaniem określonego przepisami wzoru deklaracji (14) oraz umieszczenie oznakowania CE na wyrobie.

Jak wspomniano, niepewność pomiaru określa przedział wokół wartości średniej, w którym może znaleźć się wartość oczekiwana, o czym producent wprowadzając wyrób budowlany zawsze musi pamiętać. W przypadku wyrobów budowlanych duży wpływ na niepewność wyników mają szczególnie czynniki związane z niejednorodnością wyrobu oraz metodą badawczą (4).

Podstawą AVCP cementowych zapraw klejących jest oznaczenie przyczepności poprzez wyznaczenie wytrzymałości na rozciąganie (7). Przyczepność wyznaczana jest z wykorzystaniem techniki *pull-off* powszechnie stosowanej w budownictwie (15). Tak jak inne metody eksperymentalne metodą badania przyczepności charakteryzuje rozrzut uzyskiwanych wyników (16-18). Analogicznie jak w przypadku wielu materiałów budowlanych oznaczenie przyczepności cementowych zapraw klejących charakteryzuje wieloetapowy charakter procedur badawczych mający wpływ na niepewność pomiaru. Analizując metodę oznaczenia przy-

1, 2013, the EU construction product market is regulated by the Construction Product Regulation [CPR] (10). In 2017, another version of the EN 12004-1:2017 standard (11) was published, but it has not yet been placed in the list of harmonized standards in the Official Journal of the European Union. It, therefore, cannot be the basis for the AVCP process. The EN 12004:2007+A1:2012 standard divides cementitious adhesives into two main classes: with basic properties – C1 and adhesives with enhanced properties – C2. In the case of the class C1 adhesives, it is required that the adhesion determined by the tensile strength, after storing the samples under various measurement conditions, is not lower than 0.5 N/mm<sup>2</sup>. For C2 class adhesives, it has been established that the adhesion must not be lower than 1.0 N/mm<sup>2</sup> after the mortar has been stored in various laboratory conditions, simulating the actual exploitation conditions of cementitious adhesives. The requirements for AVCP for cementitious adhesives (12) in force in EU countries for almost twenty years (12) were implemented in 2004 by the International Organization for Standardization (ISO), which established the ISO 13007 series of standards (13). Thus, the requirements for cementitious adhesives are standardized in most countries of the world.

AVCP of cementitious adhesives for ceramic tiles concerning their basic properties is carried out according to the system 3 (7). In this system, the manufacturer assesses and verifies the constancy of performance, taking into account the results of the so-called initial type-testing of the product, carried out by a third party (notified laboratory). Subsequently, he must also establish and maintain factory production control (10). The next stage of the AVCP is the issuance by the manufacturer of a declaration of performance following the CPR requirements, using the declaration template (14) specified in the regulations and the CE marking of the product.

As mentioned, the measurement uncertainty determines the range around the average value in which the expected value can be found, which the manufacturer must always remember when introducing a construction product. In the case of construction products, factors related to product heterogeneity, and testing methodology significantly impact the uncertainty of results (4).

The basis of AVCP cementitious adhesives is the determination of adhesion by determining the tensile strength (7). Tensile adhesion strength is determined using the pull-off technique, commonly used in construction (15). Like other experimental methods, testing adhesion is characterized by the dispersion of the obtained results (16-18). As in the case of many building materials, the determination of the tensile adhesion strength of cementitious adhesives is characterized by the test of multi-stage method nature, which affects the measurement uncertainty. By analyzing the method of determining the adhesion of cementitious adhesives tested in the layer system: concrete slab – adhesive – ceramic tile, the influences of the concrete slab (18), and the type of ceramic tile (19) on the measurement result were established. When discussing the method of testing the adhesion of cementitious adhesives to tiles, one should mention that the water used for storing the samples also influences the test results. It was established that the origin

czepności cementowych zapraw klejących badanych w układzie warstw: płyta betonowa – klej – płytka ceramiczna stwierdzono wpływ użytej do badań płyty betonowej (18) oraz rodzaju płytki ceramicznej (19) na wynik pomiaru. Omawiając metodę badań przyczepności cementowych klejów do płytek, należy wspomnieć również o wpływie rodzaju użytej do przechowywania próbek wody na wynik badania. Stwierdzono, że pochodzenie i rodzaj wody zastosowanej do sezonowania próbek wpływa na przyczepność zapraw klejących. W niektórych przypadkach różnice pomiędzy wynikami badań są tak duże, że mogłyby zadecydować o spełnieniu kryteriów normowych (20).

W Polsce w zakresie wyrobów budowlanych organami nadzoru rynku są wojewódzcy inspektorzy nadzoru budowlanego, Główny Inspektor Nadzoru Budowlanego oraz jako, organ monitorujący funkcjonowanie systemu nadzoru rynku, Prezes Urzędu Ochrony Konkurencji i Konsumentów (21, 22). Polski system jest częścią wspólnotowego systemu nadzoru rynku i kontroli wyrobów budowlanych oznakowanych CE (23), którego ramy określa rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady [WE] nr 765/2008 (24). Organy nadzoru kontrolują wyroby budowlane w przypadku ich wprowadzenia do obrotu, i w większości krajów unijnych koncentrują się na kontroli dokumentacji towarzyszącej wyrobowi (25). Specyfika wyrobów budowlanych powoduje, że kontroli podlega wyrób nie w zastosowaniu końcowym [po wbudowaniu], a jedynie w momencie jego wprowadzenia na rynek. Nie jest możliwe poddanie kontroli wszystkich wyrobów budowlanych i z tego względu organy nadzoru budowlanego muszą dokonywać selekcji, koncentrując się na wyrobach krytycznych z punktu widzenia przyszłego bezpieczeństwa ich użytkowników. W Polsce organy nadzoru budowlanego od 2016 roku regularnie zlecają badania laboratoryjne próbek wyrobów budowlanych i publikują ich wyniki (26-28). W większości krajów unijnych weryfikacji podlega wyłącznie dokumentacja towarzysząca wyrobowi (25).

W pracy poddano analizie wyniki badań cementowych zapraw klejących do płytek ceramicznych, wykonanych w latach 2016-2020 na zlecenie organów nadzoru budowlanego. Wyniki badań analizowano w trzech różnych wymiarach:

1. Czy próbki cementowych zapraw klejących spełniły kryteria odbiorcze i czy tym samym producent dokonał prawidłowej AVCP zgodnie z obowiązującymi kryteriami oceny?
2. Jaki wpływ na AVCP badanych wyrobów budowlanych ma zastosowanie reguły prostej akceptacji? Co oznacza, że wyrób został uznany za zgodny z kryterium odbiorczym, jeśli wynik badania [wartość średnia] bez uwzględnienia zmienności wynikającej z niepewności pomiarowej, spełnił wymaganie?
3. Jaki wpływ miały warunki dojrzewania próbek odpowiadające przyszłym warunkom eksploatacji wyrobu na spełnienie wymagań odbiorczych?

Dodatkowo uzyskane wyniki poddano analizie z punktu widzenia odtwarzalności oraz badań międzylaboratoryjnych.

and type of the water used for curing the samples, influence the adhesion of the adhesive mortars. In some cases, the test results differences are so significant that they could potentially decide about meeting the standard criteria (20).

