

# IZOLACJE 7/8

budownictwo | przemysł | ekologia

2020 (248)  
Rok XXV

ISSN 1427-6682  
Indeks 32163X

[www.izolacje.com.pl](http://www.izolacje.com.pl)

# KOESTER

## HYDROIZOLACJE

[www.koester.pl](http://www.koester.pl)

SYSTEMY HYDROIZOLACJI OD FUNDAMENTÓW PO DACH



**KOESTER Polska Sp. z o.o.**  
ul. Powstańców 127/14, 31-670 Kraków  
tel.: 12 411 49 94/663 023 010  
[info@koester.pl](mailto:info@koester.pl)



Potęga  
technologii  
żelowej

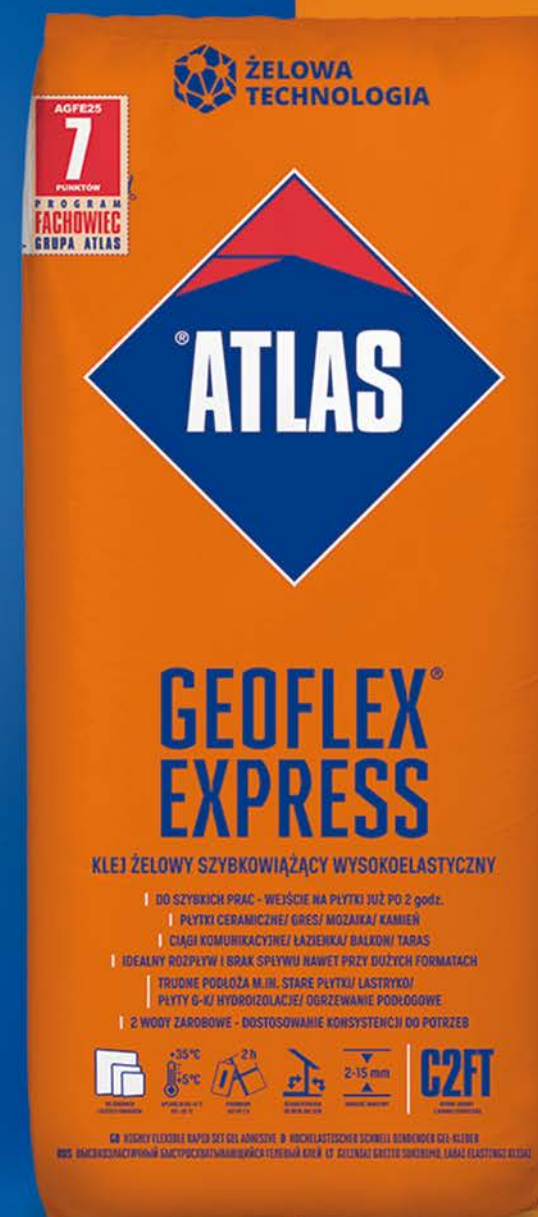
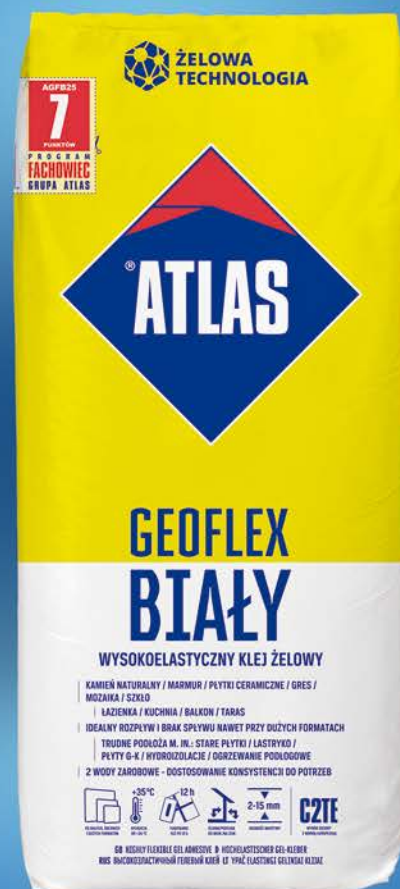
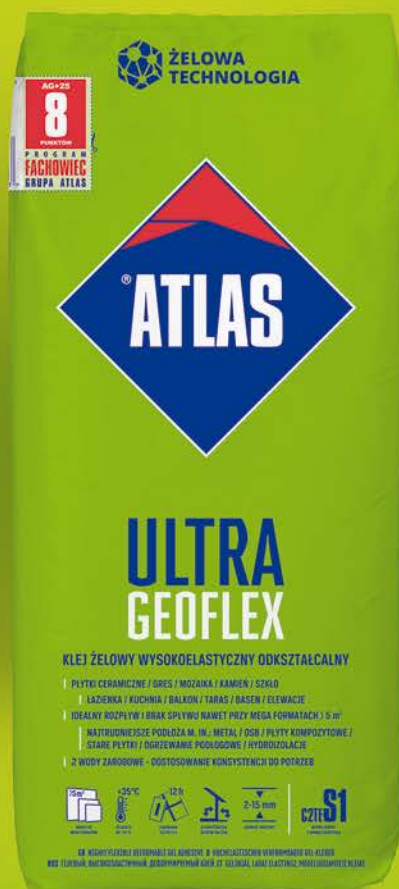
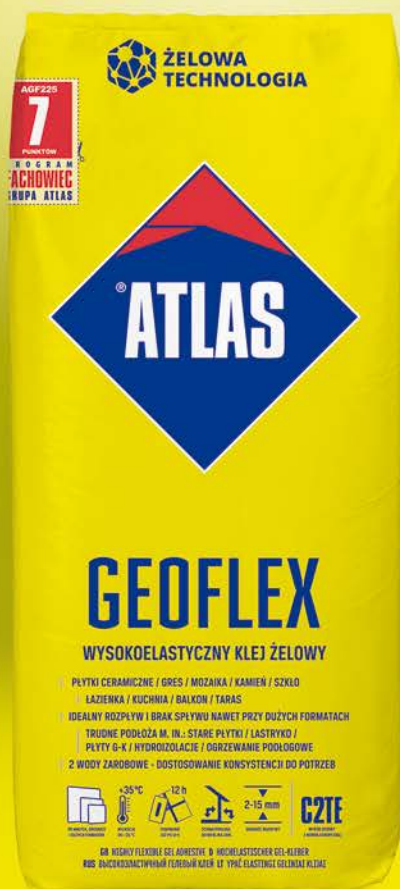


MOŻESZ WIĘCEJ

MOŻESZ WIĘCEJ  
BEZPIECZNIEJ  
SZYBCIEJ

NAJSZYBSZY

DO SZYBKICH PRAC REMONTOWYCH  
EKSPRESOWE  
WIĄZANIE



# Białe i grafitowe PŁYTY STYROPIANOWE

Dysponujemy nowoczesnymi liniami technologicznymi, co w połączeniu z zastosowaniem surowców renomowanych producentów światowych, zapewnia bardzo wysoką jakość naszych produktów. Posiadamy wszystkie niezbędne certyfikaty i rekomendacje Instytutu Technik Budowlanych.

Styropian nasz wyróżnia się doskonałą izolacyjnością i wytrzymałością mechaniczną. Przykładamy dużą wagę do jakości naszych produktów dzięki profesjonalnemu personelowi korzystającemu z nowoczesnych linii produkcyjnych oraz laboratorium badawczego.



Centrala  
MP-ALAMENTTI Sp. z o.o.  
ul. Sobieskiego 18  
42-282 Kruszyna  
tel.: 34 362 18 32

[www.alamenti.com.pl](http://www.alamenti.com.pl)

Zakład Produkcji Styropianu  
JUSTYR  
Jedlno I k. Radomska  
97-561 Ładzice  
tel.: 44 684 04 61

[www.justyr.pl](http://www.justyr.pl)



**MP**Alamenti

0.031  
W/(m·K)

swisspor LAMBDA WHITE®

styropian trzeciej generacji



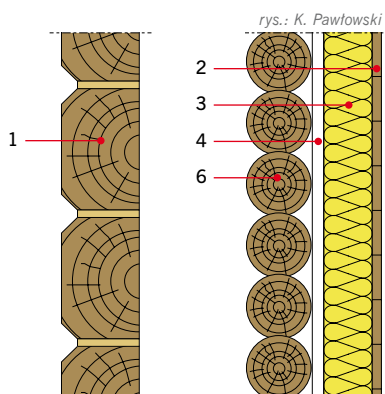
**ZABEZPIECZONY**  
PRZED RYZYKIEM  
**ODPADANIA**



» s. 20

## PROJEKTOWANIE ŚCIAN ZEWNĘTRZNYCH Z UWZGLĘDNIENIEM WYMAGAŃ CIEPLNO-WILGOTNOŚCIOWYCH OD 1 STYCZNIA 2021 R.

W artykule **Krzysztof Pawłowski** przedstawi rozwiązania konstrukcyjno-materiałowe ścian zewnętrznych wraz z przykładami obliczeniowymi dotyczącymi ich parametrów fizykalnych w aspekcie wymagań cieplno-wilgotnościowych według rozporządzenia Ministra Infrastruktury i Budownictwa z dnia 14 listopada 2017 r. zmieniającego rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, które będą obowiązywać od 1 stycznia 2021 r.



» s. 38

## ANALIZA WSPÓŁCZYNNIKA PRZENIKANIA CIEPŁA OKNA Z OSŁONĄ PRZECIWSŁONECZNĄ

**Walery Jezerski i Joanna Borowska** analizują współczynnik przenikania ciepła okna z PVC z osłoną przeciwsłoneczną w zależności od typu osłony, scharakteryzowanego wartością dodatkowego oporu cieplnego wynikającego z zastosowania osłony, od pola powierzchni okna, od sposobu połączenia szyby z ramą, scharakteryzowanego wartością liniowego współczynnika przenikania ciepła mostku termicznego powstającego na granicy szyba-ramą oraz współczynników przenikania ciepła oszklenia i ramy.

» s. 44

## PROJEKTOWANIE DRZWI PRZECIWOŻAROWYCH – PROPOZYCJA METODY

W artykule **Dominik Kreft** opisuje propozycję projektowania jednoskrzydłowych drzwi przeciwpożarowych w oparciu o normy PN-EN 1363 oraz PN-EN 1634. Wykorzystuje podstawowe równania przenikania ciepła, wynikające z prawa Pecleta, dotyczącego tego rodzaju przenoszenia ciepła. Prezentuje wyniki badań statystycznych zebranych na podstawie przeprowadzonych badań ogniowych w certyfikowanych laboratoriach.

» s. 64

## PRZYKŁADY PRAKTYCZNEGO ZASTOSOWANIA KRUSZYW LEKKICH

Przedmiotem artykułu jest zastosowanie kruszyw lekkich. **Jarosław Stankiewicz** przedstawia charakterystykę podstawowych parametrów kruszyw lekkich, omawia zastosowanie betonów lekkich oraz podaje zastosowania kruszyw lekkich w budownictwie drogowym oraz w produkcji prefabrykatów betonowych wykorzystywanych w technologii domów pasywnych.

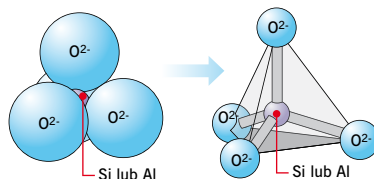


foto.: Leca

» s. 50

## WYKORZYSTANIE ZEOLITÓW NATURALNYCH JAKO DODATKU DO ZAPRAW I BETONU

Celem artykułu jest przedstawienie wybranych wyników badań kompozytów cementowych modyfikowanych zeolitem, występującym jako alternatywa dla części cementu, w tym w połączeniu z nanoproškami. **Maria Pietras, Wioleta Iskra-Kozak i Janusz Konkol** prezentują wyniki badań własnych w zakresie wytrzymałości na ściskanie, zginanie oraz badań morfologii powierzchni powstałych na skutek zniszczenia. Wymieniają korzyści wynikające z zastosowania zeolitów oraz przydatność opisaną metodyki badań morfologii powierzchni.



rys.: M. Pietras, W. Iskra-Kozak, J. Konkol

» s. 72

## TARASY WENTYLOWANE – TERMOIZOLACJA, HYDROIZOLACJA, OKAP

Przedmiotem artykułu są zagadnienia konstrukcyjne (termoizolacja i hydroizolacja) związane z tarasami wentylowanymi. **Maciej Rokiel** rozpatruje je w odniesieniu do tarasów umiejscowionych nad pomieszczeniami ogrzewanymi oraz do tarasów nadziemnych i balkonów. Przedstawia związane z tym tematem zagadnienia cieplno-wilgotnościowe, materiały do wykonywania hydroizolacji i termoizolacji oraz problemy związane z wykańczaniem okapów.

» s. 54

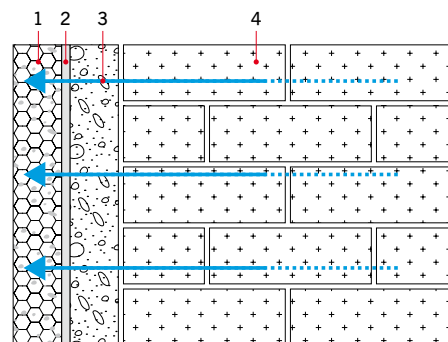
## KLEJE ŻELOWE – WYBRANE CECHY I WŁAŚCIWOŚCI

**Maciej Rokiel** przedstawia kryteria doboru klejów do płytek ceramicznych. Podkreśla wagę nie tylko doboru odpowiednich płytek i klejów, ale także właściwego ich ułożenia. Wymienia dodatki stosowane w klejach, które poprawiają ich parametry wytrzymałościowe i sposób aplikacji. Omawia także specyfikę klejów żelowych.

» s. 95

## TYNKI STOSOWANE NA ZAWILGOCONYCH PRZEGRODACH – TYNKI OFIARNE

Przedmiotem artykułu jest stosowanie tynków ofiarnych na zawilgoconych przegrodach. **Bartłomiej Monczyński** omawia zadania technologiczne stawiane wobec tynków ochronnych, a następnie charakteryzuje poszczególne typy. Omawia tynk ofiarny przeciwdziałający wpływom z wnętrza budynku lub elementu (OP-I), tynk kompresowy (OP-I-S), tynk ofiarny do tymczasowego tynkowania podłoża (OP-I-F), tynki ofiarne przeciwdziałające wpływom zewnętrznym (OP-A). Charakteryzuje także miejsca stosowania poszczególnych rodzajów tynków ofiarnych oraz sposoby zabezpieczania powierzchni przed zabrudzeniami tynkiem.



rys.: WTA Merkblatt 2-10-06/D



# **Innowacje ROHHE zostały docenione**

Z dumą przyjmujemy wyróżnienie złoty Laur Klienta 2020 w kategorii "Jakość i innowacyjność branży budowlanej - innowacyjne technologie".

Dziękujemy naszym Klientom i Partnerom za okazane zaufanie. Wasze uznanie i wsparcie jest siłą napędową dla naszych wspólnych sukcesów.



**ROHHE**

**INDEKS FIRM**

15, 111	Alpha dam
19	Alior Bank
92-94	Aquapol Polska CPV
brasilian	Atlas
110	Bauder Polska
1, wklejka	Baumit
91, 112, 113	BMI Icopal
79	BSP Bracket System Polska
102, 103	BTM – dr Jurkiewicz
13	CPJS/Epstal
109	EJOT Polska
37	Fakro
16, 35, wklejka	Fabryka Styropianu Arbet
124	Griltex Polska
55	Hufgard Optolith
95	Hydrostop
101	Izohan
89	Jusky
16, 17	Klimas Wkręt-met
1	Koester
65, 70, 71	Leca
17	MABI
11	Marma
45	Mercor
7	Milenium/Białe ciepło
2	MP Alamenti
17	Polskie Stowarzyszenie Dekarzy
33, 108	Rawiplug
23, 114	Recticel Izolacje
21	Reed Exhibitions/IEX
73	Renoplast
5	Rohhe
9	Schomburg
18	Selena
123	Selena/Tytan
10, 12, 14	Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych
49	Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Mechanizacji Budownictwa i Górnictwa Skalnego
3	Swisspor
106	Torggler Polska
75	Visbud-Projekt
62, 63	WestWood® Kunststofftechnik

**ZDJĘCIA NA OKŁADCE**


Renoplast

Leca

Torggler

**SPIS TREŚCI**

<b>10</b>	<b>Izo-aktualności</b>	<b>62</b>	<b>Krzysztof Pogan</b> Systemy uszczelniające Wecryl do zastosowania w obiektach inżynierii komunikacyjnej i budownictwa ogólnego »PREZENTACJA«
10	Wpływ COVID-19 na rynek materiałów budowlanych	64	<b>Jarostaw Stankiewicz</b> Przykłady praktycznego zastosowania kruszyw lekkich »PREZENTACJA«
14	Ruszyły mobilne biura programu „Czyste Powietrze”	70	<b>Ścieżka rowerowa na lekkim nasypie</b> »PREZENTACJA«
16	Wojewoda dziękuje FS Arbet za pomoc w trakcie pandemii	72	<b>Maciej Rokiel</b> Tarasy wentylowane – termoizolacja, hydroizolacja, okap
16	Klimas Wkręt-met numerem jeden w branży zamocowań budowlanych	79	Obliczenia termiczne dla elewacji wentylowanych – metody obliczeniowe »PREZENTACJA«
17	„Wytyczne dekarskie” zeszyty 3 i 4	80	<b>Krzysztof Schabowicz, Łukasz Zawiślak, Paweł Staniów</b> Elewacje wentylowane – porównanie numeryczne w zakresie termicznym
18	Grupa Selena – polska innowacja na dachu lotniska w Brazylii	86	<b>Maciej Rokiel</b> Rolowe materiały bitumiczne
<b>20</b>	<b>Termomodernizacja</b>	92	Bezinwazyjny system osuszania Aquapol – studium przypadku »PREZENTACJA«
20	<b>Krzysztof Pawłowski</b> Projektowanie ścian zewnętrznych z uwzględnieniem wymagań cieplno-wilgotnościowych od 1 stycznia 2021 r.	95	<b>Bartłomiej Monczyński</b> Tynki stosowane na zawilgoconych przegrodach – tynki ofiarne
35	Materiały termoizolacyjne do systemów ETICS »PREZENTACJA«	101	Nexler BITFLEX – nowa generacja hydroizolacji »PREZENTACJA«
36	<b>Walery Jezerski, Joanna Borowska</b> Analiza współczynnika przenikania ciepła okna z osłoną przeciwstłoneczną	102	<b>Ryszard Jurkiewicz</b> Elektroniczna osuszania murów »PREZENTACJA«
<b>44</b>	<b>Materiały i technologie</b>	104	<b>Nicola Hariasz</b> Zalety zastosowania systemu mocującego w postaci kotew chemicznych
44	<b>Dominik Kreft</b> Projektowanie drzwi przeciwpożarowych – propozycja metody	106	Nowe kotwy chemiczne Torggler »PREZENTACJA«
50	<b>Maria Pietras, Wioleta Iskra-Kozak, Janusz Konkol</b> Wykorzystanie zeolitów naturalnych jako dodatku do zapraw i betonu	<b>108</b>	<b>Przegląd</b>
54	<b>Maciej Rokiel</b> Kleje żelowe – wybrane cechy i właściwości	108	Zabezpieczenia budynków z wielkiej płyty
58	<b>Maciej Niedostatkiwicz, Tomasz Majewski</b> Ocena techniczna podtóg przemysłowych (cz. 2) Błędy wykonawcze i eksploatacyjne	110	Materiały i technologie do wykonywania dachów płaskich
		<b>118</b>	<b>Katalog firm</b>
		<b>122</b>	<b>W poprzednich numerach</b>

Mineralny, natryskowy, niepalny system izolacji termiczno-akustycznej

# Białe ciepło®

NUMER 1 W POLSCE



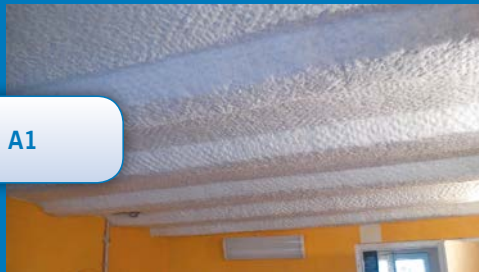
WSZĘDZIE TAM, GDZIE WYMAGANE JEST  
OGRANICZENIE HAŁASU I STRAT CIEPŁA



$\lambda = 0,034 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$



Produkt niepalny, klasa A1



Doskonała redukcja hałasu



Bezkonkurencyjna kontrola kondensacji



#### CECHY WYRÓŻNIAJĄCE BIAŁE CIEPŁO®:

- Rzeczywisty współczynnik przewodzenia ciepła  $\lambda = 0,034 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$
- Ultralekki materiał (gęstość 40–50 kg/m<sup>3</sup>)
- Barwa – śnieżnobiała w masie
- System mineralny
- Ekologiczny
- Niepalny (klasa A1)
- Doskonale wyciszający
- W pełni paroprzepuszczalny
- Brak mostków termicznych
- Możliwość wykonania warstwy do 250 mm grubości przy jednorazowym natrysku
- Szybki w aplikacji (50–100 m<sup>2</sup> w ciągu 8 godzin, w zależności od grubości)
- Niska cena w stosunku do wysokich parametrów.

#### WSZECHESTRONNE ZASTOSOWANIE ZE WZGLĘDU NA SVOJE WYJĄTKOWE CECHY:

- Garaże wielopowierzchniowe
- Stropy piwnic budynków wielorodzinnych
- Kościoły
- Hale widowiskowo-sportowe
- Hale produkcyjno-magazynowe, biura, restauracje, banki, korytarze szkół
- Statki, platformy wiertnicze
- Wszędzie tam, gdzie potrzebna jest izolacja ograniczająca hałas i straty ciepła.

#### DOKUMENTY DOPUSZCZAJĄCE:

- Krajowa Ocena Techniczna KOT 2020/0022 wydanie 1
- Krajowa Deklaracja Właściwości Użytkowych SFX 30042020
- Znak budowlany „B”
- Atest higieniczny PZH B-BK-60211-0447/20
- Raport badań akustycznych U-631/RB -3/2015.



# DRODZY PAŃSTWO,

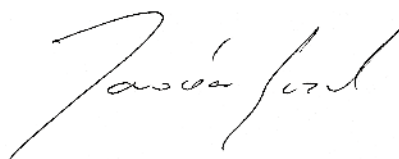
Pod koniec czerwca w Krakowie zorganizowano spotkanie na temat wpływu pandemii COVID-19 na przemysł materiałów budowlanych. W konferencji zorganizowanej przez Sieć Badawczą Łukasiewicz – Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych udział wzięli przedstawiciele nauki i przemysłu materiałów budowlanych, profesorowie, prezesi i dyrektorzy wiodących producentów materiałów budowlanych oraz przedstawiciele związków branżowych. Ponadto w wydarzeniu udział wzięli między innymi Wiceprezes Rady Ministrów i Minister Rozwoju Jadwiga Emilewicz oraz Robert Nowicki – podsekretarz stanu w Ministerstwie Rozwoju odpowiedzialny za budownictwo.

Spotkanie miało na celu przedstawienie rządowego pomysłu na wsparcie budownictwa w czasie pandemii. Z informacji, jakie podano na konferencji, można wnioskować, że sytuacja w budownictwie nie jest zła. Potwierdza się to, co wynika z moich rozmów z przedstawicielami rynku, którzy przyznają, że aktualnie nasza branża dobrze sobie radzi ze skutkami pandemii. Dane, jakie spływają z rynku do Ministerstwa Rozwoju, wskazują, że sprzedaż materiałów budowlanych w żadnym momencie drastycznie nie spadła. Trend ten utrzymuje się na poziomie zadowalającym z pewną perspektywą na wzrosty. W podobnym tonie wypowiadali się przedstawiciele rynku, którzy nie sygnalizowali o poważnych trudnościach w sprzedaży i dystrybucji materiałów budowlanych.

To jednak może się zmienić. Zaproszenie goście, uczestnicy rynku budowlanego bardziej zwracali uwagę na to, co się może wydarzyć w perspektywie pół roku. Zwracali uwagę na specyfikę budownictwa i to, że branża reaguje z pewnym opóźnieniem na to, co się dzieje w krajowej gospodarce. W zasadzie ze spotkania można było wywnioskować, że obecna sytuacja w budownictwie, zważywszy na okoliczności, jest dobra, ale już na przełomie bieżącego i przyszłego roku może dojść do spadków. W mojej ocenie trzeba się liczyć z takim scenariuszem i być przegotowanym na spadek sprzedaży materiałów budowlanych ze względu na mniejszą liczbę inwestycji. Wiem też, że nasza branża na przestrzeni wielu ostatnich lat przeżywała różne kryzysy i nauczyła się funkcjonować w trudnych czasach. Jestem przekonany, że i tym razem tak będzie, jeśli potwierdzą się prognozy z rynku.

W czasie konferencji zadałem podsekretarzowi stanu Robertowi Nowickiemu pytania o strategię termomodernizacyjną oraz plany w zakresie Warunków Technicznych 2021. W przypadku pierwszego zagadnienia to dokument „Strategia termomodernizacyjna” zgodnie z przyjętą dyrektywą EPBD (*Energy Performance Buildings Directive*) miał być już gotowy w marcu. W lipcu dokumentu wciąż nie ma, ale w resorcie rozwoju wciąż trwają prace nad nim. Z wypowiedzi pana ministra wynika, że jesienią strategia ma być gotowa. W przypadku Warunków Technicznych to jak wiemy od nowego roku ma nastąpić zaostrenie przepisów w zakresie ochrony cieplnej budynków. Z moich informacji wynika, że branża okiennie-drzwiowa apeluje o dokonanie pewnych korekt w nowych przepisach. Główne uwagi odnoszą się do niezaostrenia współczynnika przenikania ciepła  $U_w$ . Z deklaracji Roberta Nowickiego wynika, że kwestia ta w resorcie rozwoju jest znana i trwają rozmowy na ten temat.