In Poland, in the field of construction products, the market surveillance authorities are regional building control inspectors, the General Inspector of Building Control and, as the body monitoring the functioning of the market surveillance system, the President of the Office of Competition and Consumer Protection (21, 22). The Polish system is part of the Community market surveillance and control system for CE-marked construction products (23), the framework of which is defined by Regulation [EC] No 765/2008 of the European Parliament and the Council (24). Regulatory bodies inspect construction products when they are placed on the market, and in most EU countries, they focus on checking the documentation accompanying the product (25). Due to the specificity of construction products, the product is controlled not in its final application – after installation, but only at the moment of its introduction to the market. It is not possible to inspect all construction products and, therefore, construction supervisory authorities have to select products that are critical i.e. safety to their users in future. In Poland, construction supervision authorities regularly commission laboratory tests of construction product samples and publish their results since 2016 (26-28). In the most EU countries, only the documentation accompanying the product is verified (25).

In the paper analyzes of the tests results of cementitious adhesives for ceramic tiles carried out in 2016-2020 at the request of construction supervision authorities are presented.

The test results were analyzed in three different ranges:

1. Did the samples of cementitious adhesives meet the acceptance criteria, and did the manufacturer, therefore, perform the correct AVCP under the applicable evaluation criteria?
2. What is the impact of the simple acceptance rule on the AVCP of the tested construction products? What does it mean that the product was found compliant with the acceptance criterion if the test result [average value] met the requirement without taking into account the variability resulting from the measurement uncertainty?
3. What was the impact of the samples conditioning conditions corresponding to the product future operating conditions on meeting the acceptance requirements?

Additionally, the obtained results were analyzed taking into account the reproducibility and inter-laboratory tests.

## 2. Materials and methods

The study analyzes the results of 149 cementitious adhesives for ceramic tiles – 71 products marked as C1 and 78 products marked as C2, carried out in the period from January 1, 2016 year, to August 31, 2020 year, at the request of construction supervision authorities. The construction supervision collected the samples



## 2. Materiały i metody

W pracy analizie poddano wyniki badań 149 cementowych zapraw klejących do płytek ceramicznych (71 wyrobów oznaczonych jako C1 oraz 78 wyrobów oznaczonych jako C2), przeprowadzonych w okresie od 1 stycznia 2016 do 31 sierpnia 2020 roku na zlecenie organów nadzoru budowlanego. Próbki wyrobów zostały pobrane przez nadzór budowlany w punktach sprzedaży. Badania wykonano w trzech laboratoriach notyfikowanych w zakresie normy EN 12004:2007+A1:2012. Spośród 71 cementowych zapraw klejących klasy C1 w pierwszym laboratorium notyfikowanym wykonano badania 41 klejów, zaś w drugim laboratorium notyfikowanym 30 klejów. Trzecie laboratorium notyfikowane nie badało klejów klasy C1. Spośród 78 cementowych zapraw klejących klasy C2 w laboratorium notyfikowanym nr 1 wykonano badania 50 klejów, w drugim 24 klejów, zaś w trzecim jedynie 4 klejów. Wyniki badań wyrobów były systematycznie publikowane na stronie GUNB i są powszechnie dostępne (29).

Badania cementowych zapraw klejących wykonane zostały zgodnie z wymaganiami podanymi w EN 12004:2007+A1:2012 w celu weryfikacji AVCP zleconej przez producenta, z wykorzystaniem metody badań określonej w normie EN 1348:2007 (30). Notyfikowane laboratoria dla każdej wyznaczanej właściwości – przyczepność początkowa, po zanurzeniu w wodzie, po starzeniu termicznym oraz po cyklach zamrażania i rozmrażania, obliczyły wartość średnią zgodnie z wymaganiami normy EN 1348:2007, tj. po odrzuceniu wyników odbiegających o więcej niż  $\pm 20\%$  od wartości średniej. Podane wartości niepewności wyników są niepewnością rozszerzoną, obliczoną dla poziomu ufności 95% i współczynnika rozszerzenia  $k=2$  i nie uwzględniają etapu pobierania próbek. Wartość niepewności odnosi się wyłącznie do przedstawionej średniej. Wartość niepewności nie może być przypisana bezpośrednio do poziomu właściwości danego wyrobu, ponieważ laboratorium nie miało wiadomości na temat zmienności jego populacji, a tylko na temat badanej próbki. Przy ocenie zgodności wyników z kryteriami zastosowano regułę prostej akceptacji, co oznacza, że wyrób został uznany za zgodny lub niezgodny w odniesieniu do wyniku, jeśli wynik ten, bez uwzględnienia zmienności wynikającej z niepewności pomiarowej, spełnił bądź nie spełnił wymagań progowych.

## 3. Wyniki badań i ich analiza

Wyniki badań przyczepności początkowej, przyczepności po zanurzeniu w wodzie, po starzeniu termicznym oraz po cyklach zamrażania i rozmrażania dla cementowych zapraw klejących do płytek ceramicznych klasy C1 zostały zaprezentowane na rysunku 1, zaś dla klasy C2 na rysunku 2.

Jak przedstawiono na rysunkach 1 i 2 wiele z cementowych zapraw klejących do płytek ceramicznych nie spełniło wymagania odbiorczego – przyczepność oznaczona w różnych warunkach pomiarowych dla wyrobów klasy C1 wynosiła poniżej  $0,5 \text{ N/mm}^2$ , zaś dla klasy C2 poniżej  $1,0 \text{ N/mm}^2$ . Negatywny wynik badań ce-

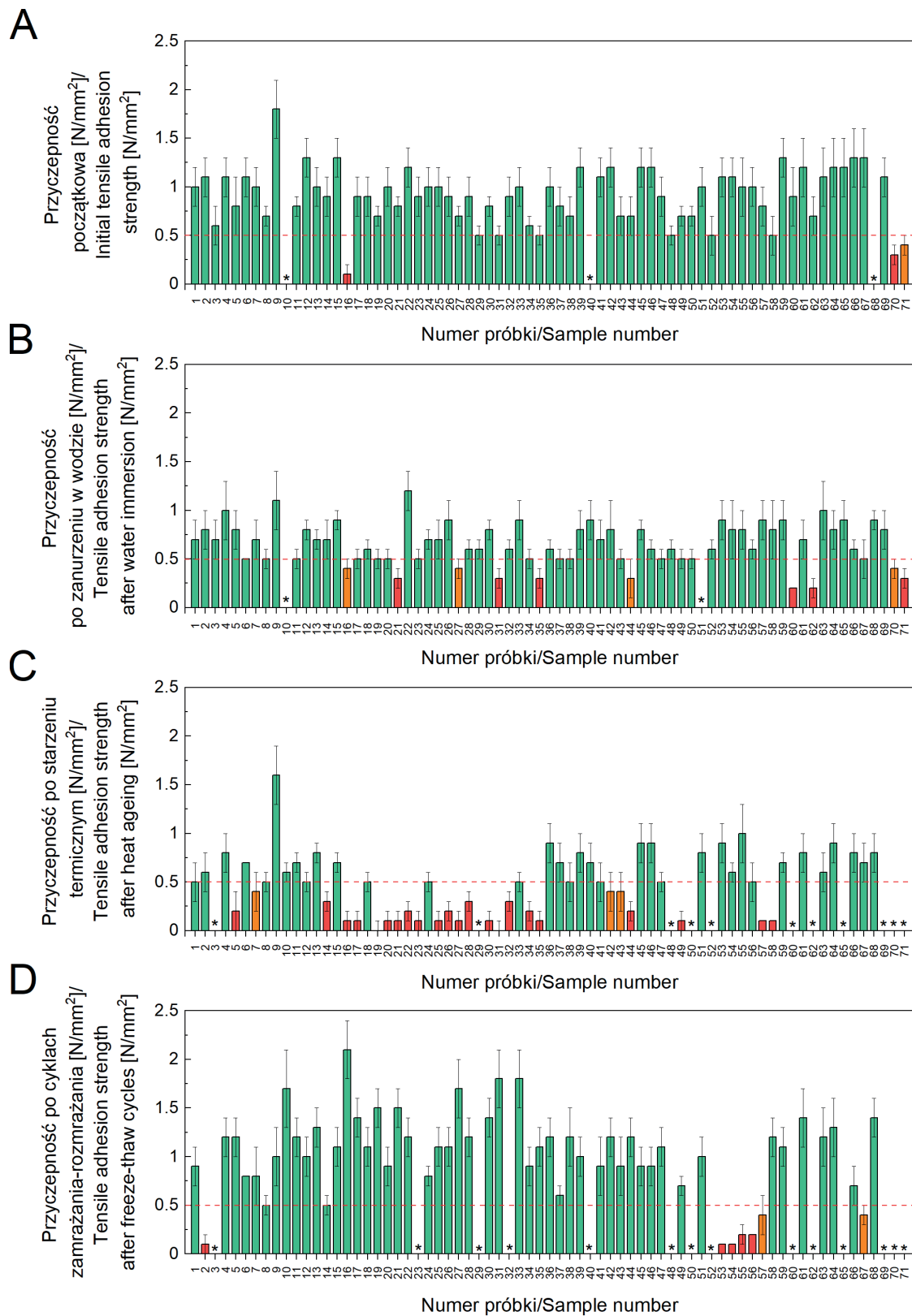
of the products at the points of sale. The tests were performed in three notified laboratories in the scope of EN 12004: 2007+A1:2012 (30). Out of 71 class C1 cementitious adhesives, 41 adhesives were tested in the first notified laboratory, and 30 adhesives were tested in the second notified laboratory. The third notified laboratory did not test class C1 adhesives. Out of 78 class C2 cementitious adhesives, 50 adhesives were tested in the notified laboratory no. 1, 24 adhesives in the second, and only four adhesives in the third. The results of product tests were systematically published on the General Office of Building Control [GUNB] website and are generally available (29).

Tests of cementitious adhesives were performed according to the requirements specified in EN 12004: 2007+A1:2012 to verify the AVCP declared by the manufacturer, using the test methods given in EN 1348: 2007 (30). Notified laboratories for each determined characteristic – initial tensile adhesion strength, after water immersion, after thermal aging, and after freeze-thaw cycles, calculated the mean value according the requirements of EN 1348:2007, i.e., after rejecting the results deviating by more than  $\pm 20\%$  from the mean value. The results reported uncertainty values are the expanded uncertainty calculated for the 95% confidence level and the coverage factor  $k=2$  and do not include the sampling step. The uncertainty value only relates to the average reported. The uncertainty value cannot be directly attributed to the level of the given product properties, because the laboratory did not know the variability of its population, but only about the tested sample. When assessing the compliance of the results with the criteria, the simple acceptance rule was applied, which means that the product was considered compliant or non-compliant concerning the result, if this result, without taking into account the variability resulting from the measurement uncertainty, met or did not meet the threshold requirements.

## 3. Results and analysis

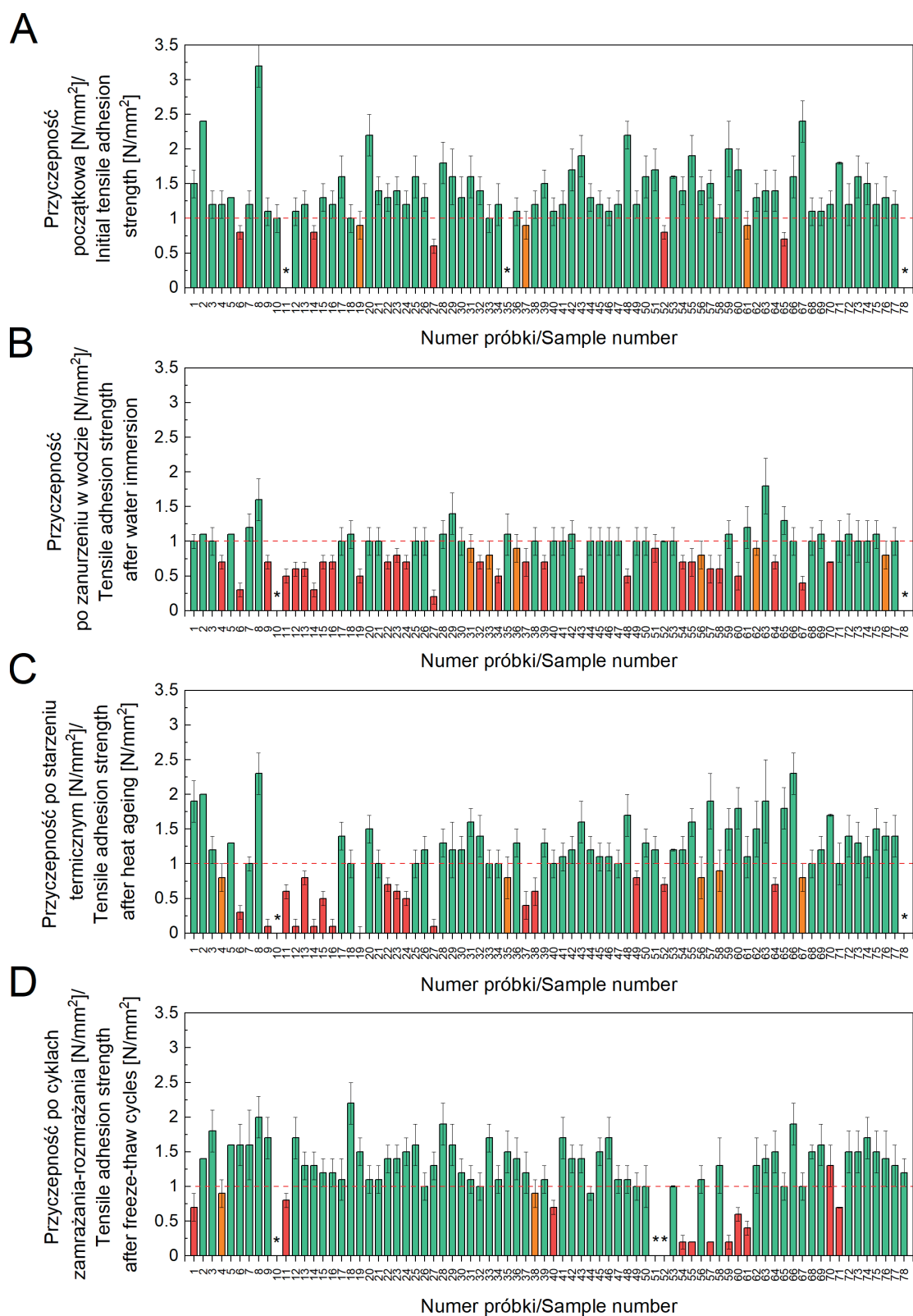
The results of tests of initial tensile adhesion strength, tensile adhesion strength after immersion in water, after thermal aging, and after cycles of freezing and thawing for class C1 cementitious adhesive for ceramic tiles, are presented in Fig. 1, and for class C2 in Fig. 2.