## REDAKTOR NACZELNY



### REDAKCJA

ul. Karczewska 18, 04-112 Warszawa  
tel.: 22 512 60 58, faks: 22 810 27 42  
www.izolacje.com.pl, redakcja@izolacje.com.pl

### Redaktor naczelny

Jarosław Guzał  
tel.: 22 512 60 58, 600 050 381  
jguzal@izolacje.com.pl

### Sekretarz redakcji

Monika Mucha  
tel.: 22 810 58 09, 502 871 948  
mmucha@izolacje.com.pl

### Redaktor językowy

Elżbieta Meissner/ Agencja Wydawnicza Synerg

### Redaktor

Nicola Hariasz

### Rada Programowa

prof. dr hab. eur. inż. Tomasz Z. Błaszczyński  
(Politechnika Poznańska)  
dr Mark Bomberg (Syracuse University, USA)  
dr inż. Aleksander Byrdy (Politechnika Krakowska)  
prof. dr inż. Andrzej Cwirzen (Aalto University, Finlandia)  
dr hab. inż. Dariusz Heim (Politechnika Łódźka)  
dr hab. inż. Tomasz Kisilewicz (Politechnika Krakowska)  
prof. Józef Łuczko (Ukraińska Akademia Nauk)  
dr inż. Grażyna Mitchener (Polychemtech Ltd.,  
Wielka Brytania)  
prof. dr hab. inż. Andrzej S. Nowak (Auburn University,  
USA)  
dr inż. Paweł Pichniarczyk (Instytut Ceramiki i Materiałów  
Budowlanych)

### Skład i łamanie

GRUPA MEDIUM

### Projekt graficzny

Pikturo

### REKLAMA i MARKETING

tel.: 22 810 25 90, 810 28 14

### Dyrektor ds. marketingu i reklamy

Joanna Grabek, tel. kom.: 600 050 380  
jgrabek@medium.media.pl

### KOLPORTAŻ i PRENUMERATA

tel./faks: 22 810 21 24

### Kierownik działu logistyki

Aneta Cartailier  
acartailier@medium.media.pl

### Specjalista ds. promocji

Katarzyna Masna  
kmasna@medium.media.pl

### Specjalista ds. dystrybucji i prenumeraty

Edyta Reda  
ereda@medium.media.pl  
tel.: 22 512 60 51

### ADMINISTRACJA

tel.: 22 512 60 96  
Danuta Ciecierska (HR)

### DRUK

Zakłady Graficzne „Taurus”  
www.drukarniataurus.pl

### WYDAWCA

GRUPA MEDIUM



Redakcja zastrzega sobie prawo do adiacji tekstów. Nie zwraca materiałów niezamówionych. Nie ponosi odpowiedzialności za treść reklam, ogłoszeń i artykułów sponsorowanych (prezentacji) zamieszczanych na łamach miesięcznika „IZOLACJE” oraz ma prawo odmówić publikacji bez podania przyczyn.

Wszelkie prawa zastrzeżone © by GRUPA MEDIUM

Wersja pierwotna czasopisma – papierowa.

GRUPA MEDIUM jest członkiem Izby Wydawców Prasy

IZBA WYDAWCÓW PRASY



# Mieszany, nie wstrząśnięty.

**AQUAFIN®-RB400** –  
Prace hydroizolacyjne  
zakończone Happy Endem.

**Akcja promocyjna trwa  
06.07.2020 - 31.08.2020**  
lub do wyczerpania zapasów\*

\*Produkt dostępny tylko w punktach  
dystrybucyjnych.

**SZYBKIE, REAKTYWNE WIĄZANIE**

**SZCZELNY DLA RADONU**

**APLIKACJA DRUGIEJ WARSTWY  
JUŻ PO 3 GODZINACH**

[schomburg.pl](http://schomburg.pl)



## 4 + 1\*

Kup 4 opakowania  
**AQUAFIN®-RB400**  
w cenie **13,90 zł/kg**  
i otrzymaj 1 opakowanie  
**GRATIS.**

\*Podana cena jest ceną sugerowaną.  
Cena efektywna za 1 kg produktu przy  
zakupie 5 opakowań 20 kg - 11,12 zł.  
Szczegółowe warunki Promocji dostępne  
u Sprzedawcy.

## » WPŁYW COVID-19 NA RYNEK MATERIAŁÓW BUDOWLANYCH

Wpływ pandemii COVID-19 na przemysł materiałów budowlanych oraz obecną i przyszłą sytuację gospodarki Polski były tematem najważniejszych rozważań konferencji, która odbyła się 29 czerwca 2020 roku w Sieci Badawczej Łukasiewicz – Instytucie Ceramiki i Materiałów Budowlanych.

W wydarzeniu udział wzięli Jadwiga Emilewicz, Wiceprezes Rady Ministrów oraz Minister Rozwoju; Jarosław Gowin, współzałożyciel Sieci Badawczej Łukasiewicz, poseł na Sejm RP; Wicemarszałek Województwa Małopolskiego Tomasz Urynowicz, a także prof. Jerzy Lis, Rektor Elekt Akademii Górniczo-Hutniczej. Do uczestnictwa w konferencji zaproszeni zostali przedstawiciele nauki i przemysłu materiałów budowlanych, profesorowie, prezesi i dyrektorzy wiodących producentów materiałów budowlanych w Polsce.

Głównym celem konferencji była debata nad koniecznością podjęcia wspólnych działań wspierających przemysł w kolejnych miesiącach, aby odbudować potencjał krajowej gospodarki.

*W trakcie pandemii w skokowym tempie udało się w wielu sferach wprowadzić usprawnienia. Korzystając z umiejętności, które nabyliśmy w tym czasie – stosowania narzędzi cyfrowych: telekonferencji, webinarów, e-usługi klienta, e-usług – poczyniliśmy w tych obszarach wielkie postępy i to jest bardzo cenne, będzie pracować na naszą korzyść. Dlatego stoi przed nami szansa dokonania trwałego przełomu w kierunku gospodarki przyszłości – cyfrowej, neutralnej klimatycznie, o obiegu zamkniętym. Współpraca między Akademią Górniczo-Hutniczą a Siecią Badawczą Łukasiewicz powinna przyczynić się do nadchodzącego skoku cywilizacyjnego w obszarze budownictwa, zarówno w nauce, jak i inżynierii. Sieć Łukasiewicz udowodnia, że badania prowadzą do rzeczywistych wdrożeń i możliwy jest efektywny transfer technologii – podkreśliła minister Jadwiga Emilewicz.*

*Branża budowlana – podobnie jak cała polska gospodarka – potrzebuje impulsu. Realizacja ambitnych programów polskich inwestycji: budowa dróg, kolei, Centralnego Portu Komunikacyjnego czy infrastruktury liniowej ma prowadzić do długookresowej poprawy sytuacji całego*



**Wiceprezes Rady Ministrów i Minister Rozwoju Jadwiga Emilewicz;** fot.: Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych

*sektora budowlanego. Branży z pewnością pomogą także zamówienia realizowane przez gminy i powiaty. Dzięki Funduszu Inwestycji Samorządowych będą one wydatkować środki na inwestycje publiczne, np. budowę szkół, żłobków, dróg, szpitali czy wodociągów. W skali kraju to budżet 6 mld złotych – dodał wiceminister rozwoju Robert Nowicki.*

*Szansą na zdobycie przewag konkurencyjnych dla firm branży materiałów budowlanych po COVID-19 może być silniejsze postawienie na innowacje. Prezentujemy kompetencje oraz unikalny sposób działania Sieci Badawczej Łukasiewicz właśnie dla sektora budownictwa. Warto jednak pamiętać, że kompetencje Łukasiewicza są również do dyspozycji tej branży także przy wyzwaniach biznesowych wykraczających poza ten sektor. W obszarach szeroko rozumianego Zdrowia, Inteligentnej mobilności, Transformacji cyfrowej oraz Zrównoważonej gospodarki i energii mamy kompetencje do wsparcia przedsiębiorców naszą wiedzą i doświadczeniem. Jesteśmy doskonale zsięciowaną grupą 4500 naukowców z kilkuset laboratoriami i unikalną aparaturą badawczą i mamy*

## 100 000 WNIOSKÓW W RZĄDOWYM PROGRAMIE „MÓJ PRĄD”

Do tej pory w ramach programu „Mój Prąd” (I i II nabór) złożono już 100 tys. wniosków o dofinansowanie przydomowych instalacji fotowoltaicznych (PV), dzięki którym wygenerowana zostanie moc 560 MW.

*Polacy coraz chętniej inwestują w fotowoltaikę. Posiadanie instalacji PV to z jednej strony oszczędności na rachunkach za prąd, z drugiej oczywiste korzyści dla środowiska, dlatego chcemy, aby takich instalacji przybywało. Dziś wiemy, że uruchomienie programu „Mój Prąd” było doskonałym rozwiązaniem, które w istotny sposób przyczynia się do wzrostu liczby przydomowej fotowoltaiki – podkreślił minister Michał Kurtyka. Jak zwrócił uwagę pełnomocnik rządu ds. OZE, wiceminister Ireneusz Zyska dynamika przyrostu nowych instalacji fotowoltaicznych sprawia, że sektor energetyki słonecznej jest obecnie najszybciej rozwijającym się sektorem odnawialnych źródeł energii w Polsce.*

*Moc zainstalowana w źródłach fotowoltaicznych w Krajowym Systemie Elektroenergetycznym wynosi obecnie 2108,9 MW, co oznacza wzrost o 175,14 proc., porównując rok do roku – dodał Michał Kurtyka.*

Wiceminister Zyska zaznaczył, że ten sukces to efekt m.in. zmian w prawie i uruchomienia programów takich właśnie jak „Mój Prąd”, w ramach którego możliwe jest dofinansowanie do 50 proc. kosztów budowy instalacji o mocy zainstalowanej od 2 do 10 kW i maksymalne może wynieść 5 tys. zł

*Od 30 sierpnia ubiegłego roku realizujemy rządowy program „Mój Prąd” z budżetem wynoszącym miliard złotych, który inwestujemy w zwiększenie produkcji energii elektrycznej z prosumenckich instalacji fotowoltaicznych o mocy 2–10 kW. Dotychczas do programu zgłosiło się 100 tysięcy Polaków, więc jesteśmy na półmetku i czekamy na kolejnych 100 tys. wnioskodawców. Łączna moc instalacji ze złożonych wniosków daje 560 MW, które rocznie wyprodukują 560 GWh/rok energii elektrycznej. Porównując to do największej polskiej farmy fotowoltaicznej na terenie gminy Czernikowo koto Torunia – moc 3,77 MW – wychodzi na to, że „Mój Prąd” na tym etapie dofinansowuje ok. 148 takich elektrowni” – powiedział p.o. prezesa NFOŚiGW Dominik Bąk.*

# EKRAN MPFORT 2F

## REWOLUCJA

### NA DACHU

wytrzyma tyle,  
ile Twoje pokrycie dachowe

energooszczędność

ochrona akustyczna

zwiększona  
odporność UV



Zgłoszenie patentowe nr P. 430466





**Paweł Pichniarczyk, Dyrektor Sieci Badawczej Łukasiewicz – Instytutu Ceramiki i Materiałów Budowlanych, organizator i gospodarz spotkania; fot.: Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych**

» szerokie kompetencje naukowo-wdrożeniowe. I co najważniejsze, bez względu na tematykę wyzwania biznesowego zawsze są Państwo we właściwym Instytucie, gdzie ten problem można zgłosić. Łukasiewicz w dogodny sposób wychodzi naprzeciw oczekiwaniom biznesu. Przedsiębiorca może wybrać kontakt nie tylko przez formularz na stronie www, ale także w jednej z ponad 50 lokalizacji: Instytutach Łukasiewicza i ich oddziałach w całej Polsce. Wszędzie otrzyma ten sam – wysokiej jakości – produkt lub usługę – zaznaczył Piotr Dardziński, Prezes Sieci Badawczej Łukasiewicz.

Działalność Instytutu to pełen proces przyczynowo-skutkowy obejmujący cały cykl technologiczno-produkcyjny. Zapewniamy kompleksową ofertę dla przemysłu

od surowców mineralnych, poprzez prace badawczo-rozwojowe, na wdrożeniu i wsparciu produkcji kończąc. Współpracujemy z największymi producentami materiałów budowlanych, wspierając ich swoją wiedzą, kompetencjami i zapleczem laboratoryjnym. Ostatnie miesiące zmieniły naszą rzeczywistość, jednakże to nie był to czas stracony, gdyż dynamicznie zmieniająca się sytuacja dała nam szansę na rozwój innowacji i inicjatyw biznesowych. Teraz jest czas, by działać dla polskiej gospodarki. Pandemia uświadomiła nam, jak ważny jest człowiek, bez którego żaden biznes, żadna nowa idea, innowacja i postęp nie miałyby szans się dokonać – powiedział podczas otwarcia konferencji Paweł Pichniarczyk, Dyrektor Sieci Badawczej

» Jak wyjaśnił szef NFOŚiGW, eksperci Narodowego Funduszu, poza obsługą „Mojego Prądu”, przyglądają się rynkowi i potrzebom wnioskodawców, dlatego program nieustannie się rozwija.

Źródło: Ministerstwo Klimatu

## OD 1 LIPCA NOWE NORMY JAKOŚCI WĘGLA

Od 1 lipca br. obowiązują nowe normy jakości węgla, które uniemożliwiają sprzedaż detaliczną miazgi węglowej bardzo niskiej jakości. Spalanie tego typu węgla to jedna z przyczyn dużego zanieczyszczenia powietrza w Polsce. O zakaz sprzedaży niskiej jakości węgla Polski Alarm Smogowy zabiegał od pięciu lat. PAS apeluje do ministra klimatu o dalszą korektę parametrów jakości węgla, który wciąż zawiera zbyt dużo siarki, popiołu i wilgoci, a także wprowadzenie norm na pellet drzewny.

Od 1 lipca ze sprzedaży detalicznej wycofano miazgę węglową, w której frakcja popiołu stanowiła aż 28%, a zawartość wilgoci mogła dochodzić do 24%. Kupując tonę takiego opału, klient płacił za paliwo, w którym mogło być nawet 280 kg bezwartościowego popiołu i 240 kg wody. Co więcej, tak niskie wymagania jakościowe umożliwiały mieszanie miazgi z zakazanym odpadem węglowym: mułem oraz flotokonzentratem i sprzedawanie go jako miazgi. W sprzedaży wciąż pozostaje miazga o lepszych parametrach jakościowych.

87% węgla stosowanego w Unii Europejskiej do ogrzewania domów jest zużywane w Polsce. Dlatego jakość węgla spalanego w gospodarstwach domowych ma kluczowe znaczenie dla jakości powietrza, jakim oddychamy.

Spalanie najgorszych rodzajów węgla to jedna z przyczyn fatalnego stanu powietrza w Polsce. Od lat Polska pozostaje w czołówce krajów europejskich o najwyższym zanieczyszczeniu powietrza, a skażenie powietrza rakotwórczym benzo(a)pirenem jest wielokrotnie wyższe niż w innych państwach unijnych. Cieszymy się, że nowe regulacje wchodzą w życie – ale jednocześnie apelujemy do ministra klimatu o podjęcie dalszych kroków i zaostrożenie przepisów. Będzie ku temu okazja już we wrześniu, kiedy to odbędzie się obowiązkowa weryfikacja norm jakości węgla – powiedział Andrzej Guła, lider PAS.

Problemem obowiązujących obecnie norm jest brak wymagań jakościowych »



**Podczas konferencji została podpisana umowa o współpracy naukowo-badawczej między Siecią Badawczą Łukasiewicz a Akademią Górniczo-Hutniczą, od lewej: prezes Sieci Badawczej Łukasiewicz Piotr Dardziński i prof. Jerzy Lis, rektor elekt Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie; fot.: Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Ceramiki i Materiałów Budowlanych**

łatwiejsza  
identyfikacja  
stali na budowie



# EPSTAL

stal zbrojeniowa o wysokiej ciągliwości

Stal **EPSTAL** posiada unikalny wzór uźebrowania oraz napis "EPSTAL" nawalcowany na każdym pręcie w miejsce sześciu kolejnych żeber. Ponadto indywidualny numer producenta również jest zakodowany na powierzchni prętów. Ten zestaw narzędzi do identyfikacji pozwala na stuprocentową pewność dostawy i gwarancję jakości stali.

Wejdź na [www.epstal.pl/publikacje](http://www.epstal.pl/publikacje) i pobierz bezpłatny poradnik "W jaki sposób weryfikować stal zbrojeniową oraz dokumenty kontroli odbierając stal na budowie?".



[www.epstal.pl](http://www.epstal.pl)



» Łukasiewicz – Instytutu Ceramiki i Materiałów Budowlanych.

Sieć Badawcza Łukasiewicz podejmuje nowe wyzwania współpracy naukowo-badawczej, rozwijając swoją ofertę dla przemysłu. Podczas konferencji została podpisana umowa o współpracy naukowo-badawczej między Siecią Badawczą Łukasiewicz a Akademią Górniczo-Hutniczą.

*Umowa z tak prestiżowym i strategicznym partnerem, jakim jest Centrum Łukasiewicza, daje AGH szereg korzyści. Przede wszystkim będziemy prowadzić wspólnie z Centrum doktoraty wdrożeniowe, niezwykle istotne z punktu widzenia płynnego wejścia rozwiązań technicznych prosto z uczelni do przemysłu. Ponadto nasi studenci i doktoranci będą odbywać staże i praktyki w Centrum i instytutach. Jestem przekonany, że nasza współpraca zaowocuje już niebawem nowymi patentami i innowacyjnymi projektami – powiedział prof. Jerzy Lis, Rektor Elekt Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie.*

Konferencja okazała się znakomitą platformą wymiany doświadczeń oraz skarbnicą pomysłów, stanowiących wsparcie

dla rozwoju branży materiałów budowlanych i całej rodzimej gospodarki. Z pewnością inicjatywa ta w przyszłości zaowocuje nowymi projektami biznesowymi i badawczo-rozwojowymi na rzecz zrównoważonego rozwoju. Uczestniczący w wydarzeniu przedstawiciele przemysłu zwrócili uwagę na olbrzymią rolę wprowadzanych regulacji prawnych, których celem było przeciwdziałanie epidemii COVID-19 poprzez tzw. tarczę antykrzysową. Pozwoliła ona na usprawnienie procesów gospodarczych i zachowanie miejsc pracy przy jednoczesnym utrzymaniu ciągłości produkcji.

Wydarzenie to było również okazją do przedstawienia potencjału badawczego i możliwości rozwoju współpracy biznesu z Siecią Badawczą Łukasiewicz oraz Łukasiewicz – ICiMB. Jednocześnie stanowiło podsumowanie aktywności Łukasiewicza w tym trudnym dla wszystkich czasie oraz przejawem gotowości do wspierania działań, które branża musi podjąć w kolejnych miesiącach, aby „odmrozić” gospodarkę.

Oprac. na podst. materiałów inf. Sieci Badawczej Łukasiewicz – Instytutu Ceramiki i Materiałów Budowlanych

» dla paliwa przeznaczonego do kotłów 5. klasy i spełniających wymogi Ekoprojektu. Kotle te mogą osiągać gwarantowaną przez producenta niską emisyjność wyłącznie podczas spalania węgla o odpowiednio wysokiej jakości. Niestety normy nie określają paliwa dedykowanego do takich kotłów. PAS postuluje, aby zawartość popiołu, siarki i wilgoci w takim węglu była znacząco niższa i odpowiadała parametrom węgla, na jakim testowane są kotły. Szybkiej korekty wymaga również dopuszczalna zawartość siarki, która obecnie jest o wiele za wysoka. Według ekspertów węgiel spalany w domowych kotłach i piecach nie powinien zawierać więcej niż 0,8% siarki. Niestety obecne normy dopuszczają do sprzedaży węgla o ponad dwukrotnie wyższej zawartości siarki, bo aż 1,7%.

W nowych normach należy również określić jakość sprzedawanego pelletu drzewnego. To coraz częściej używane paliwo, ale jego skład i jakość wciąż nie jest kontrolowana. Kotle pelletowe to drugie, po kotłach gazowych, najpopularniejsze rozwiązanie grzewcze wspierane z programu „Czyste Powietrze”. Na skutek braku norm jakości nieuczciwi sprzedawcy oferują pellet zawierający odpady: resztki płyt meblowych czy domieszkę zmielonego plastiku.

Źródło: Polski Alarm Smogowy

## » NOWE OPAKOWANIA PRODUKTÓW KLIMAS WKRĘT-MET

Klimas Wkręt-met, producent technik zamocowań, wprowadza nowe, ekologiczne opakowania produktów. Konstrukcja pudełek uniemożliwia niepożądane ingerowanie w ich zawartość.

*Zmiana linii opakowań produktów stanowi część szeroko zakrojonego programu unifikacji wizerunku marki na całym świecie. Reforma związana jest z rozbudową fabryki oraz uruchomieniem linii technologicznej do pakowania, która pozwala zoptymalizować ten proces. Dzięki temu firma jest w stanie zwiększyć moce przerobowe, zabezpieczając odpowiednią ilość produktów na rynku. Chcemy wykorzystać daleko idące zmiany, które wprowadzamy w ramach rozwoju firmy i zminimalizować wpływ opakowań na środowisko i pomóc klientom w podejmowaniu bardziej zrównoważonych wyborów. Dlatego opakowania są bardziej ekologiczne – mówi Maciej Strychalski, dyrektor marketingu Klimas Wkręt-met.*

## » RUSZYŁY MOBILNE BIURA PROGRAMU „CZYSZTE POWIETRZE”

Spotkania, prelekcje, odpowiedzi na pytania dotyczące termomodernizacji czy też wymiany tzw. kopcuchów, kompleksowa pomoc w wypełnianiu wniosków – to wszystko czeka mieszkańców Małopolski oraz Śląska. 8 lipca 2020 r. był pierwszym dniem funkcjonowania mobilnych biur programu „Czyste Powietrze”, które będą w trasie przez cały okres wakacyjny (do końca sierpnia). Jej przebieg będzie można sprawdzać co tydzień na podstronach WFOŚiGW w Krakowie oraz Katowicach. Mobilne biura przejadą ponad 4000 kilometrów w każdym z województw. Spotkania będą bezpieczne dla mieszkańców, przy zachowaniu zaleceń Głównego Inspektoratu Sanitarnego.

Mieszkańcy chętniej szukają pomocy w swojej okolicy, np. w urzędzie gminy, a nie w odległej siedzibie WFOŚiGW w stolicy województwa.

*Spotkania na żywo z osobami, które doradzą w kwestii możliwych rozwiązań termomodernizacyjnych, czy też pokażą, jak wypełnić wniosek w programie, to kolejny krok w celu poprawy jakości powietrza nie tylko w wielkich aglomeracjach, ale również w małych miejscowościach*

– powiedział minister klimatu Michał Kurtyka podczas inauguracji działalności mobilnych biur programu „Czyste Powietrze”.

*Chcemy dotrzeć do jak największej liczby gmin i jak najszerzej grupy mieszkańców. Jeśli ten pilotażowy wakacyjny projekt się sprawdzi, rozważymy wprowadzenie wyjazdów mobilnego biura programu «Czyste Powietrze» na stałe. Dostajemy bowiem sygnały, że jest bardzo wiele osób, zainteresowanych wymianą starych kotłów i termomodernizacją swojego domu, które chętnie skorzystałyby z dofinansowania na ten cel, ale przyjazd do siedziby Funduszu w Katowicach lub naszych biur w Bielsku-Białej i Częstochowie to dla nich często zbyt duże obciążenie – dodał Tomasz Bednarek, prezes WFOŚiGW w Katowicach.*

Zdaniem prezesa WFOŚiGW w Krakowie Kazimierza Koprowskiego mobilne biura programu „Czyste Powietrze” to bardzo dobra inicjatywa, która realnie przybliży mieszkańców do skorzystania z dofinansowań.

Na początku roku (od 7 stycznia do 7 marca) WFOŚiGW zrealizował pilotażowy program z władzami dwóch gmin, usytuowanych na terenach o dużym

W nowych opakowaniach wykorzystuje się jak najwięcej materiałów nadających się do recyklingu, takich jak np. tektura brązowa z certyfikatem FSC. Zmniejszyliśmy również liczbę kolorów używanych do drukowania. Brązowe opakowania są najbardziej przyjaznym dla środowiska wyrobem, ponieważ wymagają tylko jednego koloru, a ilość drukowanego koloru jest umiarkowana. Ponadto brązowy karton jest mniej przetworzony dlatego jest równocześnie najlepszym materiałem do recyklingu. Preferujemy bardziej przyjazne dla środowiska metody pakowania, oparte o zaawansowane linie technologiczne – dodaje Maciej Strychalski.

Nowe opakowania są łatwe do przechowywania, identyfikacji i użytkowania. Zastosowanie materiałów dobrej jakości oraz pełne dno pudełek to większa wytrzymałość opakowania, które lepiej chroni zawartość, a przy tym nie powoduje zwiększenia wagi ani rozmiarów pudełka. Konstrukcja pudełek jest prosta, ale jednocześnie uniemożliwia np. przypadkowe otwarcie. Dzięki temu, użytkownik ma pewność, że zawartość opakowanie nie zostanie naruszona. Producent gwarantuje, że kupujemy pełnowartościowy produkt. Nowe opakowanie ma etykietę, która przekazuje informacje niezbędne do szybkiej identyfikacji produktu.

Źródło: Klimas Wkręt-met

## NOWA INWESTYCJA SOPRO POLSKA

Popularny w Polsce niemiecki producent chemii budowlanej, pomimo wywołanego pandemią spowolnienia gospodarczego, nie zwalnia tempa swoich inwestycji. Zgodnie z przyjętą strategią realizuje plan rozbudowy nowoczesnego zakładu produkcyjnego w Nowinach. Niemal 22 tys. metrów kwadratowych nowego terenu inwestycyjnego przeznaczone zostanie na budowę hali magazynowej i showroomu, czyli centrum szkoleniowego o łącznej powierzchni ponad 7 tys. metrów kwadratowych. *Rozwój zakładu w Nowinach jest jednoznacznym potwierdzeniem słuszności obranej przez nas drogi biznesowej. Pierwszy etap inwestycji pozwoli na poprawę sprawności operacyjnej, efektywności produkcyjnej oraz elastyczności firmy. Dzięki temu rozwiniemy nasze kompetencje nie tylko w Polsce, ale i w ramach całej grupy Sopro – podkreśla Jacek Stalka, Prezes Zarządu Sopro Polska.* »



foto.: NFOŚiGW

zanieczyszczeniu powietrza: Zabierzowa (powiat krakowski, województwo małopolskie) i Wilkowic (powiat bielski, województwo śląskie). Kompleksowe wsparcie informacyjno-doradcze, setki rozmów z mieszkańcami, których informowano o właściwych sposobach walki ze smogiem, zaowocowało wzrostem liczby złożonych wniosków – w sumie 269 wniosków – to znacznie więcej niż przez 1,5 roku funkcjonowania programu „Czyste Powietrze”.