As it is shown in Figs. 1 and 2, many of the cementitious adhesives for ceramic tiles did not meet the acceptance requirements – the tensile adhesion strength determined under various measurement conditions for products of class C1 was below  $0.5 \text{ N/mm}^2$ , and for class C2 below  $1.0 \text{ N/mm}^2$ . A negative result of cementitious adhesive tests commissioned by construction supervision authorities may mean that in some cases, the manufacturer has made an incorrect AVCP or consciously sells a product that does not meet the acceptance criterion. It is also possible that the manufacturer has performed the correct AVCP and the assessment of the laboratory is not proper, especially considering that the test method is multi-stage (30). Each stage of the test contributes to the uncertainty of the result (18-20), and thus it will be more



Rys. 1. Wyniki badań przyczepności początkowej [A], przyczepności po zanurzeniu w wodzie [B], przyczepności po starzeniu termicznym [C] i przyczepności po cyklach zamrażania i rozmrażania [D] cementowych zapraw klejących klasy C1. Linia przerywana [---] przedstawia wartość progową zgodnie z EN 12004, [■] wyrób spełnił wymaganie progowe, [■] wyrób spełniłby wymaganie progowe gdyby przy jego ocenie uwzględniono zmienność wynikającą z niepewności pomiarowej, [■] wyrób nie spełnił wymagania progowego, [\*] brak danych.

Fig. 1. Results of tests of initial tensile adhesion strength [A], tensile adhesion strength after immersion in water [B], tensile adhesion strength after thermal ageing [C], and tensile adhesion strength after freeze-thaw cycles [D] of C1 class cementitious adhesives. The dashed line [---] represents the threshold value according to EN 12004, [■] the product met the threshold requirement, [■] the product would meet the threshold requirement if the variability resulting from the measurement uncertainty were taken into account when assessing it, [■] the product failed the threshold requirement, [\*] no data.



Rys. 2. Wyniki badań przechepności początkowej A, przechepności po zanurzeniu w wodzie B, przechepności po starzeniu termicznym C i przechepności po cyklach zamrażania i rozmrażania D cementowych zapraw klejących klasy C2. Linia przerywana [---] przedstawia wartość progową zgodnie z EN 12004, [■] wyrób spełnił wymaganie progowe, [■] wyrób spełniłby wymaganie progowe gdyby przy jego ocenie uwzględniono zmienność wynikającą z niepewności pomiarowej, [■] wyrób nie spełnił wymagania progowego, [\*] brak danych.

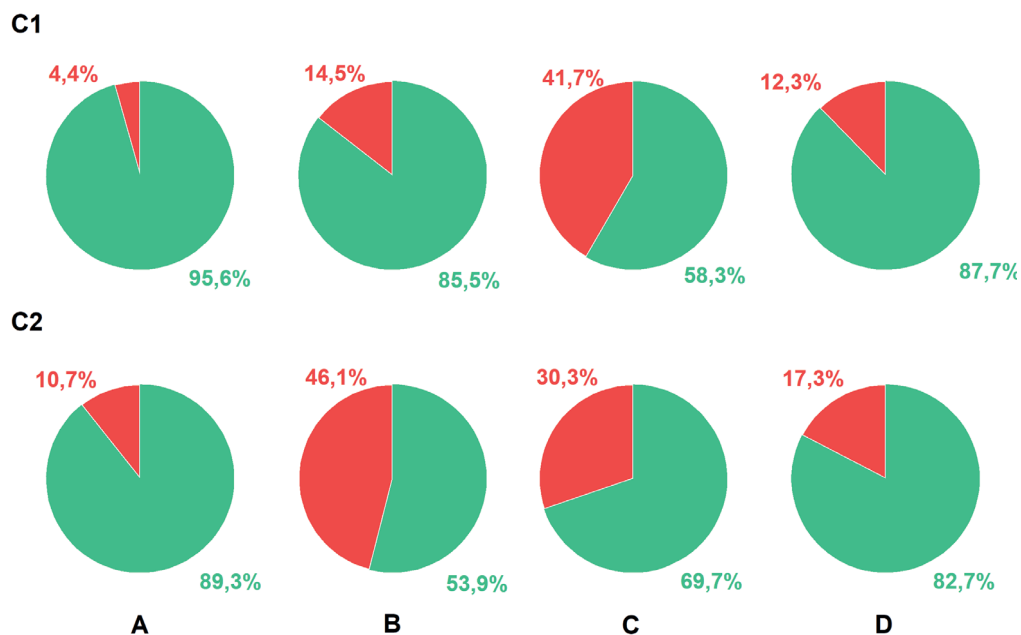
Fig. 2. Results of tests of initial tensile adhesion strength [A], tensile adhesion strength after immersion in water [B], tensile adhesion strength after thermal ageing [C], and tensile adhesion strength after freeze-thaw cycles [D] of C2 class cementitious adhesives. Legend: [---] the dashed line represents the threshold value according to EN 12004, [■] the product met the threshold requirement, [■] the product would meet the threshold requirement if the variability resulting from the measurement uncertainty were taken into account when assessing it, [■] the product failed threshold, [\*] no data.

mentowych zapraw klejących, wykonanych na zlecenie organów nadzoru budowlanego, może oznaczać, że w niektórych przypadkach producent dokonał nieprawidłowej AVCP lub świadomie wprowadził do obrotu wyrób niespełniający kryterium odbiorczego. Możliwa jest także sytuacja, w której producent dokonał prawidłowej AVCP, zaś ocena laboratorium nie jest poprawna, szczególnie biorąc pod uwagę, że metoda badań jest wieloetapowa (30). Każdy z etapów badania ma swój wkład w niepewność wyniku (18-20) i tym bardziej będzie ona podatna na różnice wyników wynikające z odtwarzalności (4). Analizując wyniki, należy pamiętać o zastosowaniu do oceny reguły prostej akceptacji, która nie uwzględnia zmienności wynikającej z niepewności pomiarowej, co w skrajnych przypadkach może prowadzić do podjęcia niewłaściwych decyzji podczas oceny wyrobu (31).

Na rysunku 3 przedstawiono procentowy udział próbek cementowych zapraw klejących klas C1 i C2, które uzyskały lub nie uzyskały minimalną wartość przyczepności początkowej [A], po zanurzeniu w wodzie [B], po starzeniu termicznym [C] oraz po cyklach zamrażania i rozmrażania [D], wynoszącą dla klejów cementowych klasy C1 nie mniej niż 0,5 N/mm<sup>2</sup> lub nie mniej niż 1,0 N/mm<sup>2</sup> dla klasy C2. Analiza zbadanych próbek wykazuje, że większy udział cementowych zapraw klejących, niespełniających wymagań kryterium odbiorczego, odnotowano dla klejów klasy C2 niż dla klejów klasy C1 we wszystkich warunkach pomiarowych, z wyjątkiem starzenia termicznego – 14 dni w warunkach znormalizowanych + 14 dni w temperaturze +70°C. Uwzględnienie podczas oceny przyczepności cementowych zapraw klejących zmienności wynikającej z niepewności pomiarowej zamiast re-

susceptible to the differences in outcomes, due to reproducibility (4). When analyzing the results, one should remember to apply the simple acceptance rule to the assessment, which does not consider the variability resulting from the measurement uncertainty, which in extreme cases may lead to making wrong decisions when assessing the product (31).

Fig. 3 shows the percentage of samples of cementitious adhesives of classes C1 and C2, which fulfilled or did not fulfill the minimum requirement value – 0.5 N/mm<sup>2</sup> for class C1 or not lower than 1.0 N/mm<sup>2</sup> for class C2, of initial tensile adhesion strength [A], after immersion in water [B], after thermal ageing [C], and after freeze – thaw cycles [D]. The analysis of the tested samples shows that a more significant share of cementitious adhesives, which did not meet the requirements of the acceptance criterion, was recorded for class C2 adhesives than for class C1 adhesives in all measuring conditions, except for thermal ageing – 14 days in standard conditions + 14 days at +70°C. Taking into account the variability resulting from the measurement uncertainty instead of the simple acceptance rule, when assessing the adhesion of cementitious adhesives, in the case of C1 class adhesives, one more product would be assessed positively after storage in standard conditions, four products after immersion in water, three after thermal ageing and two products more after freeze-thaw cycles [Fig. 1]. In the case of class C2 adhesives, without applying the simple acceptance rule, three products more would be assessed positively after storage in standard conditions, six products after immersion in water, five products after thermal ageing, and two products after being subjected to freeze – thaw cycles [Fig. 2].



Rys. 3. Procentowy udział próbek cementowych zapraw klejących klas C1 i C2, które [■] spełniły lub [■] nie spełniły kryterium przyczepności wynoszące odpowiednio nie mniej niż 0,5 N/mm<sup>2</sup> lub 1,0 N/mm<sup>2</sup> przyczepności początkowej [A], po zanurzeniu w wodzie [B], po starzeniu termicznym [C] oraz cyklach rozmrażania i zamrażania [D].

Fig. 3. Percentage of samples of cementitious adhesives of classes C1 and C2 which [■] met or [■] did not meet the tensile adhesion strength criterion of not less than 0.5 N/mm<sup>2</sup> or 1.0 N/mm<sup>2</sup>, respectively initial tensile adhesion strength [A], after water immersion [B], after thermal ageing [C] and after freeze-thaw cycles [D].



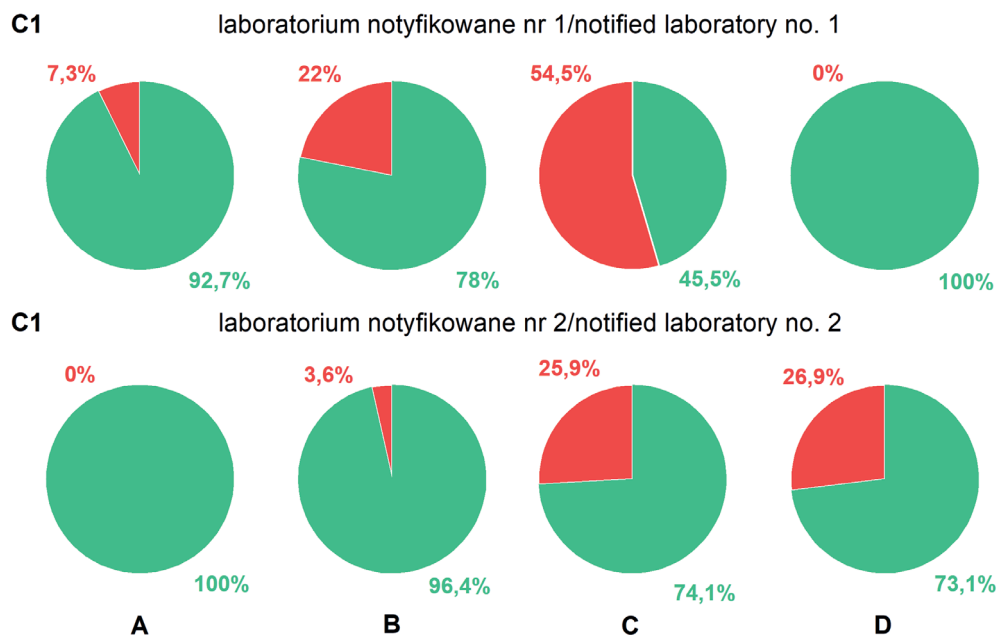
guły prostej akceptacji spowodowałyby, że w przypadku klejów klasy C1 jeden wyrób więcej zostałby oceniony pozytywnie po przechowywaniu w warunkach znormalizowanych, 4 wyroby po zanurzeniu w wodzie, 3 po starzeniu termicznym oraz 2 wyroby więcej po cyklach zamrażania i rozmrażania [rys. 1]. W przypadku klejów klasy C2, nie stosując reguły prostej akceptacji, 3 wyroby więcej ocenione byłyby pozytywnie po przechowywaniu w warunkach znormalizowanych, 6 wyrobów po zanurzeniu w wodzie, 5 wyrobów po starzeniu termicznym oraz dwa wyroby po poddaniu je cyklem zamrażania i rozmrażania [rys. 2].

Na rysunkach 4 i 5 przedstawiono odpowiednio procentowy udział próbek cementowych zapraw klejących klasy C1 i C2, które spełniły lub nie spełniły kryterium progowego – nie mniej niż 0,5 N/mm<sup>2</sup> lub 1,0 N/mm<sup>2</sup>, dla różnych warunków przechowywania próbek w podziale na laboratoria, które wykonały pomiary.

W przypadku cementowych zapraw klejących klasy C2 nie uwzględniono wyników uzyskanych w trzecim laboratorium notyfikowanym z powodu niewielkiej ilości próbek zbadanych – jedynie 4 wyroby. Porównanie proporcji pomiędzy wyrobami spełniającymi i niespełniającymi w dwóch laboratoriach wykonujących badania określa ich różne charakterystyki/profile. Z punktu widzenia producenta, którego wyroby poddawane są przez organy nadzoru budowlanego ponownej ocenie i weryfikacji, ważna jest odtwarzalność wyników. Odtwarzalność wyników to stopień zgodności wyników pomiaru tej samej wielkości mierzonej, wykonywanych w zmienionych warunkach pomiarowych. W przypadku porównania wyników pokazanych na rysunkach 4 i 5 nie mamy do czynienia z odtwarzalnością wyników w klasycznym rozumieniu tego terminu, gdyż przedmiotem

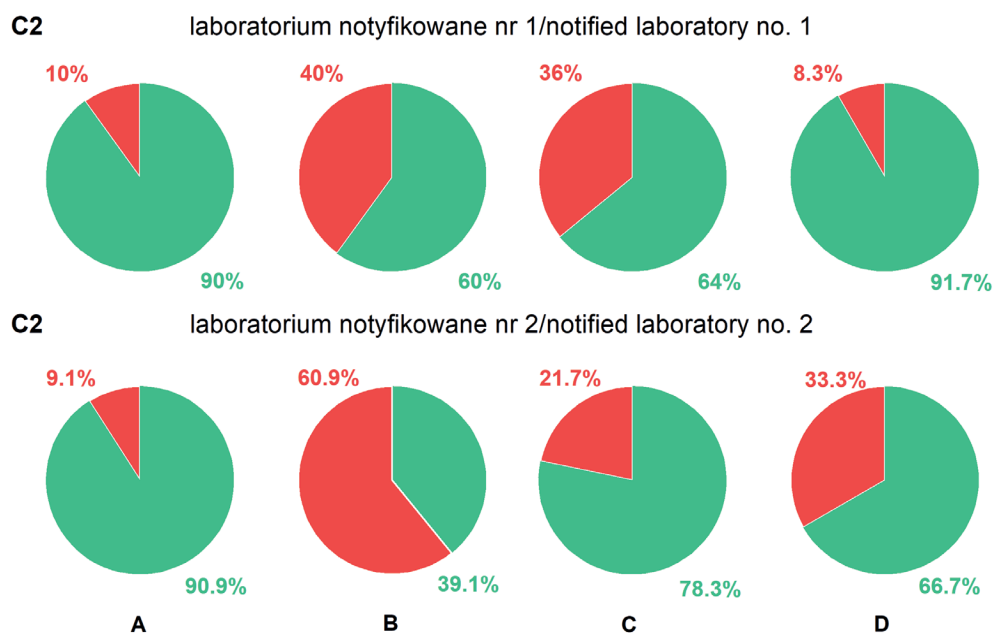
Figs. 4 and 5 are showing, respectively, the percentage of samples of cementitious adhesives of classes C1 and C2, which met or did not meet the threshold criterion – not less than 0.5 N/mm<sup>2</sup> or 1.0 N/mm<sup>2</sup>, for various storage conditions of the samples, separated on laboratories performing the measurements.