Od 15 maja 2020 r. nabór wniosków o dofinansowanie z programu „Czyste Powietrze” odbywa się na nowych zasadach. Najważniejsze zmiany to m.in.:

- » uproszczenie kryteriów dochodowych, rezygnacja z powiązania intensywności dofinansowania z siedmioma grupami dochodowymi,
- » zastosowanie nowego formularza wniosku o dotację, bazującego tam, gdzie to możliwe, na oświadczeniach wnioskodawcy,
- » integracja z programem „Mój Prąd” przez możliwość uzyskania dotacji na montaż instalacji fotowoltaicznej, bez konieczności składania dwóch osobnych wniosków,
- » powiązanie poziomu dotacji z efektem ekologicznym – bonus za niskoemisyjność i odnawialność,
- » skrócenie terminu rozpatrywania wniosków z 90 do 30 dni,
- » wsparcie można uzyskać na przedsięwzięcia rozpoczęte nawet do pół roku przed datą złożenia wniosku o dofinansowanie.

Od 10 czerwca istnieje także możliwość złożenia wniosku bez wychodzenia z domu. Wystarczy wejść na stronę [www.gov.pl](http://www.gov.pl) i znaleźć zakładkę „Skorzystaj z programu Czyste Powietrze”, wypełnić wniosek, dołączyć do niego wymagane załączniki i podpisać go, korzystając z podpisu zaufanego lub kwalifikowanego podpisu elektronicznego, potwierdzającego tożsamość

wnioskodawcy. Nadal funkcjonuje „tradycyjny” system ubiegania się o dofinansowanie przez Portale Beneficjenta Wojewódzkich Funduszy. Aby otrzymać dofinansowanie, należy wypełnić wniosek, który po wydrukowaniu i podpisaniu, wraz z załącznikami, trzeba odesłać w wersji papierowej na adres Wojewódzkiego Funduszu.

Oprac. na podst. materiałów inf. NFOŚiGW

# alphathor

Alpha Dam sp. z o.o.  
PL 87-207 Dębowa Łąka 45  
T: +48 56 6462007

## EPDM AlphaThor

Wodoszczelna membrana z kauczuku EPDM zbrojona włóknem szklanym.

**DŁUGA ŻYWOTNOŚĆ**  
materiał zaprojektowany na minimum 30 lat

**ODPORNOŚĆ**  
na promieniowanie UV i OZON

**UNIERSALNE ZASTOSOWANIE**  
w nowym budownictwie i w pracach renowacyjnych

**ELASTYCZNOŚĆ**  
brak pęknięć w temperaturach minusowych

**ZGRZEWAŁNA**  
pewne łączenie pasm membrany za pośrednictwem ciepłego powietrza

**EKOLOGICZNA**  
przyjazna dla środowiska nadaje się do ponownego recyklingu

REKLAMA

alphadam  
[www.alphadam.com](http://www.alphadam.com)



## » WOJEWODA DZIĘKUJE FS ARBET ZA POMOC W TRAKCIE PANDEMII

W momencie ogłoszenia w kraju stanu pandemii, Fabryka Styropianu ARBET nie pozostała obojętna wobec problemów lokalnej społeczności i służby zdrowia. Tuż przed Wielkanocą udzieliła pomocy koszańskiemu szpitalowi, fundując placówce potrzebny sprzęt. Firma wydała na ten cel jednorazowo ponad 114 tysięcy złotych.

Szpital potrzebował pilnie monitora transportowego, pomp strzykawkowych oraz objętościowych z dodatkowym wyposażeniem. Sprawna koordynacja działań pomiędzy Fabryką a specjalistami ze Szpitala Wojewódzkiego



w Koszalinie pozwoliła sfinalizować całość w mniej niż tydzień. Przedstawiciel szpitala zaraz po otrzymaniu z ARBET-u darów tłumaczył, że sprzęt medyczny się szybko dekapitalizuje. Ponieważ jest wyjątkowo drogi, zakup wyposażenia jest dla placówek służby zdrowia zawsze wielką pomocą. W efekcie tych działań FS ARBET

otrzymała od Wojewody Zachodniopomorskiego podziękowania pisemne za pomoc w trakcie pandemii COVID-19.

Oprac. na podst. materiałów inf. firmy FS Arbet

## » KLIMAS WKRĘT-MET NUMEREM JEDEN W BRANŻY ZAMOCOWAŃ BUDOWLANYCH

Klimas Wkręt-met po raz dziewiąty numerem jeden w branży zamocowań budowlanych. Takie są wyniki rankingu Budowlanej Marki Roku, prowadzonego wśród fachowców przez ASM Centrum Badań i Analiz Rynkowych. Oprócz wyróżnienia fachowców firma zdobyła również tytuł Złotego Championa Rankingu. To piąty Champion dla Klimas Wkręt-met.

Obecny rok jest wyjątkowy. Dla marki Klimas Wkręt-met szczególnie ważny ze względu na fakt, że jest to rok jubileuszu 30-lecia działalności przedsiębiorstwa. Firma realizuje śmiało projekty rozbudowy zakładów produkcyjnych, ale również skutecznie rozwija sprzedaż na świecie. Między innymi na początku tego roku marka ogłosiła otwarcie kolejnych oddziałów w Indiach, gdzie mocno rozwija się sieć sprzedaży, a kolejne oddziały powstają w innych częściach świata. Marka została również doceniona w rankingu Budowlana Marka Roku, który co roku bada popularność poszczególnych rozwiązań wśród wykonawców. Klimas Wkręt-met po raz kolejny jest liderem kategorii „Zamocowania budowlane”, daleko wyprzedzając konkurencję. Po raz kolejny uzyskuje również miano Złotego Championa.

*Mimo braku oficjalnej Gali wręczenia nagród, która zawsze jest bardzo miłym wydarzeniem, zwłaszcza kiedy sięga się po najwyższe nagrody, tytuł Budowlanej Marki Roku jest dla nas ogromnym zaszczytem i satysfakcją. Nagroda potwierdza, iż trud, który wkładamy w naszą codzienną pracę, nie idzie na marne, a docenienie przez fachowców jest jednym z tych, o które najtrudniej producentowi z sektora budowlanego. Dlatego też w imieniu całej organizacji chciałem podziękować za ten tytuł i obiecać, że nie spoczniemy na laurach, a sama nagroda stanie się dla nas dodatkową motywacją, aby zasłużyć na nią w kolejnej edycji Budowlanej Marki Roku – mówi dyrektor marketingu w firmie Klimas Wkręt-met Maciej Strychalski.*

Budowlana Marka Roku to jeden z najbardziej prestiżowych tytułów przyznawanych w polskiej branży budowlanej. Podczas swojej ponad dwudziestoletniej tradycji plebiscyt, którego organizatorem jest ASM Centrum Badań i Analiz Rynkowych, zdobył miano jednego z najbardziej miarodajnych, obiektywnych i ważnych dla branży głosowań przede wszystkim

» Po ukończonym procesie projektowania zakładu nadszedł czas na wybór podwykonawcy. Umowę podpisano z doświadczoną firmą budowlaną Atlas Ward. Całość inwestycji opiewa na kwotę ponad 20 mln złotych, a planowane zakończenie tego etapu przypada na drugi kwartał 2021 r.

Źródło: Sopro

## » ZAPOWIEDŹ NOWEJ INWESTYCJI W FABRYCE PŁYT WIÓROWYCH W GRAJEWIE

Grupa Pfeiderer stale inwestuje w technologię, dlatego na początku lipca br. jej zarząd podjął decyzję o kolejnej ważnej inwestycji – budowie nowych stacji nasypowych w fabryce w Grajewie. Prace w tym zakresie rozpoczną się już w grudniu 2020 roku. Nowa inwestycja wpisuje się w szerszą strategię dynamicznego rozwoju całej firmy Pfeiderer. Fabryka w Grajewie jest jedną z największych w swoim regionie pod względem zatrudnienia i przychodów oraz jedną z najbardziej liczących się w branży materiałów drewnopochodnych w Polsce. W 2019 roku w fabryce uruchomiono nową prasę KT11 do produkcji płyt laminowanych, co zwiększyło moce produkcyjne i wydajność zakładu, a także znacznie usprawniło obsługę kluczowych klientów firmy. Z tym ostatnim aspektem wiąże się inna dokonana inwestycja, czyli automatyzacja procesu pakowania zrealizowana wspólnie z Europa Systems. W lipcu br. zostanie zmodernizowana instalacja sortowni wiórów przed ciągiem prasowania poprzez dostawienie nowego sortownika sitowego. Następnym bardzo istotnym krokiem na ścieżce rozwoju technologicznego zakładu jest budowa nowych stacji nasypowych, której rozpoczęcie zostało zaplanowane na grudzień 2020 roku, a zakończenie na koniec I kwartału 2021 roku.

*Nowe stacje nasypowe zapewnią przede wszystkim wysoką, stabilną jakość produkowanych w naszym zakładzie płyt wiórowych i płyt laminowanych. Dzięki temu późniejsza obróbka płyt przez naszych klientów na ciągach CNC czy prasach do oklejania będzie przebiegała bez zbędnych zakłóceń – mówi Marcin Bąk, Dyrektor zakładu w Grajewie. Kompleksowe, elastyczne i kreatywne podejście do wymagań klientów stanowi serce działalności Pfeiderer. Troska o usprawnienie procesów*

technologicznych oraz stałe podnoszenie jakości oferowanych produktów idzie w parze z najwyższymi walorami estetycznymi oferowanych produktów. *Nowoczesny design i rozwiązania dopasowane do szybko rozwijającego się rynku są podstawą filozofii rynkowej Pfeiderer. Warty podkreślenia jest fakt, że zakończenie nowej inwestycji zbiegnie się w czasie z rynkową premierą nowej kolekcji firmy na lata 2021–2024* – podsumowuje Grzegorz Kulesza, Członek Zarządu odpowiedzialny za rozwój biznesu w Europie Centralnej i Wschodniej.

Źródło: Grupa Pfeiderer

### WALNE ZGROMADZENIE CZŁONKÓW STOWARZYSZENIA PRODUCENTÓW CHEMII BUDOWLANEJ

30 czerwca br. w Lublinie odbyło się Walne Zgromadzenie Członków Stowarzyszenia Producentów Chemii Budowlanej. Walne Zgromadzenie zapoznało się ze sprawozdaniami finansowym i z działalności Zarządu i udzieliło mu absolutorium. Podczas obrad wybrano nowy Zarząd oraz Komisję Rewizyjną na lata 2020–2022.

W wyniku tajnego głosowania wybrany został Zarząd SPChB w następującym składzie: Tadeusz Wasąg (Prezes Zarządu), Tomasz Nowacki (Wiceprezes Zarządu), Paweł Szyszka (Sekretarz Zarządu), Jacek Dziebór (Członek Zarządu) oraz Tomasz Klimala (Członek Zarządu). Zarząd w nowej kadencji planuje, że SPChB będzie brać udział w procesie legislacyjnym na wczesnym etapie aby brać udział w konsultacjach i przygotowywać członków na nadchodzące zmiany. W planach jest również rozwój działalności edukacyjnej i normalizacyjnej.

Źródło: SPChB

ze względu na swój charakter. Wyniki plebiscytu stały się dla producentów, walczących w ponad 40 kategoriach o miano Budowlanej Marki Roku, odzwierciedleniem i miarodajną oceną prowadzonych działań, a przede wszystkim opinią i głosem szeroko rozumianego rynku

fachowców, mających styczność z fizycznym produktem. Oficjalna gala Budowlanej Marki Roku, ze względu na sytuację epidemiczną, odbędzie się we wrześniu bieżącego roku.

Oprac. na podst. materiałów inf. firmy Klimas Wkręt-met

## » WYTYCZNE DEKARSKIE ZESZYTY 3 I 4

Od 2018 roku Polskie Stowarzyszenie Dekarzy sukcesywnie wydaje kolejne pozycje „Wytycznych dekarских”. Zawierają one standardy pomagające wszystkim uczestnikom procesu budowlanego w jednoznacznym definiowaniu poprawnego projektowania i wykonania dachów. Wytyczne dekarские są ważnym źródłem informacji dla architektów, inżynierów i wykonawców, przedstawiającym różnorodność właściwych rozwiązań dla konkretnych uwarunkowań występujących na obiektach budowlanych.

Niedawno ukazały się „Wytyczne dekarские. Zeszyt 3” oraz „Wytyczne dekarские. Zeszyt 4”. Pierwsza z najnowszych publikacji – „Wytyczne dekarские. Zeszyt 3” – zawiera zasady krycia najstarszymi pokryciami trwałymi, czyli dachówkami ceramicznymi i uwzględniają obowiązujące w Polsce przepisy budowlane i tradycję polskiego dekarstwa. Z kolei „Wytyczne dekarские. Zeszyt 4” to uaktualnione wydanie „Wytycznych dekarских. Zeszyt 1” i „Wytycznych dekarских. Zeszyt 2”. W tym zeszycie zostały zawarte informacje dotyczące warstw wstępnego krycia

uszczelniających pokrycia dachów pochyłych leżących na łątach.

Wcześniej wydano dwie pozycje: „Wytyczne dekarские. Zeszyt 1. Zasady doboru warstw wstępnego krycia dla dachów pochyłych” i „Wytyczne dekarские. Zeszyt 2. Warstwy wstępnego krycia – detale wykonawcze”. W pierwszej części została omówiona problematyka właściwego doboru warstw wstępnego krycia. Druga część jest poświęcona przedstawieniu sposobów wykonania warstw wstępnego krycia i rozwiązania poszczególnych detali.

Oprac. na podst. materiałów inf. Polskiego Stowarzyszenia Dekarzy



REKLAMA

Swiss Made +

MABI

MABI AG - Insulation machinery  
Werdstrasse 10  
CH-5106 Veltheim / Switzerland

Tel.: +41 (0) 56 463 65 65  
Fax: +41 (0) 56 463 65 66

e-mail: info@mabi.ch  
Internet: www.mabi.ch

www.mabi.com



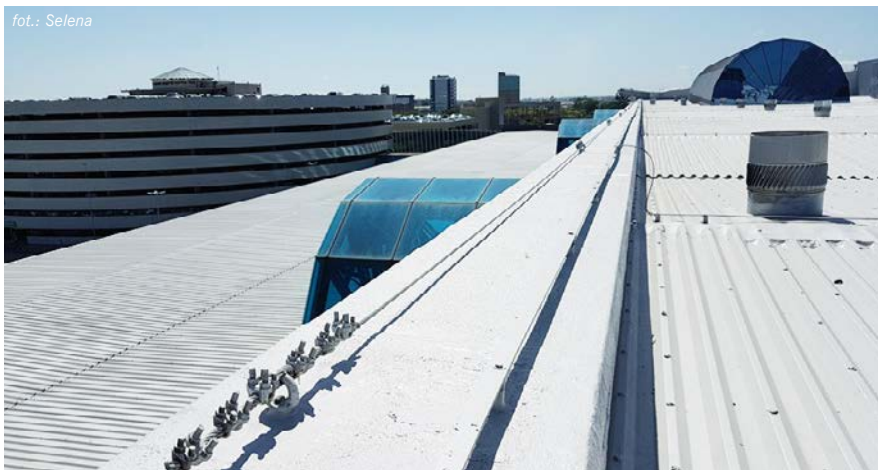
## » GRUPA SELENA – POLSKA INNOWACJA NA DACHU LOTNISKA W BRAZYLII

Przy pomocy rozwiązań Grupy Seleno przeprowadzona została kompleksowa renowacja dachu lotniska Porto Alegre w Brazylii o powierzchni 19 tys. m<sup>2</sup>. Usunięto problemy hydroizolacyjne, a dzięki innowacyjnej powłoce łączącej w sobie funkcję chłodzenia i wodoszczelności COOL-R® zewnętrzna temperatura dachu została obniżona z 86,4°C do 34,5°C. Tym samym bilans cieplny budynku zmienił się znacząco na korzyść, co przełoży się na zmniejszenie zużycia energii elektrycznej i emisji gazów cieplarnianych do atmosfery.

Hydroizolacyjna powłoka dachowa COOL-R® chroni dachy dużych budynków użytkowych, centrów logistycznych czy za-

*ją z ochroną środowiska. Podczas prowadzenia projektu w Brazylii nie tylko poradziliśmy sobie z nieszczelnościami dachu, ale także zaoferowaliśmy rozwiązanie redukujące jego temperaturę – co oznacza natychmiastowe zmniejszenie zużywanej przez klimatyzację energii elektrycznej i łatwiejsze chłodzenie budynku wewnątrz. W tym przypadku możemy spodziewać się oszczędności do 20%. Przy tak dużych powierzchniach jak budynek lotniska w Porto Alegre to znaczące oszczędności w skali roku – mówi Błażej Kłusek, dyrektor dywizji Waterproofing w Grupie Seleno.*

Każda inwestycja już na etapie planowania powinna w perspektywie długofalowej



kładów produkcyjnych przed nadmierną absorpcją ciepła pochodzącego z promieniowania słonecznego. Powłoka ta jest coraz częściej wykorzystywana w krajach Europy Południowej, a w związku z globalnym ociepleniem ma szansę być używana prawie na całym świecie. Rozwiązanie to prowadzi do oszczędności energii wydatkowanej na chłodzenie czy ogrzewanie. COOL-R® jest produktem certyfikowanym. Uzyskał międzynarodową deklarację środowiskową EPD wydaną przez Instytut Techniki Budowlanej oraz GREEN CARD – Zieloną Kartę Produktu wydaną przez firmę certyfikującą DEKRA. Dodatkowo COOL-R® otrzymał deklarację II typu zgodnie z normą ISO 14012, która potwierdza zmniejszenie zużycia energii elektrycznej i uzyskał znak ITB EKO.

*Dzięki innowacyjnym produktom Grupa Seleno jest w stanie rozwiązać problemy i odpowiedzieć na potrzeby inwestorów nie tylko w obszarze kwestii technicznych. Oferuje również wartość dodaną – łącząc*

*brać pod uwagę konsekwencje dla społeczeństwa i dla środowiska. Zrównoważone budownictwo, w tym inwestycje w efektywność energetyczną budynków i procesy termoizolacyjne, to klucz do lepszej jakości powietrza, obniżania emisji dwutlenku węgla oraz zwiększania udziału OZE, a także wymiernych oszczędności finansowych. Obszar ten jest również motorem dla tworzenia i utrzymania lokalnych miejsc pracy. Szczególnie teraz w trakcie wychodzenia ze spowolnienia gospodarczego spowodowanego pandemią kwestie bilansu energetycznego budynków powinny znaleźć się w centrum strategii odpowiedzialnych biznesów. Takie podejście do budownictwa wpłynie pozytywnie nie tylko na środowisko, zużycie energii, jakość powietrza, którym oddychamy czy budżety gospodarstw domowych – ale również na stworzenie nowych miejsc pracy.*

Oprac. na podst. materiałów inf. firmy Seleno

## TERMOMODERNIZACJA Z OKNAMI FAKRO I DOBRYM MONTAŻEM

Właśnie rusza kolejny projekt informacyjno-edukacyjny na temat zasadności i konieczności przeprowadzania kompleksowej termomodernizacji w budynkach jednorodzinnych, które są najczęstszym źródłem zanieczyszczeń atmosfery i szkodliwego smogu.

Do kampanii zainicjowanej przez Związek Polskie Okna i Drzwi dołączyła również firma FAKRO – światowy wicelider w produkcji okien dachowych, aby wspólnie zachęcać właścicieli budynków do wymiany starych i nieefektywnych okien dachowych na energooszczędne, spełniające obecne i przyszłe normy energooszczędności.

W przypadku termomodernizacji niezmiernie ważna jest kompleksowość wykonywanych prac remontowych. Niestety większość osób stojących przed koniecznością zwiększenia energooszczędności budynku nie wie, jak się do tego zabrać. Poprawę efektywności energetycznej każdego budynku należy rozpocząć od wymiany starej stolarki otworowej na energooszczędną, ocieplenia ścian, dachu, a kończąc na zakupie nowoczesnego źródła ciepła. Tylko całościowa termomodernizacja przyniesie realne korzyści – oszczędności w domowym budżecie, a także podniesie komfort życia. *Udział firmy FAKRO w projekcie Związku POiD WYMIANA STOLARKI + DOBRY MONTAŻ jest oczywisty. Od początku powstania Związku bierzemy czynny udział we wszystkich niemalże projektach i w tym, kluczowym, również nie mogło nas zabraknąć. Wierzymy, że wspólne działania wraz z największymi dostawcami w branży, pomogą zadbać o ochronę czystego powietrza, zachęcając właścicieli domów do wymiany stolarki – komentuje Kierownik Centrum Szkoleń i Współpracy z Wykonawcami FAKRO Paweł Kołbon.*

Ogromną zachętą w podjęciu decyzji remontu domu jest szereg benefitów dofinansowujących inwestycje, które oferuje rząd. Kluczowym z nich jest program „Czyste Powietrze”, w którym można skorzystać z dotacji lub preferencyjnej pożyczki, a także obowiązująca od 2019 r. ulga termomodernizacyjna. Program społeczny Związku POiD „WYMIANA STOLARKI + DOBRY MONTAŻ” wystartował 14.07.2020 i przewidziany jest na 12 miesięcy.

Źródło: Fakro

# TERMOMODERNIZACJA BUDYNKÓW

poradnik projektanta



Patroni cyklu:



Zdrowe mieszkanie

**Ocieplenie  
przede wszystkim**

Zdrowe **życie**  
zaczyna się  
od **zdrowego**  
mieszkania



**System ociepleń wspiera zdrowie i poprawia komfort życia**

Kompletny system ociepleń Baunit StarSystem to nowa jakość życia. Reguluje wilgotność powietrza oraz wpływa na redukcję kosztów ogrzewania. Zaprawa klejowo-szpachlowa Baunit StarContact White dzięki specjalnie dobranemu uziarnieniu zapewnia odpowiednią grubość warstwy zbrojącej, co skutkuje trwałością i wyższą udarnością całego systemu ociepleń. Dodatkowo nie wymaga gruntowania przed aplikacją tynku strukturalnego. Silikonowy tynk Baunit StarTop jest szybkoschnący oraz odporny na zabrudzenia.

- Przyjemna temperatura w mieszkaniu
- Optymalna wilgotność powietrza
- Ochrona przed pleśnią

*Twój dom. Twoje ściany. Twoje zdrowie.*

**Najważniejsze  
to co w środku**  
[www.prawdziwystyropian.pl](http://www.prawdziwystyropian.pl)



fasada GRAFIT

prawdziwy STYROPIAN  
[www.arbet.pl](http://www.arbet.pl)

**ARBET**  
FABRYKA STYROPIANU

fasada GRAFIT

fasada GRAFIT

fasada GRAFIT

fasada GRAFIT

fasada GRAFIT

fasada GRAFIT



**ALIOR  
BANK**

WYŻSZA KULTURA. BANK NOWOŚCI.

**BANK PRZEDSIĘBIORCZOŚCI**

# TANIA POŻYCZKA NA TERMOMODERNIZACJĘ

**OPROCENTOWANIE OD**

**0%**

- Niższe rachunki za prąd.
- Ochrona środowiska.
- Zwrot 90% kosztów audytu energetycznego i dokumentacji technicznej.

**[www.aliorbank.pl](http://www.aliorbank.pl)**

Alior Bank uzależnia decyzję o przyznaniu pożyczki od oceny wiarygodności i zdolności kredytowej klienta biznesowego. Pełna informacja o Pożyczce Termomodernizacyjnej, w tym o opłatach i prowizjach, jest dostępna w wybranych oddziałach Alior Banku i na [www.aliorbank.pl](http://www.aliorbank.pl). Pożyczka Termomodernizacyjna jest współfinansowana ze środków Unii Europejskiej w ramach Regionalnych Programów Operacyjnych na lata 2014-2020 województw: dolnośląskiego, łódzkiego, małopolskiego i podlaskiego. Środki te zostały powierzone Alior Bankowi przez Bank Gospodarstwa Krajowego. Uzyskanie Pożyczki Termomodernizacyjnej wymaga przedstawienia przez klienta audytu energetycznego ex ante potwierdzającego możliwość uzyskania poprawy efektywności energetycznej budynku wielorodzinnego o co najmniej 25%, a w przypadku inwestycji w kotły spalające biomasę lub paliwa gazowe – o co najmniej 30%. Zwrot 90% kosztów audytu energetycznego i dokumentacji technicznej dotyczy finansowania inwestycji w zakresie termomodernizacji budynków w sektorze mieszkaniowym. Informacja handlowa według stanu na 19.06.2020 r.

DR INŻ. KRZYSZTOF PAWŁOWSKI, PROF. UCZELNI

# PROJEKTOWANIE ŚCIAN ZEWNĘTRZNYCH Z UWZGLĘDNIENIEM WYMAGAŃ CIEPLNO-WILGOTNOŚCIOWYCH OD 1 STYCZNIA 2021 R.



*Design of external walls considering thermal insulation and waterproofing requirements entering into force on 1 January 2021* ABSTRAKT » S. 34

Osiągnięcie wymaganych przez przepisy wartości współczynnika przenikania ciepła  $U_c$  poniżej wartości granicznej polega na określeniu odpowiedniej grubości materiału termoizolacyjnego oraz poprawnym jego usytuowaniu. Należy jednak zwrócić uwagę na odpowiednie kształtowanie układów materiałowych złączy budowlanych (połączenie dwóch lub trzech przegród w węźle), określanych także w literaturze jako mostki cieplne (mostki termiczne). Dobór materiałów, szczególnie termoizolacyjnych, powinien uwzględniać innowacyjne rozwiązania pozwalające na optymalizację (minimalizację) ich grubości.