In the case of class C2 cementitious adhesives, the results obtained in the third notified laboratory were not taken into account, due to the small number of samples tested – only four products. Comparing the proportions between the satisfying and non-compliant products in the two laboratories performing the tests determines their different characteristics/profiles. From the point of view of the manufacturer whose products are reassessed and verified by construction supervision authorities, the results reproducibility is essential. The reproducibility of results is the degree of compliance of measurement results of the same cementitious adhesives, performed under changed measurement conditions. In the case of comparing the results presented in Figs. 4 and 5, we do not deal with the reproducibility of the results in the classic sense of this term because the subject of the tests were not the same samples, but only samples previously classified as the same, by assigning them to the class C1 or C2 designation. However, they were tested with the same method in different laboratories, by different operators, using various equipment. The revealed differences in the characteristics/profiles of the laboratories are significant. For example, for class C1 adhesives, the share of products that do not meet the acceptance criterion after thermal ageing in tests carried out in laboratory number 1 is 54.5%, and in laboratory number 2, it is much less, because only 25.9%. Laboratory no. 1, while testing C1 class adhesives after freeze-thaw cycles,



Rys. 4. Procentowy udział próbek cementowych zapraw klejących klasy C1, które [■] spełniły lub [■] nie spełniły kryterium przyczepności wynoszące nie mniej niż 0,5 N/mm<sup>2</sup> w podziale na laboratoria wykonujące badania; przyczepność początkowa [A], po zanurzeniu w wodzie [B], po starzeniu termicznym [C] oraz cyklach rozmrażania i zamrażania [D].

Fig. 4. Percentage of samples of class C1 cementitious adhesives which [■] met or [■] failed to meet the adhesion criterion of not less than 0.5 N/mm<sup>2</sup>, broken down by the laboratories performing the tests; initial tensile adhesion strength [A], after water immersion [B], after thermal ageing [C] and after freeze-thaw cycles [D].



Rys. 5. Procentowy udział próbek cementowych zapraw klejących klasy C2, które [■] spełniły lub [■] nie spełniły kryterium przyczepności wynoszące nie mniej niż 1,0 N/mm<sup>2</sup>, w podziale na laboratoria wykonujące badania; przyczepność początkowa [A], po zanurzeniu w wodzie [B], po starzeniu termicznym [C] oraz cyklach rozmrażania i zamrażania [D].

Fig. 5. Percentage of samples of class C2 cementitious adhesives which [■] met or [■] failed to meet the adhesion criterion of not less than 1.0 N/mm<sup>2</sup>, separated on the laboratories performing the tests; initial tensile adhesion strength [A], after water immersion [B], after thermal ageing [C] and after freeze-thaw cycles [D].

badań nie były te same próbki, a jedynie próbki sklasyfikowane wcześniej jako te same, poprzez nadanie im oznaczenia klasy C1 lub C2. Były one jednak badane za pomocą tej samej metody w różnych laboratoriach, przez różnych operatorów z użyciem różnego wyposażenia. Ujawnione różnice charakterystyk/profilu laboratoriów mają duże znaczenie. Przykładowo dla klejów klasy C1 udział wyrobów niespełniających kryterium odbiorczego po starzeniu termicznym w badaniach wykonanych w laboratorium numer 1 wynosi 54,5%, zaś w laboratorium numer 2 znacznie mniej, gdyż 25,9%. Laboratorium numer 1 badając kleje klasy C1 poddanych cyklom zamrażania i rozmrażania, nie odnotowało żadnej próbki nie spełniającej wymagań, podczas gdy w laboratorium numer 2 aż 26,9 % badanych wyrobów nie spełniło wymagania przyczepności, określonego jako nie mniej niż 0,5 N/mm<sup>2</sup>.

W przypadku klejów klasy C2, których przyczepność została oznaczona po cyklach zamrażania i rozmrażania, udział wyrobów niespełniających wymagań zbadanych w pierwszym laboratorium wyniósł 8,3%, zaś w laboratorium numer 2 znacznie więcej, gdyż aż 33,3%. Wyniki uzyskane w dwóch laboratoriach wykonujących badania na zlecenie organów nadzoru budowlanego warto przyjąć jako badania międzylaboratoryjne. Porównanie wyników międzylaboratoryjnych są ważną metodą kontroli miarodajności wyników badań. Wyniki uzyskane w badaniach międzylaboratoryjnych mogą być wykorzystane do oceny ryzyka związanego z prowadzoną przez laboratoria działalnością. Od 2007 roku realizowane są badania międzylaboratoryjne w zakresie pomiarów przyczepności cementowych zapraw klejących (32,33). W ostatniej edycji badań międzylaboratoryjnych, które zostały upublicznione, uczestniczyło 67 laboratoriów z 25 krajów europejskich oraz z Azji (33), w tym

did not find any sample that did not meet the requirements, while in laboratory no. 2 as many as 26.9% of the tested products, did not meet the adhesion requirement defined as not less than 0.5 N/mm<sup>2</sup>. In the case of class C2 adhesives, the adhesion of which was determined after the freeze-thaw cycles, the share of products that did not meet the requirements tested in the first laboratory was 8.3%, and in laboratory number 2, it was much higher, as much as 33.3%. The results obtained in two laboratories commissioned by construction supervision authorities should be compared with the results of interlaboratory tests. Proficiency tests/interlaboratory comparisons are an essential instrument for checking the validity of test results. The results obtained in the interlaboratory study can be used to assess the risk associated with the activities carried out by laboratories. Since 2007, interlaboratory tests have been carried out in adhesion measurements of cementitious adhesives (32,33). Sixty-seven laboratories from 25 European countries and Asia (33) participated in the last edition of the interlaboratory study, which was made public, including one laboratory of the Polish manufacturer of cementitious adhesives for ceramic tiles. 94% of the obtained test results were qualified as satisfactory -  $1 \leq z \leq 2$  under EN ISO/IEC 17043 (34). Interlaboratory research conducted for many years in the field of measurements of adhesion of cementitious adhesives has shown that constant participation in the programs of proficiency testing laboratories, improves the quality of their work (33). Besides, the results of interlaboratory studies are needed to develop new or modify existing guidelines for testing construction products (31).

Following the EN 12004:2007+A1:2012 standard requirements, ten samples are prepared for adhesion determination and tested.

jedno laboratorium producenta cementowych zapraw klejących do płytek ceramicznych z Polski. 94% uzyskanych wyników badań zakwalifikowano jako satysfakcjonujące:  $I_{zl} \leq 2$  zgodnie z EN ISO/IEC 17043 (34). Prowadzone przez wiele lat badania międzylaboratoryjne w zakresie pomiarów przyczepności cementowych klejów wykazały, że stałe uczestnictwo w programach badania biegłości laboratoriów wpływa na poprawę jakości ich pracy (33). Dodatkowo wyniki badań międzylaboratoryjnych są potrzebne do opracowania nowych, lub modyfikacji istniejących, wytycznych w zakresie badania wyrobów budowlanych (31).

Zgodnie z wymaganiami normy EN 12004:2007+A1:2012 w celu oznaczenia przyczepności przygotowuje się 10 próbek, które poddaje się badaniu. W trakcie oceny wyznaczana jest średnia z 10 uzyskanych wartości przyczepności, po czym odrzuca się wartości różniące się więcej niż  $\pm 20\%$  od wartości średniej. W kolejnym etapie, jeżeli pozostanie 5 lub więcej wyników, należy wyznaczyć nową wartość średnią. Jak wskazuje analiza raportów z badań cementowych zapraw klejących do płytek ceramicznych (29), w bardzo wielu przypadkach wartość średnia jest wyznaczana na podstawie 5 wartości. Tym samym mała liczba wyników decyduje o ocenie cementowych zapraw klejących. Nie jest to nowy problem w zakresie oceny zgodności wyrobów (35), lecz jak dotychczas ciągle wymagający dalszych badań zmierzających do ustanowienia nowych zasad, w tym zasad oceny i weryfikacji stałości właściwości użytkowych wyrobów budowlanych.

#### 4. Wnioski

Spośród 71 cementowych zapraw klejących klasy C1 oraz 78 tych zapraw klasy C2, zbadanych na zlecenie organów nadzoru budowlanego w latach 2016-2020, znaczna część nie spełniła kryterium odbiorczego. W przypadku klejów klasy C1, aż 41,7% badanych wyrobów nie osiągnęło wymaganej przyczepności wynoszącej nie mniej niż  $0,5 \text{ N/mm}^2$  po starzeniu termicznym. Najmniejszy udział wyrobów niespełniających wymagania dla klasy C1 stwierdzono w przypadku przechowywania próbek w warunkach znormalizowanych – 4,4%. Aż 46,1% cementowych zapraw klejących do płytek ceramicznych klasy C2 nie spełniło wymagania przyczepności wynoszącej co najmniej  $1,0 \text{ N/mm}^2$ , po zanurzeniu próbek w wodzie. Udział wyrobów niespełniających wymagań dla klejów klasy C2 po starzeniu termicznym był także wysoki i wynosił 30,3%. Analogicznie jak w przypadku klejów klasy C1 najmniej wyrobów niezgodnych z wymaganiami odnotowano w przypadku przechowywania próbek w warunkach znormalizowanych. Zgodnie z regulacjami prawnymi (24), jeżeli zostanie stwierdzone, że wyrób nie spełnia wymagań, tj. produkt nie osiąga deklarowanych właściwości użytkowych, muszą być niezwłocznie podjęte działania zmierzające do dostosowania produktu do zadeklarowanych właściwości użytkowych, lub wycofania produktu z rynku. Rodzaj i sposób działań winien być powiązany z rodzajem ryzyka, jakie stwarza zastosowanie wyrobu budowlanego. W przypadku negatywnej weryfikacji wyrobu budowlanego w badaniach laboratoryjnych zleconych przez organy nadzoru budowlanego, producent jest zobowiązany do jego wycofania z rynku.

In the evaluation course, the mean of the ten obtained adhesion values is determined, and values that differ by more than  $\pm 20\%$  of the mean value are rejected. In the next step, if five or more values remain, a new average value should be determined. The analysis of reports on tests of cementitious adhesives for ceramic tiles (29) shows that the average value is determined based on five values, in many cases. Thus, a low number of results determine the evaluation of cementitious adhesives. It is not a new problem in the product conformity assessment (35). However, so far, it still requires further research to establish new rules, including the rules of assessment and verification of the constancy of performance of construction products.

#### 4. Conclusions

Out of 71 class C1 cementitious adhesives and 78 adhesives of C2 class, a significant amount did not meet the acceptance criterion commissioned by building supervision authorities in 2016-2020. In C1 class adhesives, as many as 41.7% of the tested products did not achieve the required adhesion of not less than  $0.5 \text{ N/mm}^2$ , after thermal ageing. The lowest share of products, not meeting the requirements for class C1, were belonging to the samples stored under standard conditions [4.4%]. As much as 46.1% of C2 class cementitious adhesives for ceramic tiles did not meet the adhesion requirement of not less than  $1.0 \text{ N/mm}^2$  after the immersion of the samples in water. The share of products that did not meet the requirements for adhesives of class C2 after the thermal ageing was also high, equal to 30.3%. As in the case of class C1 adhesives, the least number of non-compliant products was recorded to the samples stored in standard conditions. According to the legal regulations (24), if it is found that the product does not meet the requirements, i.e., the product does not meet the declared performance, actions must be taken immediately to adapt the product to the declared performance, or withdraw the product from the market. The type and method of action should be related to the nature of the risk posed by the construction product. In the event of a negative verification of a construction product in laboratory tests ordered by construction supervision authorities, the manufacturer must withdraw it from the market. When assessing the conformity of cementitious adhesives for ceramic tiles, the simple acceptance rule is applied, which does not consider the variability resulting from the measurement uncertainty. Depending on the adhesive class C1 or C2 and the sample storage conditions, one to six samples would be judged compliant, if the uncertainty of the results was included in the evaluation process. Even when the conformity assessment method does not recommend taking the uncertainty value into account directly, it impacts the manufacturer risk of negatively assessing his product, in subsequent tests. Due to the complexity of the method of measuring the adhesion of cementitious adhesives determined by measuring the tensile strength and the multi-stage nature of the test method, in the opinion of the authors, it is reasonable to consider the possibility of taking into account the measurement uncertainty, in the conformity assessment of products. This postulate is especially justified in

Przy ocenie zgodności cementowych zapraw klejących do płytek ceramicznych stosowana jest zasada prostej akceptacji, która nie uwzględnia zmienności wynikającej z niepewności pomiarowej. W zależności od klasy kleju – C1 lub C2 i warunków przechowywania próbek od jednej do sześciu próbek zostałoby ocenionych jako spełniające wymagania, gdyby w procesie oceny uwzględnic niepewność wyników. Nawet wtedy, gdy metoda oceny zgodności nie zaleca bezpośredniego uwzględnienia wartości niepewności, ma ona wpływ na ryzyko producenta, związane z tym, że w kolejnych badaniach jego wyrób może zostać oceniony negatywnie. Ze względu na złożoność metody pomiaru przyczepności cementowych zapraw klejących oznaczanej poprzez wyznaczenie wytrzymałości na rozciąganie oraz wieloetapowość metody badania w ocenie autorów, zasadne jest rozważenie możliwości uwzględnienia niepewności pomiarowej w ocenie zgodności wyrobów. Ten postulat jest szczególnie uzasadniony w przypadku wielu wyrobów budowlanych, dla których w trakcie badań oznacza się niewielką liczbę pojedynczych wyników. W przypadku cementowych zapraw klejących często jest to tylko pięć wyników.

Analiza wyników badań cementowych zapraw klejących do płytek ceramicznych wykonanych na zlecenie organów nadzoru budowlanego w podziale na laboratoria, które wykonały badania, ujawniła duże różnice pomiędzy nimi.