Projektowanie ścian zewnętrznych budynku o niskim zużyciu energii (NZE) wymaga znajomości zagadnień z zakresu fizyki budowli, budownictwa ogólnego, materiałów budowlanych oraz przepisów prawnych w zakresie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [1]. Dotyczy to w szczególności:

- » właściwości technicznych materiałów budowlanych tworzących przegrody zewnętrzne i złącza budowlane,
- » określenia i przyjmowania do dalszych obliczeń parametrów technicznych stosowanych materiałów budowlanych (m.in. wartości współczynnika przewodzenia ciepła  $\lambda$  [W/(m·K)], współczynnika oporu dyfuzyjnego  $\mu$  [-]) na podstawie norm przedmiotowych oraz udokumentowanych danych producentów,
- » określenia parametrów powietrza wewnętrznego i zewnętrznego,
- » zasad przepływu ciepła przez przegrody i ich złącza w polu jednowymiarowym (1D), dwuwymiarowym (2D) oraz trójwymiarowym (3D),
- » zasad konstruowania układów materiałowych ścian zewnętrznych i ich złączy zgodnie z wymaganiami konstrukcyjnymi, przeciwpożarowymi, cieplno-wilgotnościowymi oraz akustycznymi.

## PRZYKŁADOWE ROZWIĄZANIA KONSTRUKCYJNO-MATERIAŁOWE ŚCIAN ZEWNĘTRZNYCH

Ściana zewnętrzna stanowi sztuczną przegrodę pomiędzy otoczeniem zewnętrznym (o zmiennej temperaturze i wilgotności) a wnętrzem (o określonej temperaturze i wilgotności). W pomieszczeniach

przeznaczonych na stały pobyt ludzi powinny być zapewnione użytkownikom odpowiednie warunki w zakresie:

- » nośności konstrukcji,
- » ochrony cieplno-wilgotnościowej,
- » ochrony przed zmiennymi warunkami klimatycznymi: zmiana temperatur, deszcz, wiatr,
- » ochrony przed hałasem,
- » ochrony przeciwpożarowej,
- » walorów architektonicznych i estetycznych.

Zmieniające się wymagania powodują, że na etapie projektowania i wykonywania pojawiają się nowe rozwiązania konstrukcyjno-materiałowe ścian zewnętrznych. Najczęściej stosowanymi technologiami wznoszenia ścian zewnętrznych budynków w Polsce są technologia murowana, drewniana lub prefabrykowana.

**Ściany zewnętrzne murowane jednowarstwowe (RYS. 1)** stanowią mury wykonane z bloczków z betonu komórkowego, pustaków z ceramiki poryzowanej lub keramzytobetonu. Natomiast **ściany zewnętrzne murowane warstwowe (RYS. 2-4)** składają się z:

- » warstwy konstrukcyjnej,
- » warstwy izolacji cieplnej,
- » warstwy pustki powietrznej wentylowanej (w przypadku ścian szczelinowych),
- » warstwy elewacyjnej (w przypadku ścian trójwarstwowych i szczelinowych).

Powszechnie stosowanymi materiałami do wznoszenia warstwy konstrukcyjnej są materiały ceramiczne, materiały silikatowe: pełne lub drążone, elementy betonowe, np. pustaki szalunkowe, pustaki z autoklawizowanego betonu komórkowego, elementy murowe z kamienia naturalnego.

Głównym zadaniem tej warstwy jest zdolność przenoszenia obciążeń z wyższych kondygnacji oraz w wyniku parcia wiatru. W przypadku znaczących obciążeń często stosuje się słupy żelbetonowe (jako trzpienie).

Do grupy materiałów ściennych ceramicznych (otrzymywanych z glin ilastych, morenowych, wstęgowych, łupków, mułków oraz lessów; surowcami pomocniczymi przy produkcji ceramiki budowlanej są piasek kwarcowy, złom suszarnikowy) można zaliczyć:

- » cegły budowlane zwykłe,
- » cegły kratówki K1, K2, K3,

»

# IEX

INSULATION EXPO EUROPE

12th International Trade Fair for Industrial Insulation Materials and Technologies  
**SHAPING ENERGY EFFICIENCY FOR INDUSTRY AND BUSINESSES**

**23 – 24 JUNE 2021**

**NEW EXHIBITION CENTRE NUREMBERG**

[insulation-expo.com](http://insulation-expo.com)

- Number 1 platform for technical insulation and energy efficiency
- Materials, tools, machines, measuring instruments and software solutions
- The future of the insulation trade – all in one place

**SUBSCRIBE NOW  
FOR OUR NEWSLETTER**



Parallel to the FeuerTrutz trade fair and TI specialist conference

Organised by

 Reed Exhibitions

Partners

**BAU**INDUSTRIE

DAS DEUTSCHE  
BAUWERBE



**RM** Rudolf Müller





- » » cegły dziurawki,
- » cegły modularne,
- » pustaki modularne MAX, S2, U, M-44,
- » pustaki do ścianek działowych,
- » pustaki wentylacyjne i kominowe,
- » cegły klinkierowe.

W przeszłości elementy ceramiczne (szczególnie cegła pełna) były stosowane do wykonywania jednowarstwowych ścian zewnętrznych. Izolacyjność takich przegród była bardzo niska, a współczynnik przenikania ciepła  $U$  wynosił:

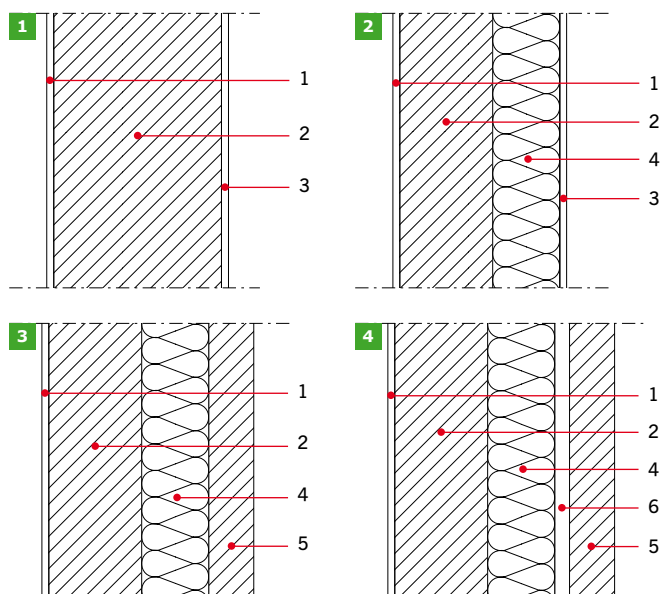
- » dla ścian z cegły pełnej o  $\lambda = 0,77 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ , dla gr. 38 cm –  $U = 1,51 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ , dla gr. 51 cm –  $U = 1,20 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ ,
- » dla ścian z cegły dziurawki o  $\lambda = 0,62 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ , dla gr. 38 cm –  $U = 1,28 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ , dla gr. 51 cm –  $U = 1,01 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ ,
- » dla ścian z cegły kratówki o  $\lambda = 0,56 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ , dla gr. 38 cm –  $U = 1,18 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ , dla gr. 51 cm –  $U = 0,93 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ .

Aby uzyskać poprawę efektywności wyrobów ceramicznych pod względem izolacyjności cieplnej, producenci zwiększają liczbę drążeni i parametry geometryczne. Jednak w celu zapewnienia odpowiedniej wytrzymałości na ściskanie udział drążeni w wyrobach przeznaczonych na ściany zewnętrzne nie powinien przekraczać 50%. Dodatkowe podwyższenie izolacyjności termicznej wyrobów ściennych można uzyskać przez wprowadzenie do produkcji masy ceramicznej trocin, węgla kamiennego, odprysków brykietowych, włókien celulozowych, polistyrenu w postaci kulek lub innych, w wyniku czego w czepie pozostają otwarte pory. Tego typu wyroby określane są jako ceramika poryzowana. Ściany zewnętrzne wykonywane z takich pustaków akumulują ciepło i przepuszczają parę wodną przenikającą z wnętrza budynku, dzięki czemu w pomieszczeniach panują odpowiednie parametry mikroklimatu (temperatura, wilgotność). Jednak zamknięte pory powodują, że są bardziej kruche i nasiąkliwe niż tradycyjne materiały ścienne (np. cegła pełna). Pustaki z tzw. ciepłej ceramiki produkowane są w postaci pustaków z krawędziami bocznymi profilowanymi do połączenia na pióro i wpust.

**Elementy silikatowe** zgodnie z normą PN-B-12066:1998 [2] można podzielić na następujące grupy:

- » według przeznaczenia:
  - A – murowane zwykłe ze spoinami zwykłymi,
  - B – murowane zwykłe ze spoinami pocienionymi,
  - C – murowane na suchy styk ze spoinami poziomymi zwykłymi,
  - D – murowane na suchy styk ze spoinami poziomymi pocienionymi,
  - E – murowane na wpust-wypust ze spoinami poziomymi zwykłymi,
  - F – murowane na wpust-wypust ze spoinami poziomymi pocienionymi,
- » według odporności na działanie mrozu:
  - M – odporne na działanie mrozu (do murowania ścian zewnętrznych i wewnętrznych),
  - N – nieodporne na działanie mrozu (do murowania ścian wewnętrznych),
- » według otworów i drążeni:
  - P – pełne,
  - D – drążone.

Z elementów wapienno-piaskowych (silikatowych) wykonuje się ściany nośne zewnętrzne i wewnętrzne, ściany działowe, przeciwpożarowe, elewacyjne, elementy małej architektury, przewody wentylacyjne. Należy podkreślić, że można z łatwością łączyć z innymi materiałami: ceramicznymi, szklanymi czy też drewnianymi i drewnopochodnymi.



RYS. 1-4. Przykładowe układy murowanych ścian zewnętrznych; ściana jednowarstwowa (1), ściana dwuwarstwowa (2), ściana trójwarstwowa (3), ściana szczelinowa (4); rys.: autor

1 – tynk wewnętrzny, 2 – pustak ścienny, 3 – tynk zewnętrzny, 4 – izolacja termiczna, 5 – warstwa elewacyjna, 6 – szczelina powietrzna

**Elementy betonowe** produkowane jako cegły cementowe pełne i drążone. Natomiast pustaki szalunkowe są przeznaczone do wykonywania fundamentów i ścian piwnic bez deskowania. Układane na „sucho” do wysokości maks. 4 warstw. Po zaszalowaniu pionowym i poziomym pustaki wypełnia się mieszanką betonową. Oprócz pustaków z betonów cementowych z kruszywami naturalnymi są produkowane elementy z innym wypełnieniem: perlit, keramzyt, materiały drewnopochodne.

**Bloczki z betonu komórkowego** produkowane są w różnych odmianach, np. 500, 600 i 700. Współczynnik przewodzenia ciepła bloczków zależy od gęstości objętościowej. Bloczki nowego typu posiadają profilowane ściany boczne oraz dwa uchwyty montażowe. W budynkach wielokondygnacyjnych ściany wykonywane są często jako przegrody niejednorodnie cieplnie (konstrukcja słupowa z żelbetu z wypełnieniem z bloczków z betonu komórkowego).

**Naturalne materiały kamienne** mają zastosowanie w częściach reprezentacyjnych obiektów budowlanych i wykonywane są z odpowiednich złóż skał magmowych, osadowych lub metamorficznych. Z kamieni naturalnych są produkowane ciosy i kształtki o regulowanych kształtach. W budynkach niskich zaleca się stosowanie bloczków z lekkiego wapienia miękkiego.

W przypadku ocieplenia ścian zewnętrznych murowanych stosuje się technologię bezspoinowego systemu ocieplenia ETICS, która polega na przymocowaniu do ściany systemu warstwowego, składającego się z materiału termoizolacyjnego oraz warstwy zbrojonej i wyprawy tynkarskiej. System mocowany jest do ściany za pomocą zaprawy klejącej i dodatkowo łącznikami mechanicznymi. Zasadniczą funkcję w tym systemie pełni materiał termoizolacyjny w postaci płyt:

- » styropianowych EPS,
- » ze styropianu grafitowego (szarego),
- » z wełny mineralnej (skalnej),
- » z pianki poliuretanowej PIR lub PUR,
- » z pianki fenolowej (rezolowej).

Szczegółową charakterystykę parametrów materiałów termoizolacyjnych przedstawiono w pracach [3, 4].

# PIRfekcyjna termoizolacja od fundamentów po dach

współczynnik  $\lambda_d$  już od 0,019 W/(m·K)



Podłoga



Ściana



Izolacja podkrokwiova



Izolacja nakrokwiova



Taras



Dach samonośny

FEEL  
GOOD  
INSIDE

RECTICEL  
insulation

więcej niż PIR

Recticel Izolacje  
tel. 61 815 10 08  
sekretariat.pl@recticel.com  
www.recticelizolacje.pl

GWARANCJA JAKOŚCI KEYMARK



» W konwencjonalnym systemie ocieplającym w niektórych miejscach mogą być wprowadzane specjalne płyty lub moduły przepuszczające światło – elementy **TWD** (Transparente Wärmedämmung) o następujących cechach [5]:

- » czarna powłoka (absorber) położona na ścianie lub na tylnej stronie płyty pozwala uzyskać dodatkową energię cieplną z promieniowania słonecznego,
- » zjawisko przegrzewania się ścian w okresie letnim stosuje się zacienienie elementów czy też wentylacja przestrzeni między elementami a ścianą lub zastosowanie szyb pryzmatycznych, które w okresie letnim (gdy słońce jest wysoko na horyzoncie) odbijają znaczną część promieniowania słonecznego.

Na **RYS. 5** przedstawiono przykładowy schemat działania izolacji transparentnej **TWD** z szybą pryzmatyczną.

Podobnym rozwiązaniem umożliwiającym uzyskanie dodatkowej energii cieplnej z promieniowania słonecznego jest zastosowanie elementów tzw. przełączalnej izolacji termicznej **SWD** (Schaltbare Wärmedämmung) o następujących cechach [5]:

- » w panelach próżniowych wykonanych w osłonie ze stali nierdzewnej umieszczono sprasowane włókno szklane i niewielką ilość wodorku palladu, który umożliwia uwalnianie małej ilości wodoru (ok. 50 hPa) oraz ponowne jego wchłanianie,
- » przewodność cieplna elementu może zwiększyć się ok. 40-krotnie i ponownie powrócić do stanu, jaki zapewnia próżnia,
- » wydzielanie wodoru odbywa się w wyniku podgrzania (elektrycznego) kapsuły z wodorkiem palladu, w związku z tym w fazie przewodzenia ciepła do panelu musi być dostarczona energia elektryczna o mocy ok. 5 W/m<sup>2</sup>,
- » zaletą tego rozwiązania jest dobre zabezpieczenie ścian przed przegrzewaniem w okresie letnim.

Na **RYS. 6** przedstawiono tryby izolowania i przewodzenia ciepła przez panele **SWD**.

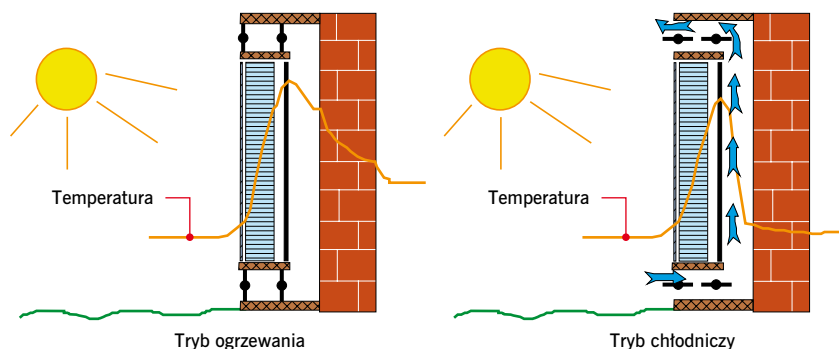
Od strony wewnętrznej należy zastosować tynk zewnętrzny – cienkowarstwowy (w przypadku ścian dwuwarstwowych) lub warstwę elewacyjną (w przypadku ścian trójwarstwowych i szczelinowych).

W przypadku ścian dwuwarstwowych zaleca się stosowanie tynków cienkowarstwowych, które można podzielić [6]:

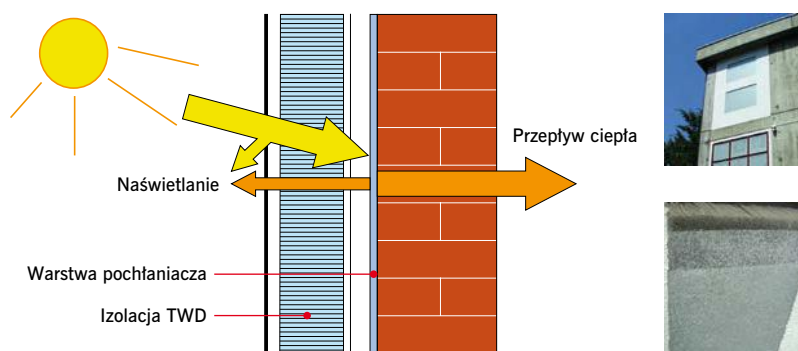
- » ze względu na spoiwo: mineralne, silikatowe (krzemianowe), silikonowe, silikatowo-silikonowe, polimerowe (akrylowe),
- » ze względu na technikę wykonywania: naciągane pacą, zacierane, cyklinowane, wytłaczane, natryskowe, nakrapiane,
- » ze względu na rodzaj faktury: gładkie, drapane, ziarniste (tzw. baranek), modelowane, mozaikowe.

W przypadku ścian trójwarstwowych i szczelinowych warstwa elewacyjna wykonywana jest najczęściej z cegły klinkierowej, bloczków wapienno-piaskowych (silikatowych) oraz płyt z drewna.

W kształtowaniu układu warstw materiałów w ścianie szczelinowej należy zaprojektować szczelinę wentylowaną pomiędzy warstwą izolacji cieplnej a warstwą elewacyjną o odpowiedniej grubości z zapewnieniem swobodnej cyrkulacji powietrza (otwory w warstwie elewacyjnej). Warstwa elewacyjna powinna połączona z warstwą konstrukcyjną za pomocą kotew metalowych (łączników mechanicznych) w ilości od 5 do 6 szt./m<sup>2</sup> powierzchni ściany



**RYS. 5.** Przykładowy schemat izolacji transparentnej **TWD** z szybą pryzmatyczną; rys.: [www.bosy-online.de](http://www.bosy-online.de)



**RYS. 6.** Przykładowy schemat izolacji transparentnej **SWD**; rys.: [www.yumpu.de](http://www.yumpu.de)

(dobór łączników przeprowadza się na podstawie szczegółowych obliczeń). Ze względu na zmiany temperatur (w okresie letnim do 50°C, a w okresie zimowym do -25°C), w celu uniknięcia występowania zarysowań, wybrzuszeń, kruszenia i odpryskiwania materiału warstwy elewacyjnej, zaleca się stosowanie w zewnętrznej warstwie ściany szczelinowej przerwy dylatacyjnej. Na podstawie prowadzonych analiz w **TABELI 1** zestawiono zalety i wady ścian w konstrukcji murowanej.

Współczesne konstrukcje ścian zewnętrznych mogą być projektowane jako **fasady wentylowane**, w których występują wewnątrz szczeliny powietrzne, które odprowadzają nadmierną wilgoć poza przegrodę. Fasady wentylowane mogą być wykonane w dwóch technologiach:

- » technologia lekka sucha (montaż elewacji z sidingu, płyt włókno-cementowych, płyt cementowych, laminatów, elementów drewnianych, blachy aluminiowej itp.),
- » technologia ciężka sucha (ciężkie płyty kamienne lub płyty z kruszywa kamiennego spojonego żywicą).

Obie technologie mogą spełniać kryterium rozwiązania energooszczędnego, zarówno przy realizacji nowych budynków, jak i przy termorenowacji budynków już istniejących. Stosowanie tych technologii nie ma praktycznie ograniczeń temperaturowych dotyczących procesu technologicznego, ponieważ nie wykonuje się prac mokrych na budowie. Szczegółową charakterystykę rozwiązań konstrukcyjno-materiałowych fasad wentylowanych przedstawiono w pracach [7, 8, 9].

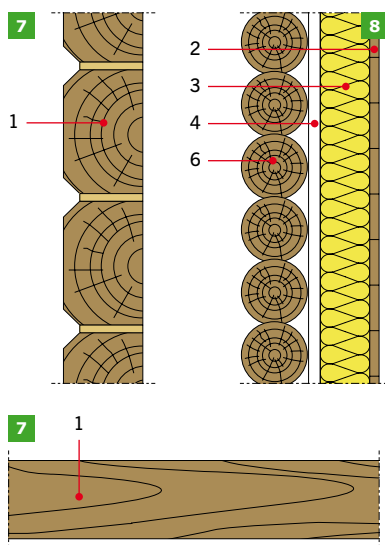
**Budownictwo drewniane** to budownictwo, w którym elementy konstrukcyjne budynku wykonane zostały z drewna litego lub drewna klejonego. Zatem do budownictwa drewnianego zaliczyć należy:

- » budownictwo o lekkiej konstrukcji szkieletowej, gdzie konstrukcję wykonuje się z litych elementów drewnianych lub belek dwuteowych opartych na materiałach drewnopochodnych,



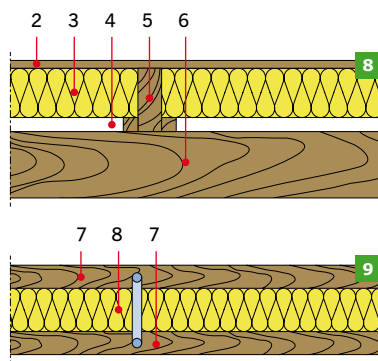
	Ściany jednowarstwowe	Ściany dwuwarstwowe	Ściany trójwarstwowe/ ściany szczelinowe
<b>Zalety</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>■ przyspieszenie i uproszczenie budowy ścian</li><li>■ łączenie pustaków na pióro-wpust bez spoin pionowych</li><li>■ zastosowanie tynków tradycyjnych, cienkowarstwowych, szlachetnych</li><li>■ łatwe bruzdowanie ścian na prowadzenie instalacji</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>■ prosta i sprawdzona technologia</li><li>■ możliwość zwiększania grubości izolacji cieplnej (obniżenie współczynnika przenikania ciepła <math>U</math>)</li><li>■ ciągłość izolacji cieplnej</li><li>■ wykonanie węgarka z ocieplenia (minimalizacja strat ciepła)</li><li>■ możliwość wykonania detali architektonicznych: boniowania, gzymsów, pilastrów</li><li>■ różnorodne faktury wypraw elewacyjnych, możliwość zastosowania płytek ceramicznych</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>■ solidna i trwała</li><li>■ układ warstw korzystny z punktu widzenia fizyki budowli</li><li>■ elewacja klinkierowa jako najtrwalsza elewacja</li></ul>
<b>Wady</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>■ szczególne zwrócenie uwagi na mostki cieplne</li><li>■ sprawdzenie nośności (wytrzymałości na ściskanie), w szczególnych przypadkach stosuje się konstrukcję słupową</li><li>■ stosowanie zapraw ciepłochronnych i cienkich spoin klejonych (koszty)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>■ zabezpieczenie części cokołowej od uszkodzeń mechanicznych</li><li>■ szczelne powłoki elewacyjne powodują brak możliwości „oddychania ścian”</li><li>■ szczególne zwrócenie uwagi na dokładność wykonania detali (szczegółów)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>■ koszty i materiałochłonność</li><li>■ w budynkach wielokondygnacyjnych stężenia z wieńcami ścian konstrukcyjnych</li><li>■ skomplikowany detal – zwiększenie kosztów</li><li>■ skomplikowane rozwiązania detali – wykusze, płyty balkonowe</li><li>■ wady wykonawcze – szczelina wentylowana źle zaprojektowana, rozwiązanie części cokołowej – połączenie ściany fundamentowej i parteru</li></ul>

TABELA 1. Zalety i wady ścian zewnętrznych murowanych



RYS. 7-9. Przykładowe rozwiązania materiałowe ścian drewnianych (z bali drewnianych): ściana z okrągłaków bez dodatkowego ocieplenia (7), pojedyncze ściany zębowe z ociepleniem od wewnątrz (8), podwójne ściany zębowe z ociepleniem pomiędzy dwoma warstwami belek (9); rys.: [12]

1 – belki drewniane (płyzy) 24 cm, 2 – poszycie wewnętrzne z desek, 3 – wełna mineralna 15 cm, 4 – szczelina powietrzna 4 cm, 5 – słupki 7×19, 6 – bale drewniane  $\varnothing$  20 cm, 7 – belki drewniane 7×12 cm, 8 – granulaty korkowy 14 cm



Warstwa izolacji cieplnej wykonana jest z styropianu, polistyrenu ekstrudowanego, wełny mineralnej, pianki poliuretanowej. Zewnętrzne faktury ścian mogą być jednolite lub posiadać warstwę elewacyjną wykończoną tynkami mineralnymi, fakturą z kamienia płukanego np. z łupka jurajskiego, bazaltu lub granitu. Elewacja zewnętrzna może być także odciskiem ozdobnych matryc. Ściany produkowane są w szerokim zakresie rozmiarów i zastosowań: do obudowy obiektów handlowych, hal przemysłowych, budynków użyteczności publicznej i mieszkaniowych, z przeznaczeniem na ściany wewnętrzne

- » budownictwo prefabrykowane, tzw. domy gotowe, gdzie elementy budynku przygotowywane są w zakładzie prefabrykacji, w oparciu o elementy z litego drewna,
- » domy z bali, o ścianach zewnętrznych z drewna litego i klejonego, o grubości spełniającej wymagania izolacyjności cieplnej, niewymagających stosowania dodatkowej warstwy ocieplenia [10].

Ze względu na rodzaj i grubość bali (RYS. 7-9) rozróżnia się dwie podstawowe przegrody [11]:

- » ściana z bali grubych, niewymagających dodatkowej izolacji, może być z drewna litego bądź klejonego (niezalecane dla budynków o niskim zużyciu energii),
- » ściana z bali cienkich, niezapewniająca wymaganej izolacji cieplnej przegrodzie zewnętrznej, wymagająca dodatkowej termoizolacji o odpowiedniej grubości.

**Ściany prefabrykowane jednowarstwowe i warstwowe** wykorzystywane są przy wykonywaniu ścian zewnętrznych w budownictwie mieszkaniowym oraz przemysłowym.

i zewnętrzne nośne, ściany szybów windowych, klatek schodowych itd. Prefabrykaty (jednowarstwowe i wielowarstwowe) mogą posiadać otwory okienne i drzwiowe w praktycznie dowolnych rozmiarach i kształtach. W zależności od grubości prefabrykatu i przyjętego sposobu wypełniania spoin odporność ogniowa ścian do REI 240.

W budownictwie stosuje się różne technologie wznoszenia obiektów. Oprócz technologii drewnianej, murowanej czy też żelbetowej można wykonywać obiekty z płyt warstwowych.

Płyty warstwowe są nowatorskim rozwiązaniem systemów lekkiej obudowy. Zarówno płyty warstwowe ściennie, jak i dachowe są ekonomiczne oraz charakteryzują się bezpiecznym i szybkim montażem. Lekka obudowa jest trwała i zachowuje wysoką jakość przez cały okres eksploatacji. Płyty warstwowe stosowane są zarówno do obudowy hal wielkogabarytowych, o powierzchniach sięgających kilkudziesięciu tysięcy metrów kwadratowych, jak i małych przenośnych obiektów [13].

» Najczęściej **plyty warstwowe** wytwarzane są na ciągłej linii produkcyjnej. Bezpośrednimi surowcami stosowanymi do ich produkcji są:

- » blacha stalowa w kręgach przeznaczona na okładzinę zewnętrzną (dolna na linii) i wewnętrzną (górną),
- » jako materiał rdzenia – komponenty systemu PUR (ewentualnie PIR), arkusze styropianu (EPS) albo lamele (ewentualnie arkusze) wełny mineralnej (WM),
- » klej poliuretanowy służący do trwałego połączenia styropianu lub wełny z okładzinami.

Wybór konkretnego rozwiązania konstrukcyjno-materiałowego ścian zewnętrznych powinien być oparty na podstawie obliczeń i analiz w zakresie nośności oraz ochrony ciepło-wilgotnościowej, akustycznej i przeciwpożarowej.

## METODY OBLICZENIOWE W ZAKRESIE PROJEKTOWANIA CIEPLNEGO ŚCIAN ZEWNĘTRZNYCH

Przenikanie ciepła w budynkach może być przeprowadzone przy podziale struktury na typowe przegrody: ściany zewnętrzne, okna, drzwi, podłogi, dachy, w odniesieniu do których straty ciepła można obliczać oddzielnie na podstawie jednowymiarowego modelu przepływu ciepła, przy założeniu jednorodnej struktury przegrody, złożonej z równoległych warstw, do których strumień ciepły jest prostopadły.

Straty ciepła przez pojedyncze elementy budynku, przy przyjęciu pewnych uproszczeń, można określić za pomocą współczynnika przenikania ciepła  $U$  [ $W/(m^2 \cdot K)$ ].

Projektowanie przegród budowlanych wymaga uwzględnienia klimatu miejscowego, jaki panuje w otoczeniu budynku oraz mikroklimatu pomieszczeń. Największy wpływ na kształtowanie właściwości ciepło-wilgotnościowych przegród mają:

- » temperatura,
- » wilgotność względna,
- » natężenie promieniowania słonecznego.

Zdolność materiału do przewodzenia ciepła jest określana przy pomocy współczynnika przewodzenia ciepła –  $\lambda$  [ $W/(m \cdot K)$ ]. Jest to ilość ciepła przewodzonego w jednostce czasu przez 1 m<sup>2</sup> powierzchni przegrody o grubości 1 m przy różnicy temperatur powierzchni po obu stronach przegrody, równej 1 K, w jednostce czasu. W normalizacji wprowadzono dwa pojęcia odnoszące się do wartości współczynnika przewodzenia ciepła materiałów (lub oporu cieplnego komponentów):

- » wartość deklarowaną ( $\lambda_D$ ), służącą kontroli jakości produkcji, odpowiadająca warunkom laboratoryjnym,
- » wartość obliczeniową ( $\lambda_{ob}$ ), służącą projektowaniu, odpowiadająca warunkom stosowania materiału w budynku.

Procedury obliczania współczynnika przenikania ciepła  $U_c$  ścian zewnętrznych o budowie jednorodnie i niejednorodnie cieplnie według PN-EN ISO 6946:2008 [14] przedstawiono w pracach [15, 16].

### Przykład obliczeniowy 1

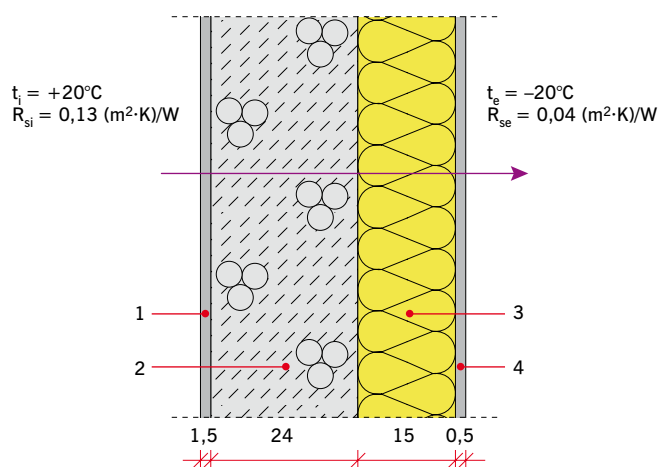
Obliczono wartość współczynnika przenikania ciepła  $U_c$  [ $W/(m^2 \cdot K)$ ] dwuwarstwowej ściany zewnętrznej (RYS. 10) budynku jednorodzinego zgodnie z procedurą normy PN-EN ISO 6946:2008 [14].

Do obliczeń przyjęto następujące założenia:

- » temperatura obliczeniowa zewnętrzna (Toruń – III strefa klimatyczna:  $t_e = -20^\circ C$ ),
- » temperatura obliczeniowa wewnętrzna (pomieszczenia przeznaczone do przebywania ludzi bez okryć zewnętrznych niewykonujących

Ip.	Warstwa	$d$ [m]	$\lambda$ [W/(m·K)]	$R$ [(m <sup>2</sup> ·K)/W]
1	Powierzchnia wewnętrzna	–	–	0,13
2	Tynk gipsowy	0,015	0,40	0,04
3	Bloczki wapienno-piaskowy	0,24	0,56	0,48
4	Płyty styropianowe grafitowe	0,15	0,031	4,84
5	Tynk cienkowarstwowy	0,005	0,76	0,01
6	Powierzchnia zewnętrzna	–	–	0,04
				<b><math>R_T = 5,54</math></b>

TABELA 2. Zestawienie danych materiałowych ściany zewnętrznej dwuwarstwowej



RYS. 10. Układ warstw materiałowych ściany zewnętrznej; rys.: autor

1 – tynk gipsowy gr. 1,5 cm, 2 – bloczki z betonu komórkowego gr. 24 cm, 3 – płyty styropianowe gr. 15 cm, 4 – tynk cienkowarstwowy gr. 0,5 cm

w sposób ciągły pracy fizycznej: pokoje mieszkalne, przedpokoje, kuchnie, korytarze:  $t_i = 20^\circ C$ ),

» opory przejmowania ciepła dla ściany; wartości oporów przejmowania ciepła zostały przyjęte według normy PN-EN ISO 6946:2008 [14] dla poziomego kierunku strumienia ciepła:

- opór przejmowania ciepła na zewnętrznej powierzchni przegrody:  $R_{se} = 0,04$  (m<sup>2</sup>·K)/W,
- opór przejmowania ciepła na wewnętrznej powierzchni przegrody:  $R_{si} = 0,13$  (m<sup>2</sup>·K)/W,

» wartości współczynnika przewodzenia ciepła  $\lambda$  [ $W/(m \cdot K)$ ] przyjęto na podstawie tablic w pracach [15, 16].

W TABELI 2 zestawiono dane materiałowe analizowanej przegrody.

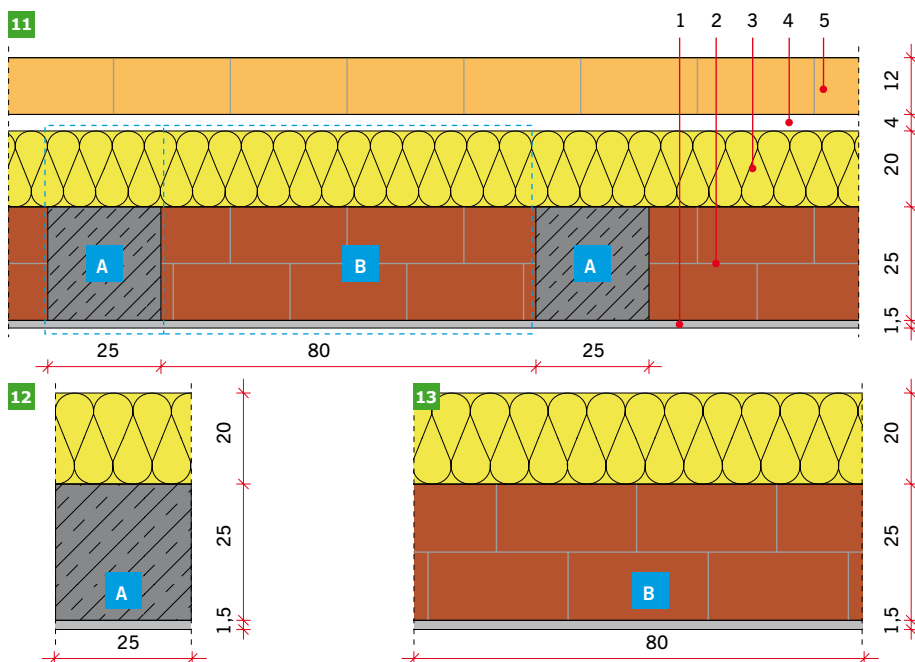
» Całkowity opór cieplny ściany zewnętrznej od środowiska do środowiska określono według wzoru:

$$R_T = R_{si} + \sum R_n + R_{se} \quad [(m^2 \cdot K)/W]$$

» Opór cieplny pojedynczej warstwy materiałowej ściany zewnętrznej (przegrody) obliczono według wzoru:

$$R_i = \frac{d}{\lambda} \quad [(m^2 \cdot K)/W]$$

» Wartość współczynnika przenikania ciepła  $U$  [ $W/(m^2 \cdot K)$ ] określono według wzoru:



$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{5,54} = 0,18 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

» Wartość skorygowanego współczynnika przenikania ciepła określono według równania:

$$U_c = U + \Delta U$$

$$\Delta U = \Delta U_g + \Delta U_f + \Delta U_r$$

Wartości poszczególnych poprawek  $\Delta U_g$ ,  $\Delta U_f$ ,  $\Delta U_r$  określono na podstawie następujących założeń:

- » ze względu na brak występowania pustek powietrznych (płyty styropianowe ułożone na zakładkę) poprawka na nieszczelności  $\Delta U_g = 0$ ,
- » w przypadku ścian zewnętrznych poprawki  $\Delta U_r$  nie uwzględnia się ( $\Delta U_r = 0$ ),
- » wpływ łączników mechanicznych pominięto ( $\Delta U_f = 0$ ) – łączniki mechaniczne o wartości  $\lambda_f = 0,75 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ .

Zatem człon korekcyjny  $\Delta U = 0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ , a wartość skorygowanego współczynnika przenikania ciepła ściany wynosi  $U_c = 0,18 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ . Analizowana ściana zewnętrzna spełnia

kryterium cieplne według rozporządzenia [1] obowiązującego od 1 stycznia 2021 r.:

$$U_c = 0,18 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) < U_{c(max)} = 0,20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

### Przykład obliczeniowy 2

Obliczono całkowity opór cieplny  $R_T$  [(m<sup>2</sup>·K)/W] oraz wartość współczynnika przenikania ciepła  $U_c$  [W/(m<sup>2</sup>·K)] ściany zewnętrznej budynku o układzie warstw materiałowych (ze szczeliną dobrze wentylowaną) przedstawionym na RYS. 11–13 (rzut poziomy ściany).

W analizowanej ścianie szczelinowej zaprojektowano dobrze wentylowaną warstwę powietrza gr. 4 cm – spełnia to kryterium według pkt. 5.3.4. normy PN-EN ISO 6946:2008 [14]; „całkowity opór cieplny komponentu budowlanego zawierającego dobrze wentylowaną warstwę powietrza należy obliczyć, pomijając opór cieplny warstwy powietrza i wszystkich innych warstw między warstwą powietrza a środowiskiem zewnętrznym oraz dodając zewnętrzny opór przejmowania ciepła, odpowiadający powietrzu nieruchomemu; alternatywnie może być zastosowana wartość  $R_{si}$  z Tabelcy 1 normy”.

### Kres górny całkowitego oporu cieplnego $R'_T$

W wyniku podziału przegrody płaszczyznami prostopadłymi do powierzchni przegrody wyodrębniono dwa zróżnicowane wycinki (sekcje): wycinek „A”, wycinek „B” o układach warstw materiałowych przedstawionych na RYS. 11–13 oraz w TABELI 3 i 4.

Pola względne wycinka „A” i „B” wyznaczono na podstawie:

- » pola wycinka „A”:  $P_a = 0,25 \text{ m} \cdot 0,465 \text{ m} = 0,12 \text{ m}^2$
- » pola wycinka „B”:  $P_b = 0,80 \text{ m} \cdot 0,465 \text{ m} = 0,37 \text{ m}^2$
- » sumy pól wycinka „A” i wycinka „B”:

$$P = P_a + P_b = 0,12 + 0,37 = 0,49 \text{ m}^2$$

Ip.	Warstwa	d [m]	$\lambda$ [W/(m·K)]	R [(m <sup>2</sup> ·K)/W]
1	Powierzchnia wewnętrzna	–	–	0,13
2	Tynk gipsowy	0,015	0,40	0,04
3	Żelbet	0,25	2,00	0,13
5	Wełna mineralna	0,20	0,04	5,00
6	Szczelina dobrze wentylowana	0,04	–	0,13
7	Cegła klinkierowa	0,12	1,05	
8	Powierzchnia zewnętrzna	–	–	
$R_T = R_{si} + \sum R_n + R_{se}$				<b>5,43</b>

TABELA 3. Zestawienie danych materiałowych ściany zewnętrznej – kres górny całkowitego oporu cieplnego  $R'_T$  wycinka „A”

Ip.	Warstwa	d [m]	$\lambda$ [W/(m·K)]	R [(m <sup>2</sup> ·K)/W]
1	Powierzchnia wewnętrzna	–	–	0,13
2	Tynk gipsowy	0,015	0,40	0,04
4	Cegła kratówka	0,25	0,56	0,45
5	Wełna mineralna	0,20	0,04	5,00
6	Szczelina dobrze wentylowana	0,04	–	0,13
7	Cegła klinkierowa	0,12	1,05	
8	Powierzchnia zewnętrzna	–	–	
$R_T = R_{si} + \sum R_n + R_{se}$				<b>5,75</b>

TABELA 4. Zestawienie danych materiałowych ściany zewnętrznej – kres górny całkowitego oporu cieplnego  $R'_T$  wycinka „A”



» Pola względne zatem wynoszą:

$$f_a = P_d/P = 0,12/0,49 = 0,24$$

$$f_b = P_b/P = 0,37/0,49 = 0,76$$

$$f_a + f_b = 1$$

Kres górny całkowitego oporu cieplnego  $R'_T$  określono według wzoru:

$$\frac{1}{R'_T} = \frac{f_a}{R_{Ta}} + \frac{f_b}{R_{Tb}} = \frac{0,24}{5,43} + \frac{0,76}{5,75} = 0,18, R'_T = 5,68 \text{ (m}^2\cdot\text{K)/W}$$

### Kres dolny całkowitego oporu cieplnego $R''_T$

W wyniku podziału przegrody płaszczyznami równoległymi do powierzchni przegrody wyodrębniono warstwę niejednorodną cieplnie (dwa materiały: cegła kratówka –  $\lambda_{c.k.} = 0,56 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ , żelbet –  $\lambda_z = 2,00 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ ), dla której należy określić równoważną (uśrednioną) przewodność cieplną  $\lambda''$  według wzoru:

$$\lambda'' = f_{c.k.} \cdot \lambda_{c.k.} + f_z \cdot \lambda_z$$

gdzie:

$f_{c.k.}$  – pole względne cegły kratówki [-],

$\lambda_{c.k.}$  – współczynnik przewodzenia ciepła cegły kratówki [W/(m·K)],

$f_z$  – pole względne żelbetu [-],

$\lambda_z$  – współczynnik przewodzenia ciepła żelbetu [W/(m·K)].

Pola względne wycinka cegły kratówki i żelbetu wyznaczono na podstawie:

» pola cegły kratówki:  $P_{c.k.} = 0,80 \text{ m} \cdot 0,25 \text{ m} = 0,20 \text{ m}^2$

» pola żelbetu:  $P_z = 0,25 \text{ m} \cdot 0,25 \text{ m} = 0,06 \text{ m}^2$

» sumy pól betonu komórkowego i żelbetu:

$$P = P_{b.k.} + P_z = 0,20 + 0,06 = 0,26 \text{ m}^2$$

Pola względne wycinków wynoszą zatem:

$$f_{c.k.} = P_{c.k.}/P = 0,20/0,26 = 0,77$$

$$f_z = P_z/P = 0,06/0,26 = 0,23$$

$$f_{c.k.} + f_z = 1$$

Równoważona (uśredniona) przewodność cieplna warstwy niejednorodnej cieplnie:

$$\lambda'' = f_{c.k.} \cdot \lambda_{c.k.} + f_z \cdot \lambda_z = 0,77 \cdot 0,56 + 0,23 \cdot 2,00 = 0,89 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$$

Kres dolny całkowitego oporu cieplnego  $R''_T$  określono według wzoru:

$$R''_T = R_{si} + R_{t.g.} + R_{z/c.k.} + R_{w.m.} + R_{se}$$

gdzie:

$R_{si}$  – opór przejmowania ciepła na powierzchni wewnętrznej [(m<sup>2</sup>·K)/W],

$R_{t.g.}$  – opór cieplny warstwy z tynku gipsowego [(m<sup>2</sup>·K)/W],

$R_{z/c.k.}$  – opór cieplny warstwy z żelbetu/cegły kratówki [(m<sup>2</sup>·K)/W],

$R_{w.m.}$  – opór cieplny warstwy z wełny mineralnej [(m<sup>2</sup>·K)/W],

$R_{se}$  – opór przejmowania ciepła na powierzchni zewnętrznej [(m<sup>2</sup>·K)/W].

W TABELI 5 zestawiono wyniki obliczeń.

### Parametry $R_T$ i $U$

Całkowity opór cieplny ściany zewnętrznej  $R_T$  (komponentu składającego się z warstw cieplnie jednorodnych i niejednorodnych)

Ip.	Warstwa	d [m]	$\lambda$ [W/(m·K)]	R [(m <sup>2</sup> ·K)/W]
1	Powierzchnia wewnętrzna	-	-	0,13
2	Tynk gipsowy	0,015	0,40	0,04
3/4	Żelbet/cegła kratówka	0,25	$\lambda'' = 0,89$	0,28
5	Wełna mineralna	0,20	0,04	5,00
6	Szczelina dobrze wentylowana	0,04	-	-
7	Cegła klinkierowa	0,12	1,05	0,13
8	Powierzchnia zewnętrzna	-	-	-
$R''_T = R_{si} + R_2 + R_{3/4} + R_5 + R_{se}$				<b>5,58</b>

TABELA 5. Zestawienie danych materiałowych ściany zewnętrznej – kres dolny całkowitego oporu cieplnego  $R''_T$

oblicza się jako średnią arytmetyczną górnego i dolnego kresu oporu cieplnego, zgodnie ze wzorem:

$$R_T = \frac{R'_T + R''_T}{2} = \frac{5,68 + 5,58}{2} = 5,63 \text{ (m}^2\cdot\text{K)/W}$$

Wartość współczynnika przenikania ciepła ściany zewnętrznej  $U$  wynosi:

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{5,63} = 0,18 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$$

Wartość skorygowanego współczynnika przenikania ciepła określono według wzoru:

$$U_c = U + \Delta U$$

$$\Delta U = \Delta U_g + \Delta U_f + \Delta U_r$$

Wartości poszczególnych poprawek  $\Delta U_g$ ,  $\Delta U_f$ ,  $\Delta U_r$  określono na podstawie następujących założeń:

» ze względu na brak występowania pustek powietrznych poprawka na nieszczelności  $\Delta U_g = 0$ ,

» w przypadku ścian zewnętrznych poprawki  $\Delta U_r$  nie uwzględnia się ( $\Delta U_r = 0$ ),

» ze względu na łączniki mechaniczne ze stali nierdzewnej (o średnicy 5 mm i układzie 5 szt./m<sup>2</sup>) obliczono wartość poprawki  $\Delta U_f$  według wzoru:

$$\Delta U_f = \alpha \cdot \frac{\lambda_f \cdot A_f \cdot n_f}{d_o} \cdot \left( \frac{R_1}{R_{T,h}} \right)^2$$

gdzie:

$\alpha = 0,8$  – łącznik całkowicie przebija warstwę izolacji,

$\lambda_f = 17 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$  – kotwy ze stali nierdzewnej o średnicy 5 mm,

$A_f$  – pole przekroju jednego łącznika,  $A_f = \pi \cdot r^2 = \pi \cdot (0,0025)^2 = 1,963 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2$ ,

$n_f$  – liczba łączników na metr kwadratowy,  $n_f = 5 \text{ szt./m}^2$ ,

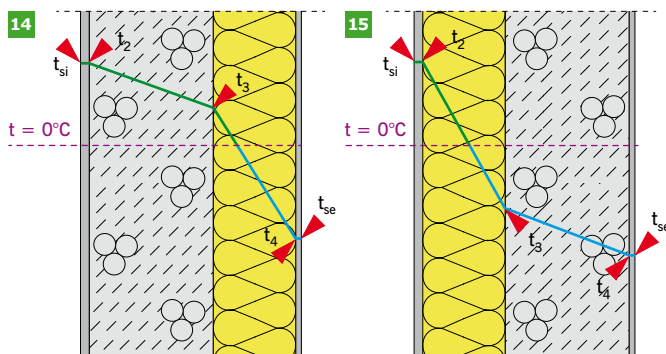
$d_o = 0,20 \text{ m}$  – grubość warstwy izolacji zawierającej łącznik,

$R_1 = 5,00 \text{ (m}^2\cdot\text{K)/W}$  – opór cieplny izolacji przebijanej przez łącznik,

$R_{T,h} = 5,75 \text{ (m}^2\cdot\text{K)/W}$  – całkowity opór cieplny komponentu.

Po podstawieniu do wzoru uzyskano wartość poprawki  $\Delta U_f = 0,01 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ .

Zatem czynnik korekcyjny  $\Delta U = 0,01 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ , a wartość skorygowanego współczynnika przenikania ciepła ściany wynosi  $U_c = 0,19 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ . Analizowana ściana zewnętrzna spełnia



RYS. 14–15 Rozkład temperatur w ścianie dwuwarstwowej: ocieplonej od strony zewnętrznej (14), ocieplonej od strony wewnętrznej (15); rys.: autor

Ip.	Warstwa	d [m]	$\lambda$ [W/(m·K)]	R [(m <sup>2</sup> ·K)/W]
1	Powierzchnia wewnętrzna	-	-	0,25
2	Tynk gipsowy	0,015	0,40	0,04
3	Błoczki betonu komórkowego	0,24	0,21	1,14
4	Płyty styropianowe	0,15	0,04	3,75
5	Tynk cienkowarstwowy	0,005	0,76	0,01
6	Powierzchnia zewnętrzna	-	-	0,04
				$R_T = 5,23$ $U = 1/R_T = 0,191$

TABELA 6. Zestawienie danych materiałowych ściany zewnętrznej dwuwarstwowej (ocieplenie od zewnątrz)

Ip.	Warstwa	d [m]	$\lambda$ [W/(m·K)]	R [(m <sup>2</sup> ·K)/W]
1	Powierzchnia wewnętrzna	-	-	0,25
2	Tynk gipsowy	0,015	0,40	0,04
3	Płyty styropianowe	0,15	0,04	3,75
4	Błoczki betonu komórkowego	0,24	0,21	1,14
5	Tynk cienkowarstwowy	0,005	0,76	0,01
6	Powierzchnia zewnętrzna	-	-	0,04
				$R_T = 5,23$ $U = 1/R_T = 0,191$

TABELA 7. Zestawienie danych materiałowych ściany zewnętrznej dwuwarstwowej (ocieplenie od wewnątrz)

kryterium cieplne według rozporządzenia [1] obowiązującego od 1 stycznia 2021 r.

$$U_c = 0,19 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) < U_{c(\max)} = 0,20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

### Przykład obliczeniowy 3

Obliczono rozkład temperatury w dwuwarstwowej ścianie zewnętrznej z ociepleniem usytuowanym od zewnątrz i wewnątrz (RYS. 14–15, TABELA 6 i 7).