## Literatura / References

1. L. Baraldi, World production and consumption of ceramic tiles. *Ceram. World Rev.* **30**(133), 48-63 (2019).
2. W. Hinrichs, The impact of measurement uncertainty on the producer's and user's risks, on classification and conformity assessment: an example based on tests on some construction products. *Accred. Qual. Assur.* **15**, 289-296 (2010). <https://doi.org/10.1007/s00769-009-0619-3>
3. G. B. Rossi, F. Crenna, A probabilistic approach to measurement-based decisions. *Measurement* **39**, 101-119 (2006). <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2005.10.011>
4. E. Szewczak, Ryzyko związane z niepewnością wyników badań i oceną zgodności wyrobów budowlanych. *Materiały Budowlane* **10**, 73-75 (2011).
5. OIML G 1-106 Evaluation of measurement data – The role of measurement uncertainty in conformity assessment. OIML, Paris (2012).
6. E. Szewczak, A. Winkler-Skalna, L. Czarnecki, Sustainable Test Methods for Construction Materials and Elements. *Materials* **13**(3), 606 (2020). <https://doi.org/10.3390/ma13030606>
7. EN 12004:2007+A1:2012 Adhesives for Tiles—Requirements, Evaluation of Conformity, Classification, and Designation. CEN, Bruksela (2012).
8. Dyrektywa Rady z 21 grudnia 1988 r. w sprawie zbliżenia przepisów ustawowych, wykonawczych i administracyjnych Państw Członkowskich odnoszących się do wyrobów budowlanych 89/106/EWG, OJEC, L40, 12-26 (1989).
9. Summary of references of harmonised standards published in the Official Journal – Regulation (EU) No305/2011 of the European Parliament and of the Council of 9 March 2011 laying down harmonized conditions for the marketing of construction products and repealing Council Directive 89/106/EEC, EU Commission, Brussels (2019).

the case of many construction products for which a low number of individual results are determined during the tests – in the case of cementitious adhesives, it is often only five results.

The analysis of the results of the tests of cementitious adhesives for ceramic tiles, commissioned by construction supervision authorities, divided into laboratories that performed the tests, revealed significant differences.



10. Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 305/2011 z 9 marca 2011 r. ustanawiające zharmonizowane warunki wprowadzania do obrotu wyrobów budowlanych i uchylające dyrektywę Rady 89/106/EWG. 2011, Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej, L88, 5-43 (2011).
11. EN 12004-1:2017 „Adhesives for Ceramic Tiles—Part 1: Requirements, Assessment, and Verification of Constancy of Performance, Classification, and Marking” (2017).
12. M. Kulesza, J. Michalak, Changes in assessment and verification of constancy of performance of cementitious ceramic tiles adhesives over the last thirty years. *Mater. Bud.* 5, 2-6 (2020). <https://doi.org/10.15199/33.2020.05.01>
13. ISO 13007-1:2014 „Ceramic tiles – Grouts and adhesive – Part 1: Terms, definitions and specifications for adhesive”, ISO, (2014).
14. Rozporządzenie Delegowane Komisji (UE) nr 574/2014 z dnia 21 lutego 2014 r. zmieniające załącznik III do rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 305/2011 w odniesieniu do wzoru, który należy stosować przy sporządzaniu deklaracji właściwości użytkowych wyrobów budowlanych, Komisja Europejska, Bruksela (2014).
15. Y. Bai, P. A. M. Basheer, D.J. Cleland, A.E. Long, State-of-the-art applications of the pull-off test in civil engineering. *Int. J. Struct. Eng.* 1(1), 93-103 (2009). <https://doi.org/10.1504/IJStructE.2009.030028>
16. E. Bonaldo, J. Barros, P. Lourenco, Bond characterization between concrete substrate and repairing SFRC using pull-off testing. *Int. J. Adhes. Adhes.* 25, 463-474 (2005). <https://doi.org/10.1016/j.ijadh.2005.01.002>
17. A.C. Lopes, I. Flores-Colen, L. Silva, Variability of the pull-off technique for adhesion strength evaluation on ceramic tile claddings. *J. Adhes.* 91, 768-791 (2015). <https://doi.org/10.1080/00218464.2014.999366>
18. J. K. Felixberger, Polymer-Modified Thin-Bed Tile Adhesive. Institut De Promocio Ceramica, Castelló, (2008).
19. M. Niziurska, Znaczenie właściwości płytek ceramicznych w zapewnieniu trwałości okładzin mocowanych zaprawami cementowymi. *Prace ICiMB* 14, 17-26 (2013).
20. K. Nosal, M. Niziurska, M. Wieczorek, Wpływ zanieczyszczeń zawartych w wodzie przeznaczonej do sezonowania zapraw klejowych do płytek na ich przyczepność. *Prace ICiMB* 23, 61-70 (2015).
21. Ustawa o wyrobach budowlanych z dnia 16 kwietnia 2004 r. (Dz. U. z 2016 r. poz. 1570).
22. Ustawa o systemach oceny zgodności i nadzoru rynku z dnia 13 kwietnia 2016 r. (Dz. U. z 2016 r. poz. 542, z późn. zm.).
23. K. I. Kouros, C. Z. Chrysostomou, .Management of Market Surveillance Authorities for Construction Products. *TOBCTJ*, 14, 124-132 (2020). <https://doi.org/10.2174/1874836802014010124>
24. Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 765/2008 z dnia 26 lipca 2008 r. ustanawiające wymagania w zakresie akredytacji i nadzoru rynku odnoszące się do warunków wprowadzania produktów do obrotu i uchylające rozporządzenie (EWG) nr 339/93, OJ L 218, 30-47 (2008).
25. N. Labonnote, I. Depina, M. Veulemans, Development of a risk assessment methodology for market surveillance of building products. 5th Annual International Conference on Architecture and Civil Engineering (ACE 2017), Singapore, (2017). [https://doi.org/10.5176/2301-394X\\_ACE17.85](https://doi.org/10.5176/2301-394X_ACE17.85)
26. Ustawa z dnia 25 czerwca 2015 r. o zmianie ustawy o wyrobach budowlanych, ustawy - Prawo budowlane oraz ustawy o zmianie ustawy o wyrobach budowlanych oraz ustawy o systemie oceny zgodności (Dz.U.2015.1165).
27. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Budownictwa z dnia 23 grudnia 2015 r. w sprawie próbek wyrobów budowlanych wprowadzonych do obrotu lub udostępnianych na rynku krajowym (Dz.U.2015.2332).
28. M. Łukasik, B. Michałowski, J. Michalak, Assessment of the Constancy of Performance of Cementitious Adhesives for Ceramic Tiles: Analysis of the Test Results Commissioned by Polish Market Surveillance Authorities. *Appl. Sci.* 10(18), 6561 (2020). <https://doi.org/10.3390/app10186561>
29. Główny Urząd Nadzoru Budowlanego, Wykaz Badań Próbek Wyrobów Budowlanych. <https://www.gunb.gov.pl/probki> (accessed 27.10.2020).
30. EN 1348:2007 „Adhesives for tiles. Determination of tensile adhesion strength for cementitious adhesives”, (2007).
31. E. Szewczak, A. Piekarczyk, Performance evaluation of the construction products as a research challenge. Small error-big difference in assessment? *Bull. Pol. Acad. Sci.: Tech. Sci.* 64(4), 675-686 (2016). <https://doi.org/10.1515/bpasts-2016-0077>
32. M. Coarna, G. Guslicov, C. Stancu, C. Vlad, Interlaboratory test on adhesives for ceramic tiles in the last 5 years. 4<sup>th</sup> International Proficiency Testing Conference, Brasov, 17-20.09.2013
33. C. Stancu, The 10<sup>th</sup> edition of interlaboratory tests for adhesives for ceramic tiles – an anniversary edition. 7<sup>th</sup> International Proficiency Testing Conference, Oradea, 10-13.09.2019
34. ISO/IEC 17043:2010 Conformity assessment – General requirements for proficiency testing. (2010).
35. E. Szewczak, A. Bondarzewski, Is the assessment of interlaboratory comparison results for a small number of tests and limited number of participants reliable and rational? *Accred. Qual. Assur.* 21(2), 91-100 (2016). <https://doi.org/10.1007/s00769-016-1195-y>