Charakterystyczne temperatury	t [°C]
Temperatura powietrza wewnętrznego: $t_i = 20^\circ\text{C}$	20,00
Temperatura na wewnętrznej powierzchni przegrody: $t_{si} = t_i - U \cdot \Delta t \cdot R_{si} = 20 - 0,191 \cdot 40 \cdot 0,25 =$	18,088
Temperatura na styku tynk gipsowy – bloczek z betonu komórkowego: $t_2 = t_{si} - U \cdot \Delta t \cdot R_2 = 18,092 - 0,191 \cdot 40 \cdot 0,04 =$	17,782
Temperatura na styku bloczek z betonu komórkowego – styropian: $t_3 = t_2 - U \cdot \Delta t \cdot R_3 = 17,786 - 0,191 \cdot 40 \cdot 1,14 =$	9,063
Temperatura na styku styropian – tynk cienkowarstwowy: $t_4 = t_3 - U \cdot \Delta t \cdot R_4 = 9,084 - 0,191 \cdot 40 \cdot 3,75 =$	-19,618
Temperatura na zewnętrznej powierzchni przegrody: $t_{se} = t_4 - U \cdot \Delta t \cdot R_5 = -19,542 - 0,191 \cdot 40 \cdot 0,01 =$	-19,694
Temperatura powietrza zewnętrznego: $t_e = t_{se} - U \cdot \Delta t \cdot R_{se} = -19,695 - 0,191 \cdot 40 \cdot 0,04 =$	-20,000

TABELA 8. Zestawienie temperatur na stykach warstw materiałowych (ściana ocieplona od zewnątrz)

Charakterystyczne temperatury	t [°C]
Temperatura powietrza wewnętrznego: $t_i = 20^\circ\text{C}$	20,00
Temperatura na wewnętrznej powierzchni przegrody: $t_{si} = t_i - U \cdot \Delta t \cdot R_{si} = 20 - 0,191 \cdot 40 \cdot 0,25 =$	18,088
Temperatura na styku tynk gipsowy – płyty styropianowe: $t_2 = t_{si} - U \cdot \Delta t \cdot R_2 = 18,092 - 0,191 \cdot 40 \cdot 0,04 =$	17,782
Temperatura na styku płyty styropianowe – bloczki z betonu komórkowego: $t_3 = t_2 - U \cdot \Delta t \cdot R_3 = 17,786 - 0,191 \cdot 40 \cdot 3,75 =$	-10,899
Temperatura na styku bloczki z betonu komórkowego – tynk cienkowarstwowy: $t_4 = t_3 - U \cdot \Delta t \cdot R_4 = 9,084 - 0,191 \cdot 40 \cdot 1,14 =$	-19,542
Temperatura na zewnętrznej powierzchni przegrody: $t_{se} = t_4 - U \cdot \Delta t \cdot R_5 = -19,542 - 0,191 \cdot 40 \cdot 0,01 =$	-19,694
Temperatura powietrza zewnętrznego: $t_e = t_{se} - U \cdot \Delta t \cdot R_{se} = -19,695 - 0,191 \cdot 40 \cdot 0,04 =$	-20,000

TABELA 9. Zestawienie temperatur na stykach warstw materiałowych (ściana ocieplona od wewnątrz)

Do określenia rozkładu temperatury w ścianie zewnętrznej przyjęto następujące założenia:

- » temperatura obliczeniowa zewnętrzna (Toruń – III strefa klimatyczna:  $t_e = -20^\circ\text{C}$ ),
- » temperatura obliczeniowa wewnętrzna (pomieszczenia przeznaczone do przebywania ludzi bez okryć zewnętrznych niewykonujących w sposób ciągły pracy fizycznej: pokoje mieszkalne, przedpokoje, kuchnie, korytarze:  $t_i = 20^\circ\text{C}$ ),
- » opory przyjmowania ciepła dla ściany:
  - opór przyjmowania ciepła na zewnętrznej powierzchni przegrody:  $R_{se} = 0,04 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$ ,
  - opór przyjmowania ciepła na wewnętrznej powierzchni przegrody:  $R_{si} = 0,25 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$ .

W TABELI 8 i 9 zestawiono wyniki obliczeń.



	Warstwy materiałowe	d [m]	$\lambda$ [W/(m·K)]	x [m]	Wartości współczynnika przenikania ciepła $U_c$ [W/(m <sup>2</sup> ·K)] w zależności od współczynnika przewodzenia ciepła materiałów izolacji cieplnej $\lambda$ [W/(m·K)]							
					I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
					0,040	0,038	0,036	0,035	0,031	0,021	0,015	0,007
I	Tynk gipsowy	0,01	0,40	0,10	0,26	0,25	0,24	0,24	0,22	<b>0,17</b>	<b>0,13</b>	<b>0,07</b>
	Błoczek z betonu komórkowego	0,24	0,21	0,12	0,23	0,23	0,22	0,21	<b>0,20</b>	<b>0,15</b>	<b>0,12</b>	<b>0,06</b>
	Izolacja cieplna	x	y <sup>1)</sup>	0,15	<b>0,20</b>	<b>0,19</b>	<b>0,19</b>	<b>0,18</b>	<b>0,17</b>	<b>0,13</b>	<b>0,10</b>	–
	Błoczek wapienno-piaskowy	0,12	0,80	0,20	<b>0,16</b>	<b>0,16</b>	<b>0,15</b>	<b>0,15</b>	<b>0,14</b>	<b>0,10</b>	<b>0,08</b>	–
II	Tynk gipsowy	0,01	0,40	0,10	0,32	0,30	0,29	0,29	0,26	<b>0,19</b>	<b>0,14</b>	<b>0,08</b>
	Błoczek wapienno-piaskowy	0,24	0,56	0,12	0,28	0,26	0,25	0,25	0,23	<b>0,16</b>	<b>0,12</b>	<b>0,07</b>
	Izolacja cieplna	x	y <sup>1)</sup>	0,15	0,23	0,22	0,21	0,21	<b>0,19</b>	<b>0,14</b>	<b>0,10</b>	–
	Błoczek wapienno-piaskowy	0,12	0,80	0,20	<b>0,18</b>	<b>0,18</b>	<b>0,17</b>	<b>0,16</b>	<b>0,15</b>	<b>0,10</b>	<b>0,08</b>	–
III	Tynk gipsowy	0,01	0,40	0,10	0,33	0,32	0,30	0,30	0,27	<b>0,20</b>	<b>0,15</b>	<b>0,08</b>
	Cegła pełna	0,25	0,77	0,12	0,29	0,27	0,26	0,26	0,23	<b>0,17</b>	<b>0,13</b>	<b>0,07</b>
	Izolacja cieplna	x	y <sup>1)</sup>	0,15	0,24	0,23	0,22	0,21	<b>0,19</b>	<b>0,14</b>	<b>0,10</b>	–
	Cegła klinkierowa	0,12	1,05	0,20	<b>0,19</b>	<b>0,18</b>	<b>0,17</b>	<b>0,17</b>	<b>0,15</b>	<b>0,11</b>	<b>0,08</b>	–

TABELA 10. Wyniki obliczeń wartości współczynnika przenikania ciepła  $U_c$  według PN-EN ISO 6946:2008 [14] w odniesieniu do ściany zewnętrznej trójwarstwowej

Objaśnienia:

y<sup>1)</sup> warianty izolacji cieplnej: I – płyty styropianowe  $\lambda = 0,040$  W/(m·K), II – płyty z wełny mineralnej  $\lambda = 0,038$  W/(m·K), III – płyty celulozowe  $\lambda = 0,036$  W/(m·K), IV – płyty ekstrudowane  $\lambda = 0,035$  W/(m·K), V – płyty ze styropianu grafitowego  $\lambda = 0,031$  W/(m·K), VI – płyty rezolowe  $\lambda = 0,021$  W/(m·K), VII – płyty aerożelowe  $\lambda = 0,015$  W/(m·K), VIII – płyty z paneli próżniowych VIP  $\lambda = 0,007$  W/(m·K) (dla paneli próżniowych VIP wykonano obliczenia tylko dla grubości 10 i 12 cm wg wytycznych producentów). Do obliczeń  $U_c$  przyjęto  $\Delta U = 0,01$

Kolorem zielonym zaznaczono w tablicy wartości współczynnika przenikania ciepła  $U_c$  ścian zewnętrznych spełniających wymaganie:  $U_c \leq U_{c(max)} = 0,20$  W/(m<sup>2</sup>·K)

- Należy podkreślić, że ocieplenie ściany zewnętrznej od wewnątrz powoduje, że jej warstwa konstrukcyjna (beton komórkowy) znajduje się w strefie przemarzania ( $t < 0^\circ\text{C}$ ). Takie zjawisko może spowodować zmianę parametrów technicznych i fizycznych (cieplno-wilgotnościowych) analizowanej przegrody.

#### Przykład obliczeniowy 4

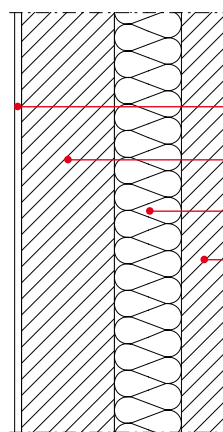
Obliczono współczynnik przenikania ciepła  $U_c$  [W/(m<sup>2</sup>·K)] warstwowych ścian zewnętrznych trójwarstwowych (RYS. 16), w zróżnicowanym układzie warstw materiałowych zgodnie z procedurą normy PN-EN ISO 6946:2008 [14].

Do obliczenia współczynnika przenikania ciepła  $U_c$  [W/(m<sup>2</sup>·K)] przyjęto następujące założenia:

- temperatura obliczeniowa zewnętrzna (Toruń – III strefa klimatyczna:  $t_e = -20^\circ\text{C}$ ),
- temperatura obliczeniowa wewnętrzna (pomieszczenia przeznaczone do przebywania ludzi bez okryć zewnętrznych niewykonujących w sposób ciągły pracy: pokoje mieszkalne, przedpokoje, kuchnie, korytarze:  $t_i = 20^\circ\text{C}$ ),
- opory przejmowania ciepła dla ściany; wartości oporów przejmowania ciepła zostały przyjęte według PN-EN ISO 6946:2008 [14] dla poziomego kierunku strumienia ciepła:
  - opór przejmowania ciepła na zewnętrznej powierzchni przegrody:  $R_{se} = 0,04$  (m<sup>2</sup>·K)/W,
  - opór przejmowania ciepła na wewnętrznej powierzchni przegrody:  $R_{si} = 0,13$  (m<sup>2</sup>·K)/W,

wartości współczynnika przewodzenia ciepła  $\lambda$  [W/(m·K)] przyjęto na podstawie tablic załącznik do pracy [15, 16].

Wyniki obliczeń zestawiono w TABELI 10.



#### Warstwa konstrukcyjna:

- błoczek z betonu komórkowego 24 cm,
- cegła pełna 25 cm,
- błoczek wapienno-piaskowy (silikatowy) 24 cm,

#### Warstwa izolacji cieplnej:

- styropian,
- styropian grafitowy,
- wełna mineralna,
- płyty z poliizocyanuratu (PIR),
- płyty rezolowe,
- płyty ekstrudowane XPS,
- płyty celulozowe,
- płyty z aerożelu,
- płyty VIP (izolacje próżniowe),

#### Warstwa elewacyjna:

- cegła klinkierowa 12 cm,
- błoczek wapienno-piaskowy 12 cm

RYS. 16. Przykładowe rozwiązanie materiałowe ścian zewnętrznych trójwarstwowych; rys.: autor

1 – tynk wewnętrzny, 2 – warstwa konstrukcyjna, 3 – izolacja cieplna, 4 – warstwa elewacyjna

Istotny wpływ na wartość współczynnika przenikania ciepła przegrody budowlanej  $U_c$  [W/(m<sup>2</sup>·K)] ma wartość współczynnika przewodzenia ciepła  $\lambda$  [W/(m·K)] materiału izolacyjnego. W odniesieniu do jednego rodzaju izolacji może się ona wahać w znacznym przedziale w zależności od produktu, co wynika z szybkiego rozwoju rynku materiałów termoizolacyjnych oraz coraz bardziej zaawansowanych technologii produkcyjnych. W obliczeniach różnicowano grubość warstwy izolacji cieplnej i wartość współczynnika przewodzenia ciepła materiału izolacyjnego  $\lambda$  [W/(m·K)]. Dodatkowo zamieszczono poziomy wymagań co do izolacyjności

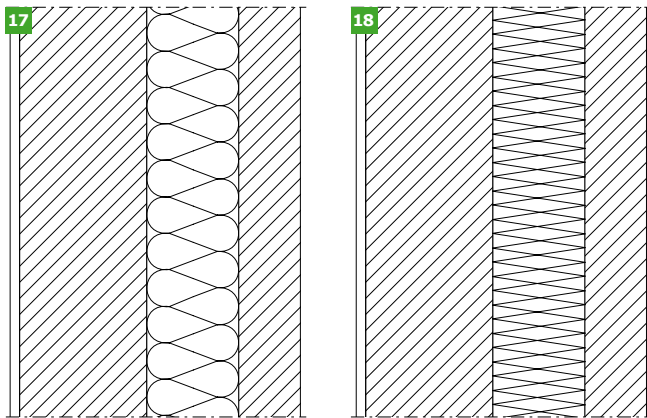


Warstwa materiałowa	d [m]	λ [W/(m·K)]	R [m²·K/W]	μ [-]	Warianty materiału termoizolacyjnego	
					Włna mineralna	Płyty styropianowe
					S <sub>d</sub> [m]	S <sub>d</sub> [m]
Powietrze zewnętrzne	-	-	0,04	-	-	
Licowa cegła klinkierowa	0,12	1,05	0,11	100	12,00	12,00
Włna mineralna	0,15	0,04	3,75	1	0,15	-
Styropian	0,15	0,04	3,75	60	-	9,00
Cegła pełna	0,25	0,77	0,32	10	2,50	2,50
Tynk gipsowy	0,01	0,40	0,03	10	0,10	0,10
Powietrze wewnętrzne	-	-	0,25	-	-	
$R_T = R_{si} + \sum R_i + R_{se} = 4,50$					$\sum S_d = 14,75 \text{ m}$ $\sum S_d = 23,60 \text{ m}$	

TABELA 11. Parametry geometryczno-materiałowe warstw ściany zewnętrznej trójwarstwowej

Objaśnienia:

d – grubość warstwy materiałowej, λ – współczynnik przewodzenia ciepła warstwy materiałowej, R = d/λ – opór cieplny warstwy materiałowej przegrody, μ – współczynnik oporu dyfuzyjnego, s<sub>d</sub> = μ · d – dyfuzyjnie równoważna warstwa powietrza



RYS. 17–18 Ściana zewnętrzna trójwarstwowa z licówką klinkierową i ociepleniem: wełną mineralną (17) i styropianem (18); rys.: autor

cieplnej U<sub>c(max)</sub> [W/(m²·K)] według rozporządzenia [1], obowiązujące od 1 stycznia 2021 r.

#### Przykład obliczeniowy 5

Sprawdzono ryzyko występowania kondensacji międzywarstwowej w ścianie zewnętrznej trójwarstwowej rozpatrywanej w dwóch wariantach.

Do obliczeń i analizy w zakresie sprawdzenia występowania kondensacji międzywarstwowej wybrano ścianę zewnętrzną trójwarstwową, otynkowaną od wewnątrz, z zewnętrzną warstwą licowej cegły klinkierowej oraz płytą termoizolacyjną w środku, wykonaną alternatywnie z wełny mineralnej lub styropianu. Na RYS. 17–18 i w TABELI 11 przedstawiono dane geometryczne i materiałowe przegrody. Przeprowadzono podstawowe obliczenia (TABELA 12 i 13) i analizy w zakresie **stanu wilgotnościowego ściany** dla dwóch różnych materiałów termoizolacyjnych: wełny mineralnej i styropianu, »

Warstwy	d [m]	λ [W/(m·K)]	R [(m²·K)/W]	μ [-]	S <sub>d</sub> [m]	t [°C]	p <sub>sat</sub> [Pa]	p [Pa]
Powietrze zewnętrzne	-	-	0,04	-	-	-0,70	577	505
Licowa cegła klinkierowa	0,12	1,05	0,11	100	12,00	-0,52	587	505
Włna mineralna	0,15	0,04	3,75	1	0,15	-0,10	p <sub>c</sub> = 605	1230
Cegła pełna	0,25	0,77	0,32	10	2,50	17,24	1954	1239
Tynk gipsowy	0,01	0,40	0,03	10	0,10	18,71	2158	1390
Powietrze wewnętrzne	-	-	0,25	-	-	18,85	2179	1396
$R_T = R_{si} + \sum R_i + R_{se} = 4,50$						$\sum S_d = 14,75$		$t_{si} = t_i - U \cdot \Delta t \cdot R_{si}$

TABELA 12. Wyniki obliczeń w zakresie występowania kondensacji międzywarstwowej – ściana zewnętrzna trójwarstwowa z wełną mineralną (wariant I)

Do obliczeń przyjęto: t<sub>i</sub> = 20°C (pokój dzienny), t<sub>e</sub> = -0,7°C (średnia miesięczna temperatura dla stycznia – lokalizacja budynku Bydgoszcz,

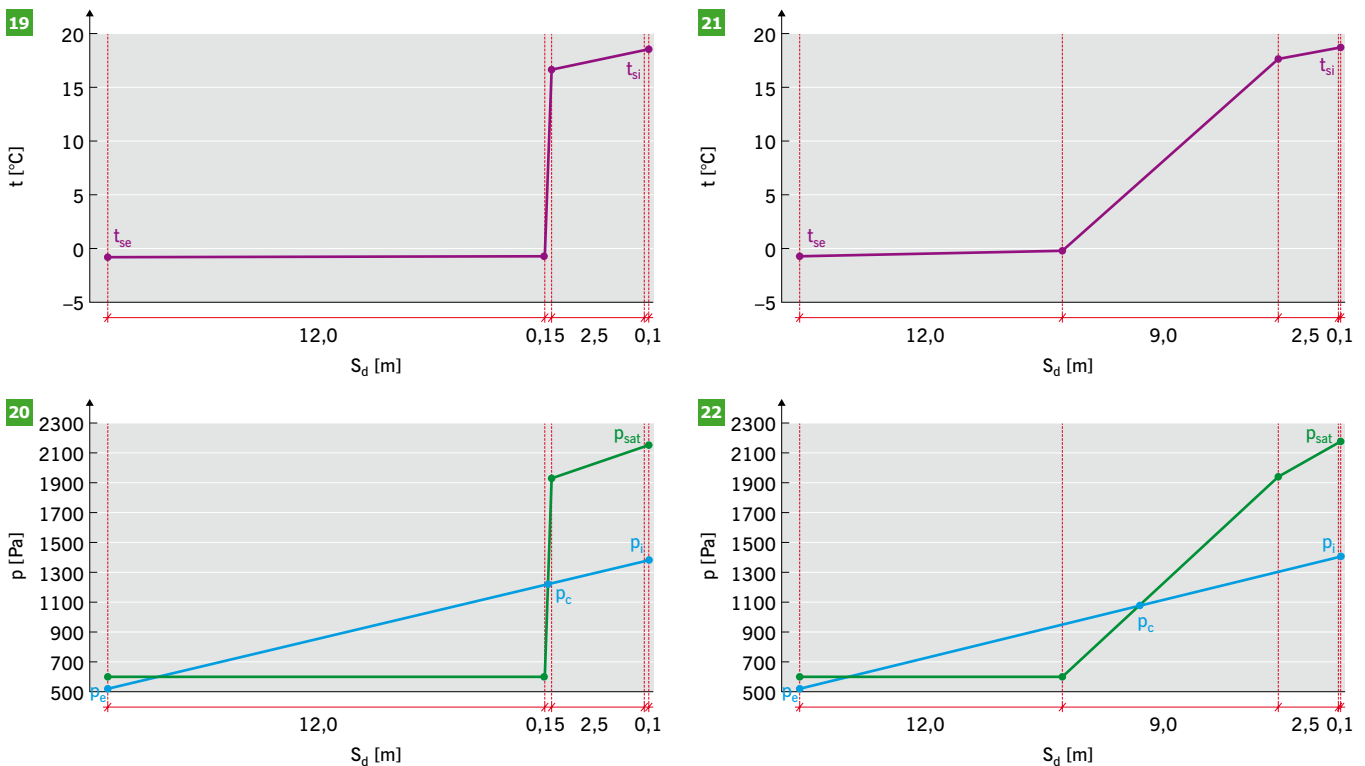
Wartości ciśnienie rzeczywistego po stronie zewnętrznej: p<sub>e</sub> = p<sub>sat,e</sub> · φ<sub>e</sub> = 577 · 0,876 = 505 Pa, po stronie wewnętrznej: p<sub>i</sub> = p<sub>e</sub> + 1,1 · Δp = 505 + 1,1 · 810 = 1396 Pa



Warstwy	$d$ [m]	$\lambda$ [W/(m·K)]	$R$ [(m <sup>2</sup> ·K)/W]	$\mu$ [-]	$S_d$ [m]	$t$ [°C]	$p_{sat}$ [Pa]	$p$ [Pa]
Powietrze zewnętrzne			0,04			-0,70	577	505
Licowa cegła klinkierowa	0,12	1,05	0,11	100	12,00	-0,52	587	505
Płyty styropianowe	0,15	0,04	3,75	60	9,00	-0,10	$p_c = 605$	958
Cegła pełna	0,25	0,77	0,32	10	2,50	17,24	1954	1298
Tynk gipsowy	0,01	0,40	0,03	10	0,10	18,71	2158	1392
Powietrze wewnętrzne			0,25			18,85	2179	1396
$R_T = R_{si} + \sum R_i + R_{se} = 4,50$						$t_{si} = t_i - U \cdot \Delta t \cdot R_{si}$		
$\sum S_d = 23,60$								

TABELA 13. Wyniki obliczeń w zakresie występowania kondensacji międzywarstwowej – ściana zewnętrzna trójwarstwowa z płytami styropianowymi (wariant II)

Do obliczeń przyjęto:  $t_i = 20^\circ\text{C}$  (pokój dzienny),  $t_e = -0,7^\circ\text{C}$  (średnia miesięczna temperatura dla stycznia – lokalizacja budynku Bydgoszcz, Wartości ciśnienie rzeczywistego po stronie zewnętrznej:  $p_e = p_{sat,e} \cdot \varphi_e = 577 \cdot 0,876 = 505$  Pa, po stronie wewnętrznej:  $p_i = p_e + 1,1 \cdot \Delta p = 505 + 1,1 \cdot 810 = 1396$  Pa



RYS. 19–22 Analiza wilgotnościowa ściany trójwarstwowej ocieplonej alternatywnie: wełną mineralną (19–20), styropianem (21–22); rys.: autor

» użytych alternatywnie, przyjmując budynek w Bydgoszczy (dane meteorologiczne) z wentylacją grawitacyjną w 3/4 klasie wilgotności pomieszczeń (dla  $\theta_e < 0^\circ\text{C} \rightarrow \Delta p = 810$  Pa).

Na RYS. 19–22 przedstawiono w skali oporów dyfuzyjnych (oś pozioma) wykresy temperatury  $t$  [°C], ciśnienia pary wodnej nasyconej  $p_{sat}$  [Pa] oraz rzeczywistego ciśnienia cząstkowego pary wodnej  $p$  [Pa] dla dwóch przypadków termoizolacji ściany.

Wykresy  $p$  [Pa] i  $p_{sat}$  [Pa] przecinają się, przegroda w obu przypadkach jest zagrożona kondensacją wewnętrzną wilgoci. Występuje jedna wewnętrzna płaszczyzna kondensacji wilgoci  $c$  w styku

termoizolacji z licówką (płaszczyzna międzywarstwowa 1), ciśnienie  $p_c$  [Pa]. Obliczenie ilości kondensującej wilgoci w płaszczyźnie  $c$ :

» izolacja z wełny mineralnej:

$$g_c = \delta_o \left( \frac{p_i - p_c}{s'_{d,T} - s'_{d,c}} - \frac{p_c - p_e}{s'_{d,c}} \right) =$$

$$= 2 \cdot 10^{-10} \left( \frac{1396 - 605}{14,75 - 12} - \frac{605 - 505}{12} \right) = 559 \cdot 10^{-10} \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s}),$$

w okresie miesiąca  $g(\text{m}) = 30 \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 559 \cdot 10^{-10} = 0,145 \text{ kg}/\text{m}^2$

» izolacja ze styropianu:

$$g_c = \delta_o \left( \frac{p_i - p_c}{s'_{d,T} - s'_{d,c}} - \frac{p_c - p_e}{s'_{d,c}} \right) =$$
$$= 2 \cdot 10^{-10} \left( \frac{1396 - 605}{23,60 - 12} - \frac{605 - 505}{12} \right) = 120 \cdot 10^{-10} \text{ kg/(m}^2 \cdot \text{s)},$$

w okresie miesiąca  $g(m) = 30 \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 120 \cdot 10^{-10} = 0,031 \text{ kg/m}^2$

Rezultaty obliczeń wskazują na fakt gromadzenia się wewnątrz przegrody (dla obu rodzajów termoizolacji) wilgoci kondensacyjnej. Nie można jednak odpowiedzieć na pytanie, czy bilans roczny wilgoci wykaże możliwość wysuszenia przegrody w okresie letnim, co jest koniecznym warunkiem jej akceptacji technicznej. Należy przeprowadzić dalsze analizy i obliczenia w tym zakresie.

## PODSUMOWANIE I WNIOSKI

W artykule przedstawiono zasady projektowania ścian zewnętrznych i ich złączy spełniających prawne wymagania ciepłno-wilgotnościowe obowiązujące od 1 stycznia 2021 roku z uwzględnieniem wytycznych budownictwa niskoenergetycznego. Osiągnięcie wartości współczynnika przenikania ciepła  $U_c$  [W/(m<sup>2</sup>·K)] poniżej wartości granicznej polega na określeniu odpowiedniej grubości materiału termoizolacyjnego oraz poprawnym jego usytuowaniu. Należy jednak zwrócić uwagę także na odpowiednie kształtowanie układów materiałowych złączy budowlanych (połączenie dwóch lub trzech przegród w węźle), określanych także w literaturze jako mostki cieplne (mostki termiczne). Dobór materiałów, szczególnie termoizolacyjnych, powinien uwzględniać innowacyjne rozwiązania pozwalające na optymalizację (minimalizację) ich grubości.

REKLAMA

## LITERATURA

1. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Budownictwa z dnia 14 listopada 2017 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (DzU z 2017 r. poz. 2285).
2. PN-B-12066:1998, „Wyroby budowlane silikatowe. Cegły, bloki, elementy”.
3. M. Wesołowska, K. Pawłowski, „Aspekty związane z dostosowaniem obiektów istniejących do standardów budownictwa energooszczędnego”, Agencja Reklamowa TOP, Włocławek 2016. Praca wydana w ramach projektu finansowanego ze środków funduszy norweskich i środków krajowych.
4. K. Pawłowski, „Innowacyjne rozwiązania materiałów termoizolacyjnych w aspekcie modernizacji budynków w Polsce”, „IZOLACJE” 3/2018, s. 48–64.
5. D. Christoffers, U. Tron, „Transparente wärmedämmungen mit integrierter prismenscheibe zur saisonalen verschattung – Ausführungsbeispiele Vakuumdämmung“, BINE Informationsdienst, projektinfo 4/01.
6. M. Gaczek, S. Fiszer, „Tynki” [w:] „XVIII Ogólnopolska Konferencja Warsztaty Pracy Projektanta Konstrukcji”, Ustroń 2003.
7. K. Schabowicz, „Elewacje wentylowane. Technologia produkcji i metody badania płyt włóknisto-cementowych”, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2018.
8. K. Pawłowski, „Fasada wentylowana jako nowoczesna elewacja budynków niskoenergetycznych”, „IZOLACJE” 2/2017, s. 62–65.



# RAWLPLUG®

## Ekspert w zamocowaniach termoizolacji fasadowych

### Najwyższa jakość termoizolacji.

R-TFIX-8SX R-TFIX-8S R-TFIX-8M

Profesjonalne zamocowania termoizolacji fasadowych Rawlplug gwarantują najwyższe parametry izolacyjne, bezpieczeństwo i mechaniczną stabilizację całego układu ociepleniowego we wszystkich kategoriach podłoży, zapewniając elewację bez punktowych przebarwień.

**BUDOWLANA  
FIRMA  
ROKU 2019**

rawlplug.com

- » 9. K. Pawłowski, „Elewacje wentylowane w budynkach energooszczędnych”, „Przewodnik projektanta” 3/2019, s. 38–41.
- 10. F. Lewandowski, „Analiza numeryczna parametrów cieplnych przegród zewnętrznych i ich złączy budynku z bali drewnianych”, praca magisterska napisana pod kierunkiem dr. inż. Krzysztofa Pawłowskiego, UTP w Bydgoszczy, Bydgoszcz 2013.
- 11. W. Nitka, „Mój dom z drewna”, Centrum Informacyjne Lasów Państwowych, Warszawa 2010.
- 12. P. Markiewicz, „Budownictwo ogólne dla architektów”, Wydawnictwo ARCHI-PLUS, Kraków 2011.
- 13. P. Tokarz, „Płyty warstwowe w systemach lekkiej obudowy budynków”, „IZOLACJE” 2/2012, s. 24–26.
- 14. PN-EN ISO 6946:2008, „Komponenty budowlane i elementy budynku. Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła. Metoda obliczania”.
- 15. K. Pawłowski, „Projektowanie ścian w budownictwie energooszczędnym. Obliczenia ciepłno-wilgotnościowe ścian zewnętrznych i ich złączy w świetle obowiązujących przepisów prawnych”, Grupa MEDIUM, Warszawa 2017.

- 16. K. Pawłowski, „Projektowanie przegród zewnętrznych w świetle aktualnych warunków technicznych dotyczących budynków. Obliczenia ciepłno-wilgotnościowe przegród zewnętrznych i ich złączy”, Grupa MEDIUM, Warszawa 2016.

#### ABSTRAKT

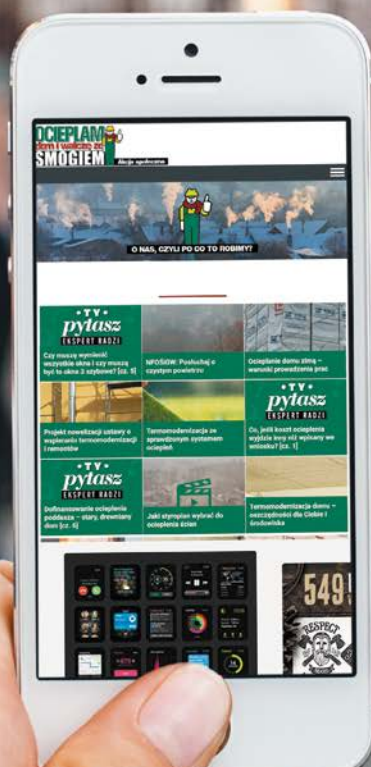
W artykule przedstawiono rozwiązania konstrukcyjno-materiałowe ścian zewnętrznych wraz z przykładami obliczeniowymi dotyczącymi ich parametrów fizycznych w aspekcie wymagań ciepłno-wilgotnościowych według rozporządzenia Ministra Infrastruktury i Budownictwa z dnia 14 listopada 2017 r. zmieniającego rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, które będą obowiązywać od 1 stycznia 2021 r.

This paper presents examples of structural and material solutions used in external walls along with calculations of physical parameters in view of thermal insulation and waterproofing requirements according to the Regulation of the Minister of Infrastructure and Construction of 14 November 2017, amending the Regulation on the technical conditions to be met by buildings and their location, entering into force on 1 January 2021.

**KRZYSZTOF PAWŁOWSKI** ukończył kierunek budownictwo na Wydziale Budownictwa i Inżynierii Środowiska Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego w Bydgoszczy. Pracuje w Katedrze Budownictwa Zrównoważonego na Wydziale Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska UTP w Bydgoszczy. Przedmiotem jego zainteresowań badawczych jest kształtowanie zewnętrznych

przegród budowlanych i ich złączy w aspekcie ciepłno-wilgotnościowym. Jest autorem i współautorem 9 monografii i ponad 100 artykułów w zakresie budownictwa ogólnego, budownictwa zrównoważonego, fizyki budowli i materiałów budowlanych. Posiada uprawnienia do wykonywania świadectw charakterystyki energetycznej budynków i lokali.

PROMOCJA



[www.termomodernizacja.org](http://www.termomodernizacja.org)

# MATERIAŁY TERMOIZOLACYJNE DO SYSTEMÓW ETICS



ETICS (ang. *External Thermal Insulation Composite System*) to złożony system zewnętrznej izolacji cieplnej, dzisiejszy odpowiednik dawnej metody lekkiej mokrej i bezspoinowego systemu ocieplenia (BSO). Stosowany jest on do ocieplania wszystkich typów budynków nowych i istniejących, ze ścianami murowanymi i betonowymi, jedno- i wielowarstwowymi ETICS może być również używany do ocieplania drewnianych budynków szkieletowych.

## ETICS, CZYLI SYSTEM

Ważne jest, aby zawsze stosować kompletny system ocieplenia, przeznaczony do określonego zastosowania, czyli np. ETICS na podłożach murowanych lub betonowych, ETICS do domów szkieletowych czy też ETICS w ociepleniu na ocieplenie.

Każdy z systemów ETICS musi mieć aktualną Ocenę Techniczną, w odniesieniu do której producent wystawił Deklarację Właściwości Użytkowych (dla systemów oznakowanych znakiem CE) lub Krajową Deklarację Właściwości Użytkowych (dla systemów oznakowanych znakiem budowlany B). Głównymi składnikami systemu ETICS są płyty termoizolacyjne (najczęściej płyty styropianowe), warstwa zbrojona i wyprawa tynkarska.

Zarówno składniki systemu ETICS, jak i technologia wykonania ocieplenia powinny być zgodne z dokumentacją systemu. Warto również skorzystać z publikacji wydanej przez Stowarzyszenie na Rzecz Systemów Ociepleń (SSO), pt. „Warunki techniczne wykonawstwa, oceny i odbioru robót elewacyjnych z zastosowaniem ETICS”.

O poziomie izolacyjności cieplnej systemu ETICS decyduje warstwa termoizolacji, która najczęściej wykonywana jest z płyt styropianowych. Właściwości styropianu, bez względu na to, czy są to płyty białe, np. **FASADA EXPERT**, czy płyty grafitowe, np. **FASADA GRAFIT**, produkowane przez Fabrykę Styropianu ARBET, muszą być nie gorsze, niż parametry podane w Ocenie Technicznej systemu ETICS.

## JAK STYROPIAN DO OCIEPLEŃ, BIAŁY CZY SZARY?

Z uwagi na główny cel stosowania ETICS, którym jest poprawa izolacyjności cieplnej ścian budynku, najistotniejsza jest tu izolacyjność cieplna styropianu. Na rynku budowlanym dostępne są płyty o współczynniku przewodzenia ciepła, określanym powszechnie lambdą, o wartości od 0,045 do 0,031 W/(m·K), przy czym wyższą, czyli gorszą izolacyjnością cieplną charakteryzują się płyty białe. Płyty grafitowe charakteryzują się natomiast lambdą na poziomie od 0,033 W/(m·K), (np. **FASADA EKO GRAFIT**) do 0,031 W/(m·K), (np. **FASADA GRAFIT**) i pozwalają zredukować wymaganą przy użyciu białych płyt grubość ocieplenia nawet o kilkadziesiąt procent. Jest to możliwe, ponieważ o ostatecznej izolacyjności cieplnej decyduje lambda w połączeniu z grubością płyty styropianowej, czyli tzw. opór cieplny. Taką samą izolacyjność cieplną można uzyskać przy użyciu płyt o różnej lambdzie i odpowiednio dobranej grubości. Na przykład taki sam opór cieplny mają płyty odmiany **FASADA EXPERT**, o grubości 18 cm oraz płyty odmiany **FASADA GRAFIT**, o grubości 14 cm.

## JAKIE PARAMETRY STYROPIANU SĄ WAŻNE?

Równie istotnym parametrem płyt styropianowych, ale z grupy wytrzymałościowej, jest wytrzymałość na rozciąganie, określana symbolem TR. Minimalny jej poziom, wymagany w Ocenach Technicznych ETICS, to 80 kPa, przy czym często wymagany jest poziom 100 kPa. W kodzie oznaczenia styropianu jest to symbol TR100. Należy uważać na istniejące na rynku tanie styropiany, dla których producenci nie deklarują wytrzymałości na rozciąganie TR lub deklarują ją na poziomie niższym niż 80 kPa (np. TR50). Takie płyty nie nadają się do stosowania w systemach ETICS, mogą natomiast być stosowane na przykład jako izolacja ścian trójwarstwowych, dlatego ich występowanie na rynku jest zgodne z obowiązującymi przepisami.

Z wykonawczego punktu widzenia istotna jest również geometria płyt styropianowych, a dokładnie odchyłki grubości, płaskości i prostokątności (w tym odchyłki od liniowości) płyt. Wymagana jest klasa T1 tolerancji grubości płyt, dopuszczająca odchyłkę  $\pm 1$  mm od grubości nominalnej płyty. Oceny Techniczne na ETICS zawierają wymaganie odchyłki od płaskości nie większej niż 5 mm. Taką też klasę mają zadeklarowane wszystkie odmiany fasadowe FS ARBET, natomiast zdecydowana większość płyt charakteryzuje się rzeczywistą płaskością nieprzekraczającą 3 mm. Dopuszczalna klasa prostokątności to S<sub>b</sub>5, która oznacza, że płyta na długości 1 m może mieć odchyłkę od kąta prostego o wartości 5 mm.

Wszystkie płyty fasadowe FS ARBET spełniają niniejsze wymagania, przy czym płyty **FASADA EXPERT**, **FASADA FS 15** i **FASADA GRAFIT** mają zadeklarowaną mniejszą odchyłkę od prostokątności, o wartości 2 mm. Ostatnim istotnym parametrem płyt styropianowych w systemach ETICS jest stabilność wymiarowa, zarówno w normalnych warunkach laboratoryjnych, o klasie DS(N)2, jak i w temperaturze 70°C, o klasie DS(70,-)2.

Wybierając płyty termoizolacyjne, które będą użyte w systemie ETICS, zawsze należy sprawdzić zgodność ich deklarowanych właściwości z wymaganiami Oceny Technicznej ETICS. Pozwoli to na wykonanie skutecznej termoizolacji, przynoszącej korzyści nie tylko ekonomiczne, w postaci niższego zużycia energii, ale również korzyści środowiskowe, związane z niższą emisją dwutlenku węgla.

## KONTAKT



Fabryka Styropianu  
ARBET Sp.j.  
ul. Bohaterów Warszawy 32,  
75-211 Koszalin  
tel. 943 422 076-9  
e-mail: sekretariat@arbet.pl  
www.arbet.pl

# ANALIZA WSPÓŁCZYNNIKA PRZENIKANIA CIEPŁA OKNA Z OSŁONĄ PRZECIWSŁONECZNĄ

*Analysis of heat transfer coefficient of a window with a sun visor* ABSTRAKT » S. 41

Jedną z podstawowych potrzeb, jakie należy spełnić w budynkach mieszkalnych, jest zapewnienie mieszkańcom komfortu cieplnego, czyli uzyskanie przez osoby użytkujące pomieszczenia akceptacji dla panujących w nich warunków cieplnych.

Bardzo ważną rolę w zapewnieniu komfortu cieplnego w pomieszczeniach budynków energooszczędnych spełniają przegrody przezroczyste, a także osłony przeciwsłoneczne. Związane jest to z regułą, do której stosują się zarówno inwestorzy, jak i projektanci, że takie budynki lokuje się na działkach z jak największym dostępem do bezpośredniego promieniowania słonecznego. Wówczas na elewacji budynku energooszczędnego stosuje się możliwie dużo przegród przezroczystych – dużych okien, drzwi przeszklonych czy ścian szkieletowych o konstrukcji słupowo-ryglowej wypełnionej oszkleniem. Tylko wtedy możliwe staje się maksymalne wykorzystanie solarnych zysków ciepła w sezonie ogrzewania [1].

W okresie letnim duże przeszklone przegrody, do których dociera nadmierne bezpośrednie promieniowanie słoneczne, wymagają zastosowania osłon przeciwsłonecznych. Ma to na celu uniknięcie przegrzewania pomieszczeń, a w budynkach wyposażonych w odpowiedni system techniczny także ograniczenie zużycia energii na chłodzenie. W budynkach mieszkalnych jako osłony przeciwsłoneczne można stosować rolety i zasłony, czyli osłony podnoszone bądź opuszczane wzdłuż oszklenia, żaluzje, czyli osłony podnoszone bądź opuszczane wzdłuż oszklenia składające się z listewek o regulowanym kącie nachylenia, a także markizy, czyli zwykle składane zadaszenia, które montuje się nad oknami [1].

W okresie zimowym te same osłony przeciwsłoneczne, rolety lub żaluzje w stanie zamkniętym, który może trwać co najmniej 12 godzin na dobę, stanowią skuteczną barierę dla przepływającego

strumienia ciepła. Wartość dodatkowego oporu cieplnego, który jest przypisany dla danej osłony, zależy przede wszystkim od właściwości samej osłony, a także od warstwy powietrza między częścią szkloną okna a osłoną [2]. W TABELI 1 przedstawiono wartości dodatkowego oporu cieplnego wynikającego z zastosowania różnych osłon przeciwsłonecznych umieszczonych po zewnętrznej stronie okna wg normy [3]. Należy zauważyć, że powszechnie stosowane w życiu codziennym „rolety zewnętrzne” w normach i aprobaty technicznych określane są jako „żaluzje zwijane” [2].

Niestety w publikacjach naukowych praktycznie nieobecna jest informacja na temat współczynnika przenikania ciepła okna z osłoną przeciwsłoneczną. Dodatkowy opór cieplny, wynikający z zastosowania wybranej osłony przeciwsłonecznej i podany w [3], nie odzwierciedla całkowitego wpływu tej osłony na współczynnik przenikania ciepła okna z osłoną  $U_{ws}$ . Dzieje się tak dlatego, że nie jest uwzględnione wspólne oddziaływanie tego oporu z parametrami fizycznymi i geometrycznymi okna, nie uściślono także jego wartości dla okien różnych typów ze zmiennymi rozmiarami oraz o różnych poziomach izolacji cieplnej oszklenia i ramy. Podobna informacja byłaby jednak bardzo przydatna dla projektantów i producentów osłon i stolarki okiennej.

W związku z powyższym celem danego badania jest analiza współczynnika przenikania ciepła okna z PVC z osłoną przeciwsłoneczną w zależności od typu osłony, scharakteryzowanego wielkością dodatkowego oporu cieplnego wynikającego z zastosowania osłony, od pola powierzchni okna, od sposobu połączenia szyby z ramą, scharakteryzowanego wartością liniowego współczynnika przenikania ciepła mostka termicznego powstającego na granicy szyba-rama oraz od współczynników przenikania ciepła oszklenia i ramy. Analiza wykonana została na podstawie opracowanego deterministycznego modelu matematycznego opisującego tę zależność. »

Typ osłony		Wartości dodatkowego oporu $\Delta R$ dla osłony przegrody przezroczystej [(m <sup>2</sup> ·K)/W]				
		o bardzo wysokiej przepuszczalności	o wysokiej przepuszczalności	o średniej przepuszczalności	o niskiej przepuszczalności	szczelna
Zwijane aluminiowe		0,0800	0,0925	0,1150	0,1480	0,1795
Zwijane drewniane i z tworzyw sztucznych	bez wypełnienia pianką	0,0800	0,1150	0,1650	0,2200	0,2650
	z wypełnieniem pianką	0,0800	0,1275	0,1925	0,2600	0,3125
Drewniane o grubości 15–30 mm		0,0800	0,1400	0,2200	0,3000	0,3600

TABELA 1. Wartości dodatkowego oporu cieplnego wynikającego z zastosowania różnych osłon przeciwsłonecznych umieszczonych po zewnętrznej stronie okna zgodnie z PN-EN ISO 10077-1:2007 [3]

# ZATRZYMUJEMY UPAŁ

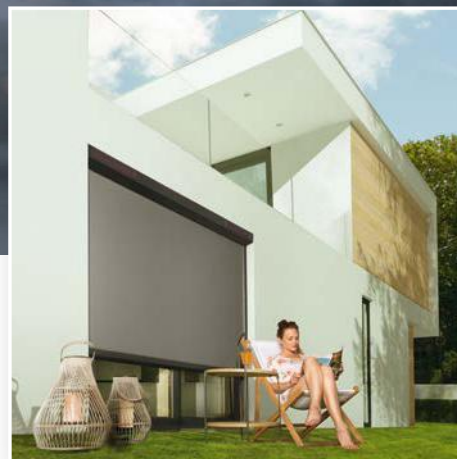


## MARKIZA VMZ Solar DO OKIEN PIONOWYCH

Markiza Solar do okien pionowych to naturalny, zdrowy i ekonomiczny **sposób ochrony przed nagrzewaniem** wnętrza podczas upałów. Markiza Solar reaguje na słońce i automatycznie rozwija się w gorące dni, chroniąc pomieszczenia przed nagrzewaniem.

Markiza VMZ Solar:

- obniża temperaturę wnętrza nawet o 10°C, przez co ogranicza lub całkowicie eliminuje korzystanie z energochłonnej klimatyzacji. Chroni pomieszczenie przed nagrzewaniem do **8 razy skuteczniej** niż rolety wewnętrzne,
- zapewnia odpowiednią ilość i równomierny rozkład naturalnego światła w pomieszczeniu przy jednoczesnym zapewnieniu widoczności na zewnątrz,
- pełni funkcję moskitiery.





## » METODA OBLICZANIA WSPÓŁCZYNNIKA PRZENIKANIA CIEPŁA OKNA Z OSŁONĄ PRZECIWSŁONECZNĄ

Współczynnik przenikania ciepła okna bez uwzględnienia wpływu osłony  $U_w$  obliczono metodą składnikową [4]. W metodzie tej dzieli się fragment przegrody na pola powierzchni o różnych właściwościach cieplnych, a całkowity współczynnik przenikania ciepła oblicza się za pomocą ważonych powierzchniowo wartości  $U$  elementów składowych. Według tej metody współczynnik przenikania ciepła  $U_w$  pojedynczego jednoskrzydłowego okna można obliczać według wzoru:

$$U_w = \frac{A_g U_g + A_f U_f + A_{mos} U_{mos} + \sum \Psi_{g-f} l_{g-f} + \sum \Psi_{m-f} l_{m-f} + \sum \Psi_{t-f} l_{t-f}}{A_g + A_f + A_{mos}} \quad (1)$$

gdzie:

$U_g, U_f, U_{mos}$  – współczynniki przenikania ciepła, odpowiednio: oszklenia, ramy, ramiaków i stojaków ościeżnic,

$A_g, A_f, A_{mos}$  – pole powierzchni, odpowiednio: oszklenia, ramy, stojaków i ramiaków ościeżnic,

$\Psi_{g-f}, \Psi_{m-f}, \Psi_{t-f}$  – liniowe współczynniki przenikania ciepła mostków termicznych powstających na granicy szyba–rama, rama–stojaki ościeżnic i rama–ramiaki ościeżnic,

$l_{g-f}, l_{m-f}, l_{t-f}$  – długości liniowych mostków termicznych powstających na styku szyba–rama, rama–stojaki ościeżnic i rama–ramiaki ościeżnic.

Wartości pól powierzchni  $A_g, A_f, A_{mos}$  oraz długości mostków  $l_{g-f}, l_{m-f}, l_{t-f}$  mogą być określone ze wzorów opracowanych przez autorów:

$$A_g = (b_{skr} - 2b_f)(h_{skr} - 2b_f) \quad (2)$$

$$A_f = 2(b_{skr} b_f + (h_{skr} - 2b_f) b_f) \quad (3)$$

$$A_{mos} = 2b_o b_{tos} + 2(h_o - 2b_{tos}) b_{mos} \quad (4)$$

$$b_{skr} = (b_o - 2b_{mos}) \quad (5)$$

$$h_{skr} = (h_o - 2b_{tos}) \quad (6)$$

$$l_{g-f} = 2(b_{skr} + h_{skr} - 4b_f) \quad (7)$$

$$l_{m-f} = 2h_{skr} \quad (8)$$

$$l_{t-f} = 2b_{skr} \quad (9)$$

gdzie:

$b_o, b_{skr}, b_f, b_{mos}, b_{tos}$  – szerokość, odpowiednio: okna, skrzydła, elementów ramy, stojaków i ramiaków ościeżnic.

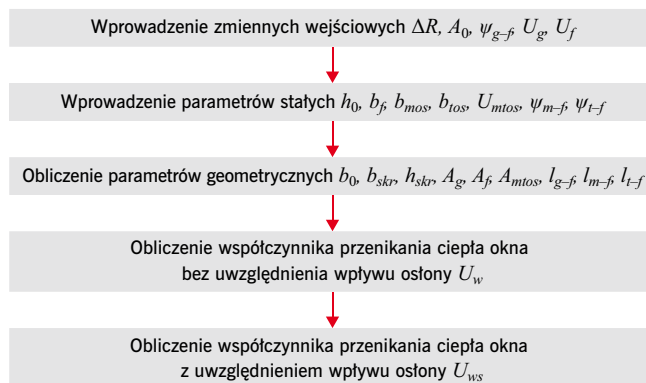
Do obliczenia współczynnika przenikania ciepła okna z uwzględnieniem efektu osłon przeciwsłonecznych  $U_{ws}$  zastosowano model obliczeniowy podany w normie [3], według którego osłonę rozpatruje się jako element dodatkowy i uwzględnia się we wzorze w następujący sposób:

$$U_{ws} = \frac{1}{\frac{1}{U_w} + \Delta R} \quad (10)$$

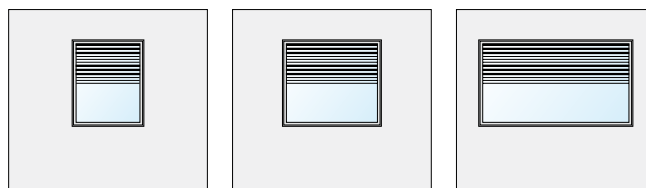
gdzie:

$U_w$  – współczynnik przenikania ciepła okna bez uwzględnienia wpływu osłony przeciwsłonecznej, [W/(m<sup>2</sup>·K)],

$\Delta R$  – wartość dodatkowego oporu cieplnego dla osłony przeciwsłonecznej, [(m<sup>2</sup>·K)/W].



RYS. 1. Schemat blokowy obliczania współczynnika przenikania ciepła  $U_{ws}$  okna z osłoną przeciwsłoneczną; rys.: autorzy



RYS. 2. Schematy badanych wariantów okna; rys.: autorzy

Wartości dodatkowego oporu cieplnego  $\Delta R$ , wynikającego z zastosowania różnych osłon przeciwsłonecznych umieszczonych po zewnętrznej stronie okna, w tym badaniu przyjmowano zgodnie z załącznikiem G normy [3] w zależności od typu i materiału, za którego jest wykonana osłona oraz jej przepuszczalności powietrza.

Dla realizacji eksperymentu obliczeniowego związanego z określeniem szukanego współczynnika przenikania ciepła okien  $U_{ws}$  przy zmianie wartości wybranych czynników autorzy stworzyli algorytm do wyliczania (RYS. 1), który stanowił podstawę do opracowania autorskiego programu w Microsoft Excel.

## OPIS BADANEGO OBIEKTU

Współczesne technologie montażu stolarki okiennej z PVC pozwalają stosować okna z szerokim zakresem zmienności proporcji. W badaniu, z uwzględnieniem najczęściej stosowanych rozmiarów okien w budynkach mieszkalnych, zostały wybrane warianty stolarki okiennej z powierzchnią od 1,20 m<sup>2</sup> do 3,60 m<sup>2</sup>. Wysokość okien przyjęto jako parametr stały równy 1,48 m. Schematy badanych wariantów okna podano na RYS. 2.

Dla badanych okien po ich zewnętrznej stronie przewidziano osłonę przeciwsłoneczną zwaną drewnianą z wypełnieniem pianką w trzech wariantach: o bardzo wysokiej przepuszczalności (wartość dodatkowego oporu cieplnego  $\Delta R = 0,080$  (m<sup>2</sup>·K)/W), o średniej przepuszczalności ( $\Delta R = 0,1925$  (m<sup>2</sup>·K)/W) i szczelną ( $\Delta R = 0,3125$  (m<sup>2</sup>·K)/W) [3].

## MODEL MATEMATYCZNY WSPÓŁCZYNNIKA PRZENIKANIA CIEPŁA OKNA Z OSŁONĄ PRZECIWSŁONECZNĄ

Do osiągnięcia sformułowanego celu jako metodę badawczą zastosowano modelowanie matematyczne, które pozwalają za pośrednictwem zależności matematycznych opisywać funkcjonowanie badanego obiektu, określać parametry wyjściowe, wykonywać poszukiwanie optymalnych wartości parametrów obiektu [5].

Nr	$\Delta R$ ( $X_1$ )	$A_o$ ( $X_2$ )	$\Psi_{g-f}$ ( $X_3$ )	$U_g$ ( $X_4$ )	$U_f$ ( $X_5$ )	$U_{ws}$
1.	-1 0,0725	-1 1,2	-1 0,010	-1 0,700	+1 1,600	1,232
2.	+1 0,3125	-1 1,2	-1 0,010	-1 0,700	-1 0,800	0,769
3.	-1 0,0725	+1 3,6	-1 0,010	-1 0,700	-1 0,800	0,830
4.	+1 0,3125	+1 3,6	-1 0,010	-1 0,700	+1 1,600	0,811
5.	-1 0,0725	-1 1,2	+1 0,110	-1 0,700	-1 0,800	1,197
6.	+1 0,3125	-1 1,2	+1 0,110	-1 0,700	+1 1,600	1,089
7.	-1 0,0725	+1 3,6	+1 0,110	-1 0,700	+1 1,600	1,168
8.-22.	...	...	...	...	...	...
23.	0 0,1925	0 2,4	0 0,060	-1 0,700	0 1,200	0,937
24.	0 0,1925	0 2,4	0 0,060	+1 1,300	0 1,200	1,202
25.	0 0,1925	0 2,4	0 0,060	0 1,000	-1 0,800	0,998
26.	0 0,1925	0 2,4	0 0,060	0 1,000	+1 1,600	1,147

TABELA 2. Macierz planowania i wyniki eksperymentu obliczeniowego do określenia współczynnika przenikania ciepła  $U_{ws}$  okna z osłoną przeciwsloneczną

Stosowanie modelowania matematycznego pozwala zrezygnować z modelowania fizycznego, skrócić objętość próbkowania, obniżyć pracochłonność badania. Głównym komponentem w takim układzie jest model matematyczny.

Przy opracowaniu modelu matematycznego dąży się do jego praktycznej użyteczności oraz skuteczności. Takie cechy można osiągnąć opracowując krótkie modele, w których wykorzystano najważniejsze czynniki interesujące odbiorców stolarki okiennej.

Zgodnie z przyjętym celem badania jako funkcję celu  $Y$  wybrano współczynnik przenikania ciepła okna z osłoną przeciwsloneczną  $U_{ws}$  [W/(m<sup>2</sup>·K)]. Przy wyborze czynników na podstawie wstępnej analizy wytypowano najważniejsze z nich, wpływające na  $U_{ws}$  oraz zapewniające uzyskanie informacji interesującej odbiorców stolarki okiennej. Przeanalizowano również spełnienie podstawowych wymagań stawianych czynnikom – powinny one być sterowalne, jednoznaczne, niesprzeczne i wzajemnie niezależne [5].

Po analizie do badania przyjęto zależność współczynnika przenikania ciepła  $U_{ws}$  ( $Y$ ) od następujących czynników: dodatkowego oporu cieplnego dla odpowiedniego typu osłon  $\Delta R$  (czynnik  $X_1$ ), pola powierzchni okna  $A_o$  (czynnik  $X_2$ ), liniowego współczynnika przenikania ciepła mostka termicznego na granicy szyba-rama  $\Psi_{g-f}$  (czynnik  $X_3$ ), współczynnika przenikania ciepła oszklenia  $U_g$  (czynnik  $X_4$ ), współczynnika przenikania ciepła ramy  $U_f$  (czynnik  $X_5$ ).

Przypuszczano, że szukaną zależność  $Y = f(X_1, X_2, X_3, X_4, X_5)$  może opisywać wielomian drugiego stopnia w postaci:

$$\begin{aligned}
 Y = & a_0 + a_1X_1 + a_2X_2 + a_3X_3 + a_4X_4 + a_5X_5 + \\
 & + a_{12}X_1X_2 + a_{13}X_1X_3 + a_{14}X_1X_4 + a_{15}X_1X_5 + a_{23}X_2X_3 + \\
 & + a_{24}X_2X_4 + a_{25}X_2X_5 + a_{34}X_3X_4 + a_{35}X_3X_5 + \\
 & + a_{45}X_4X_5 + a_{11}X_1^2 + a_{22}X_2^2 + a_{33}X_3^2 + a_{44}X_4^2 + a_{55}X_5^2
 \end{aligned} \quad (11)$$

Do uzyskania danych dla opisu tej zależności przeprowadzono 5-czynnikowy eksperyment obliczeniowy według planu drugiego stopnia (TABELA 2). Zastosowano kompozycyjny symetryczny trójpoziomowy plan zawierający 26 prób [6]. Do wyliczenia wartości  $Y_i$  w 26 wierszach planu wykorzystano oprogramowanie Microsoft Excel.

Przed rozpoczęciem obliczeń wykonano uzasadniony wybór zakresu zmienności czynników. Wielkość dodatkowego oporu cieplnego  $\Delta R$  dla wybranego typu osłon (czynnik  $X_1$ ) na dolnym poziomie przyjęto 0,0725 (-1), na średnim – 0,1925 (0), na górnym – 0,3125 (+1) (m<sup>2</sup>·K)/W. Wybrany zakres zmienności nie w pełnym stopniu odpowiadał wartościom oporów cieplnych dla przytoczonych wyżej wariantów osłony przeciwslonecznej. Jednak wymaganie z zakresu planowania eksperymentu odnośnie symetrycznych zakresów zmienności dla wszystkich czynników zmusiło autorów do tego, by odstąpić od podanej w [3] wartości 0,080 ( $X_1 = -0,9375$ ) (m<sup>2</sup>·K)/W oraz zamienić ją na 0,0725 (m<sup>2</sup>·K)/W. Jednak nie tworzyło to żadnych problemów z modelowaniem ponieważ nowy zwiększony zakres pokrywa poprzednią wartość.

Pole powierzchni okna  $A_o$  (czynnik  $X_2$ ) na dolnym poziomie przyjęto równe 1,20 m<sup>2</sup> (-1). Jako górny poziom przyjęto powierzchnię okna trzykrotnie zwiększoną 3,60 m<sup>2</sup> (+1), odpowiednio na średnim poziomie 2,40 m<sup>2</sup> (0). W celu uniknięcia niejednoznaczności tego czynnika wysokość okien przyjęto jako wartość stałą wynoszącą 1,48 m.

Liniowy współczynnik przenikania ciepła mostka termicznego na granicy szyba-rama  $\Psi_{g-f}$  został przyjęty na poziomach: dolnym 0,010 W/(m·K) (-1), średnim 0,060 W/(m·K) (0), górnym 0,110 W/(m·K) (+1). Współczynnik przenikania ciepła oszklenia  $U_g$  (czynnik  $X_4$ ) na poziomie średnim przyjęto 1,0 W/(m<sup>2</sup>·K) (0), na poziomie górnym 1,30 W/(m<sup>2</sup>·K) (+1), a na poziomie dolnym 0,70 W/(m<sup>2</sup>·K) (-1). Współczynnik przenikania ciepła ramy  $U_f$  (czynnik  $X_5$ ) na poziomie średnim przyjęto 1,20 W/(m<sup>2</sup>·K) (0), na poziomie górnym 1,60 W/(m<sup>2</sup>·K) (+1), a na poziomie dolnym 0,80 W/(m<sup>2</sup>·K) (-1).

Pozostałe parametry przyjęto na stałym poziomie: szerokość elementów ramy  $b_f = 0,090$  m, szerokość stojaków i ramiaków ościeżnic  $b_{mos} = b_{tos} = 0,035$  m [7]. Współczynnik przenikania ciepła elementów ościeżnic  $U_{mos}$  przyjęto jako równy współczynnikowi  $U_f$ . Liniowe współczynniki przenikania ciepła mostków termicznych przyjęto według [8]:  $\Psi_{m-f} = 0,068$ ,  $\Psi_{t-f} = 0,065$  W/(m·K).

Wyżej wymienione wartości naturalne czynników  $\dot{X}_1, \dot{X}_2, \dot{X}_3, \dot{X}_4, \dot{X}_5$  i odpowiadające im wartości unormowane  $X_1, X_2, X_3, X_4, X_5$  (w nawiasach) przedstawiono w TABELI 2. Przejście z wartości naturalnych  $\dot{X}_i$  do unormowanych  $X_i$  według [6] wyraża się wzorem:

$$X_i = \frac{2\dot{X}_i - (\dot{X}_{i\max} + \dot{X}_{i\min})}{\dot{X}_{i\max} - \dot{X}_{i\min}} \quad (12)$$

gdzie:  $\dot{X}_i, \dot{X}_{i\max}, \dot{X}_{i\min}$  odpowiednio bieżące, maksymalne i minimalne wartości naturalne  $i$ -tego czynnika.

Na podstawie wyników obliczeń (TABELA 2) za pomocą metody najmniejszych kwadratów [9] opracowano równanie regresji zależności  $Y = f(X_1, X_2, X_3, X_4, X_5)$ . Istotność współczynników tego równania oceniono za pomocą  $t$ -kryterium. Metoda testowania współczynników została szczegółowo opisana przez autorów w [10]. W wyniku testu 5 współczynników okazało się nieistotnych. Po ich usunięciu przyjęto postać końcową równania z  $k + 1 = 16$  współczynnikami: »

$$\begin{aligned} \text{» } \hat{Y} = & 1,073 - 0,150X_1 - 0,065X_2 + 0,078X_3 + 0,131X_4 + \\ & + 0,087X_5 + 0,017X_1X_2 - 0,020X_1X_3 - 0,032X_1X_4 - \\ & - 0,023X_1X_5 - 0,019X_2X_4 - 0,022X_2X_5 - 0,006X_3X_5 + \\ & + 0,019X_1^2 + 0,031X_2^2 \end{aligned} \quad (13)$$

Potwierdzona została również adekwatność uzyskanego modelu według metody opisanej w [9]. Dany model posiadał:  $\Sigma(Y_i - \hat{Y}_i)^2 = 0,0008$ ,  $S_a^2 = \Sigma(Y_i - \hat{Y}_i)^2 / (N - (k + 1)) = 0,00016$ ,  $S_y^2 = 0,0441$ ,  $R^2 = 0,9993$ . Dodatkowo jakość aproksymacji danych opracowanym równaniem oceniono według kryterium  $F$  [9]. Przy poziomie istotności  $\alpha = 0,05$  i liczbie stopni swobody  $f_1 = N - 1 = 26 - 1 = 25$ ,  $f_2 = N - (k + 1) = 26 - 16 = 10$  okazało się, że wartość obliczeniowa kryterium  $F_0 = S_y^2 / S_a^2 = 276,8513$  wielokrotnie przekracza wartość tabelaryczną  $F_{0,05;25;10} = 2,73$  [9], co potwierdza wysoką jakość modelu.

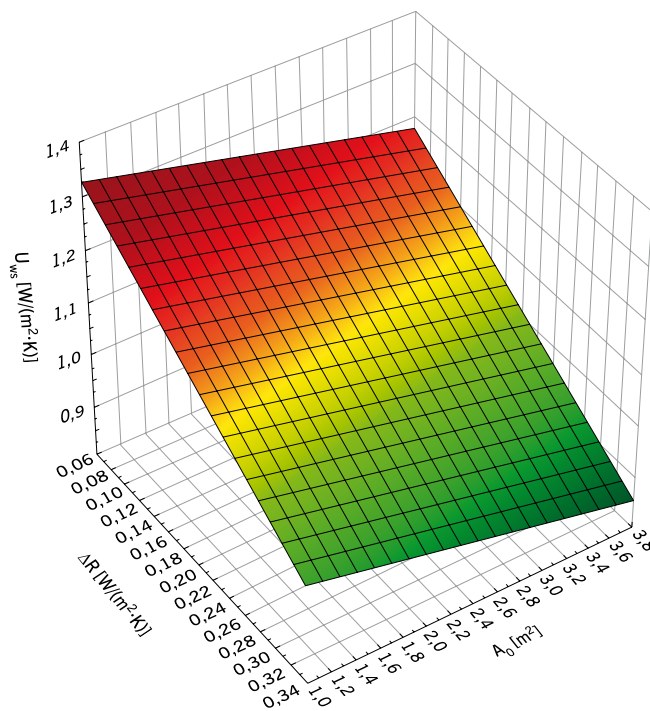
### ANALIZA WYNIKÓW BADAŃ

Za pomocą równania regresji (13) przeanalizowano stopień i charakter wpływu poszczególnych czynników na współczynnik przenikania ciepła  $U_{ws}$  okna z osłoną przeciwstłoneczną. Analizę przeprowadzono dla zmiennych w postaci naturalnej. Interesował autorów przede wszystkim wpływ czynnika  $X_1$ , czyli dodatkowego oporu cieplnego dla odpowiedniego typu osłony  $\Delta R$ , wybranego w badaniu jako główny parametr charakteryzujący wpływ osłony przeciwstłonecznej na wielkość współczynnika  $U_{ws}$ .

Analizując opracowany model, wykryto, że w centrum  $G_p$  przestrzeni czynnikowej, która charakteryzuje się współrzędnymi  $\Delta R = 0,1925 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ ,  $A_o = 2,40 \text{ m}^2$ ,  $\Psi_{f-g} = 0,06 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ,  $U_g = 1,00$ ,  $U_f = 1,20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  wielkość  $U_{ws}$  wynosi  $1,073 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ . Wykorzystując punkt  $G_p$  jako punkt odniesienia, oszacowano wpływ poszczególnych czynników. Okazało się, że korzystny wpływ na wielkość  $U_{ws}$  wykazują dwa czynniki:  $\Delta R(X_1)$  oraz  $A_o(X_2)$ . Przy zmianie ich wartości od  $-1$  do  $+1$  następuje zmniejszenie współczynnika  $U_{ws}$  o  $24,1\%$  dla  $\Delta R(X_1)$  oraz o  $11,1\%$  dla  $A_o(X_2)$ . Pozostałe czynniki wykazują wpływ niekorzystny – wraz z ich wzrostem od dolnego do górnego poziomu wielkość współczynnika  $U_{ws}$  rośnie o  $15,7\%$  dla  $\Psi_{f-g}(X_3)$ , o  $27,8\%$  dla  $U_g(X_4)$ , o  $17,6\%$  dla  $U_f(X_5)$ . Opisany charakter wpływu czynników odzwierciedla również wykres (RYS. 3), na którym pokazano graficzną zależność  $U_{ws} = f(\Delta R, A_o)$  dla  $\Psi_{f-g} = 0,06 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ,  $U_g = 0,70$ ,  $U_f = 1,10 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ .

Najbardziej dokładnie został poddany analizie wpływ szukanego czynnika  $\Delta R(X_1)$ . Zauważono, że w modelu (13) jest kilka efektów interakcji tego czynnika z innymi czynnikami ( $+0,017X_1X_2$ ,  $-0,020X_1X_3$ ,  $-0,032X_1X_4$ ,  $-0,023X_1X_5$ ). Analizując te efekty wykryto, że korzystny wpływ czynnika  $X_1$  wzmacnia się ze wzrostem czynników  $X_3$ ,  $X_4$ ,  $X_5$  oraz słabnie ze wzrostem  $X_2$ . Dla pełnego przeanalizowania  $X_1$  należało oszacować jego wpływ przy odpowiednich skrajnych wartościach  $X_2$ ,  $X_3$ ,  $X_4$ ,  $X_5$ , które są ograniczone przyjętym w badaniu zakresem zmienności. Po podstawieniu wartości tych czynników do modelu (13) i wykonaniu obliczeń symulacyjnych wykryto dodatkową informację o wpływie czynnika  $\Delta R(X_1)$ .

Okazało się, że dla okna z polem powierzchni  $A_o = 3,60 \text{ m}^2$ ,  $\Psi_{f-g} = 0,010 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ,  $U_g = 0,7$  i  $U_f = 0,8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  zmiana czynnika  $\Delta R(X_1)$  z  $0,0725$  do  $0,3125 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$  powoduje obniżenie współczynnika  $U_{ws}$  od  $0,855$  do  $0,739 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ , tj. spadek o  $13,6\%$ . Natomiast dla okna z polem powierzchni  $A_o = 1,20 \text{ m}^2$ ,



RYS. 3. Zależność współczynnika przenikania ciepła okna  $U_{ws}$  [ $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ] od dodatkowego oporu cieplnego osłony przeciwstłonecznej  $\Delta R$ , [ $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ ] oraz pola powierzchni okna  $A_o$ , [ $\text{m}^2$ ] przy liniowym współczynniku przenikania ciepła mostka termicznego na granicy szyba-rama  $\Psi_{f-g} = 0,060 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$  oraz współczynnikach przenikania ciepła oszklenia  $U_g = 1,0$  i ramy  $U_f = 1,20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ; rys.: autorzy

$\Psi_{f-g} = 0,110 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ,  $U_g = 1,3$  i  $U_f = 1,6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  zmiana czynnika  $\Delta R(X_1)$  w tym samym zakresie powoduje obniżenie współczynnika  $U_{ws}$  od  $1,761$  do  $1,277 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ , tj. spadek dwukrotnie większy i wynoszący  $27,5\%$ .

Dodatkowo oszacowano wahania współczynnika  $U_{ws}$  od czynnika  $\Delta R(X_1)$  w centrum  $G_p$  przestrzeni czynnikowej. Wykryto, że zamiana osłony o bardzo wysokiej przepuszczalności ( $\Delta R = 0,080 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$ ) na osłonę szczelną ( $\Delta R = 0,3125 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$ ) dla okna z polem powierzchni  $A_o = 2,40 \text{ m}^2$  oraz parametrami cieplnymi  $\Psi_{f-g} = 0,060 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ,  $U_g = 1,0$  i  $U_f = 1,2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  spowoduje obniżenie współczynnika  $U_{ws}$  z  $1,230$  do  $0,942 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ , tj. spadek o  $23,4\%$ .

Uzyskane wyniki obliczeń uzupełniają informacje o wpływie osłony przeciwstłonecznych i innych parametrów okien wykonanych z PVC na wielkość ich współczynnika  $U_{ws}$ .

### WNIOSKI

1. Opracowany deterministyczny model matematyczny pozwolił oszacować charakter i stopień wpływu parametrów okna wykonanego z PVC przy zastosowaniu osłony przeciwstłonecznej zwijanej drewnianej z wypełnieniem pianką o różnej przepuszczalności na współczynnik przenikania ciepła  $U_{ws}$ .
2. Korzystny wpływ wybranej osłony przeciwstłonecznej na obniżenie wartości  $U_{ws}$  wzmacnia się ze wzrostem liniowego współczynnika przenikania ciepła mostka termicznego na granicy szyba-rama  $\Psi_{f-g}$ , współczynników przenikania ciepła oszklenia  $U_g$  i ramy  $U_f$  oraz słabnie ze wzrostem powierzchni okna  $A_o$ .
3. Zamiana osłony przeciwstłonecznej o bardzo wysokiej przepuszczalności ( $\Delta R = 0,080 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$ ) na osłonę szczelną ( $\Delta R = 0,3125 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$ ) dla okna  $A_o = 2,40 \text{ m}^2$ ,

$\Psi_{f-g} = 0,060 \text{ W/(mK)}$ ,  $U_g = 1,0$  i  $U_f = 1,2 \text{ W/(m}^2\text{K)}$  daje obniżenie współczynnika  $U_{ws}$  z 1,230 do 0,942  $\text{W/(m}^2\text{K)}$ , tj. spadek o 23,4%.

## LITERATURA

1. R. Geryło, „Współdziałanie przegród przeziernych i osłon przeciwśonecznych w zapewnieniu komfortu cieplnego”, „Świat Szkła” 4/2015, s. 24–27.
2. A. Węglarz, W. Tworek, „Ocena wpływu zastosowania rolet zewnętrznych na współczynnik przenikania ciepła okien. Część 1”. „Polska Energetyka Słoneczna” 1–4/2016, s. 43–46.
3. PN-EN ISO 10077-1:2007:2017-101, „Ciepne właściwości użytkowe okien, drzwi i żaluzji. Obliczanie współczynnika przenikania ciepła, Część 1: Postanowienia ogólne”.
4. PN-EN ISO 12631:2013-03:2017-10, „Ciepne właściwości użytkowe ścian osłonowych. Obliczanie współczynnika przenikania ciepła”.
5. J. Gutenbaum, „Modelowanie matematyczne systemów”, EXIT, Warszawa 2003.
6. M. Korzyński, „Metodyka eksperymentu. Planowanie, realizacja i statystyczne opracowanie wyników eksperymentów technologicznych”, WNT, Warszawa 2006.
7. A. Błaszczak, „Systemy okienne. Wiedza techniczna/Instrukcja montażu/Zagadnienia prawne i marketingowe”, Inoutic 2010.
8. K. Kasperkiewicz, „Jakość energetyczna okien – wymagania, metody oceny i aktualne możliwości techniczne”, „Materiały Budowlane” 8/2006, s. 53–56.
9. B. Durakovic, „Design of Experiments Application, Concepts, Examples: State of the Art”, „Periodicals of Engineering and Natural Sciences” vol. 5/2017 no. 3, s. 421–439.
10. W. Jezierski, J. Borowska, „Parametry cieplne wieloskrzydłowej stolarki okiennej w budynkach mieszkalnych”, „IZOLACJE” 6/2017, s. 36–40.

## ABSTRAKT

W artykule przeanalizowano współczynnik przenikania ciepła okna z PVC z osłoną przeciwśoneczną w zależności od typu osłony, scharakteryzowanego wartością dodatkowego oporu cieplnego wynikającego z zastosowania osłony, od pola powierzchni okna, od sposobu połączenia szyby z ramą, scharakteryzowanego wartością liniowego współczynnika przenikania ciepła mostku termicznego powstającego na granicy szyba-rama, oraz współczynników przenikania ciepła oszklenia i ramy. Zbiór danych do analizy uzyskano przy realizacji eksperymentu obliczeniowego. Analiza wykonana została na podstawie opracowanego deterministycznego modelu matematycznego opisującego tę zależność. Dowiedziono, że zamiana osłony przeciwśonecznej o bardzo wysokiej przepuszczalności na osłonę szczelną dla okna  $A_o = 2,40 \text{ m}^2$  daje obniżenie współczynnika  $U_{ws}$  z 1,230 do 0,942  $\text{W/(m}^2\text{K)}$ , tj. powoduje jego spadek aż o 23,4%. Informacja może być przydatna dla projektantów, naukowców, producentów i konsumentów stolarki okiennej.

The article contains an analysis of heat transfer coefficient of a PVC window with a sun visor, depending on the type of cover, characterized by the value of additional thermal resistance resulting from the use of a cover, window surface area, pane and frame joint type, characterized by the value of linear thermal transfer coefficient for the thermal bridge on the glass-frame border, as well as heat transfer coefficients of the glazing and the frame. The data set for the analysis has been obtained in the course of the calculation experiment. The analysis has been made based on the developed deterministic mathematical model describing this relationship. It has been proved that replacing sun visor with very high permeability with lightproof sun visor in a window with  $A_o = 2.40 \text{ m}^2$  results in a reduction of the  $U_{ws}$  coefficient from 1.230 to 0.942  $\text{W/(m}^2\text{K)}$ , which is 23.4%. These data might be useful for designers, researchers, manufacturers and buyers of windows.

**WALERY JEZERSKI** ukończył Wydział Architektury Brzeskiego Państwowego Instytutu Inżynierjno-Budowlanego w specjalności budownictwo miejskie. Pracuje w Katedrze Gospodarki Przestrzennej i Budownictwa Energooszczędnego Politechniki Białostockiej. Zawodowo interesuje się problemami optymalizacji rozwiązań konstrukcyjnych przegród budowlanych i parametrów termomodernizacji budynków, podwyższenia jednorodności cieplnej ścian zewnętrznych z mostkami termicznymi, optymalizacji składów kompozytów cementowych z dodatkami odpadów technogennych. Jest autorem ponad 400 prac naukowych.

**JOANNA BOROWSKA** ukończyła Wydział Budownictwa na Politechnice Białostockiej. Jest doktorantką PB.

kupon prenumeraty

PROMOCJA

lider wśród czasopism branżowych



**IZOLACJE** – ogólnopolski miesięcznik informacyjno-techniczny, ukazuje się na rynku od 1996 roku, a od 2004 roku także w Internecie w postaci wortalu [www.izolacje.com.pl](http://www.izolacje.com.pl). Obecnie jest to jedyne na rynku czasopismo, w którym oprócz zagadnień ogólnobudowlanych bardzo szczegółowo omawiane są problemy izolacji cieplnej, akustycznej, wodochronnej itp. oraz najnowsze osiągnięcia w dziedzinie materiałów i technologii izolacyjnych.

Zalecane przez specjalistów

## Prenumerata

- dwuletnia – 224 zł
- roczna – 124 zł
- półroczna – 75 zł
- edukacyjna – 75 zł

Grupa  
MEDIUM

**IZOLACJE**  
[www.izolacje.com.pl](http://www.izolacje.com.pl)

ul. Karczewska 18  
04-112 Warszawa  
tel. 22 810 21 24  
faks 22 810 27 42

e-mail: [prenumerata@medium.media.pl](mailto:prenumerata@medium.media.pl)

ZAMAWIAM PRENUMERATĘ IZOLACJI OD NUMERU

NAZWA FIRMY

ULICA I NUMER

KOD POCZTOWY I MIEJSKOWOŚĆ

OSOBA ZAMAWIAJĄCA

RODZAJ DZIAŁALNOŚCI GOSPODARCZEJ / NIP

E-MAIL

TELEFON KONTAKTOWY

Informujemy, że składając zamówienie, wyrażasz Państwo zgodę na przetwarzanie wyżej wpisanych danych osobowych w systemie zamówień Grupy Medium w zakresie niezbędnym do realizacji powyższego zamówienia. Zgodnie z Ustawą o ochronie danych osobowych z dnia 29 sierpnia 1997 r. (Dz.U. Nr 101/2002, poz. 926 z późniejszymi zmianami) przysługuje Państwu prawo wglądu do swoich danych, aktualizowania ich i poprawiania. Upoważniam Grupa Medium do wystawienia faktury VAT bez podpisu odbiorcy. Wysyłka będzie realizowana po dokonaniu wpłaty na konto: Bank Zachodni WBK SA VI O/Warszawa 46 1090 1753 0000 7406 8050

DATA I CZYTELNY PODPIS

Wyrażam zgodę na przetwarzanie moich danych osobowych w celach marketingowych przez Grupę Medium oraz inne podmioty współpracujące z Wydawnictwem z siedzibą w Warszawie przy ul. Karczewskiej 18. Informujemy, że zgodnie z ustawą z dnia 29 sierpnia 1997 r. (Dz.U. Nr 101/2002, poz. 926 z późniejszymi zmianami) przysługuje Panu/Pani prawo wglądu do swoich danych, aktualizowania i poprawiania ich, a także wniesienia umotywowanego sprzeciwu wobec ich przetwarzania. Podanie danych ma charakter dobrowolny.

czytelny podpis

# IZOLACJE

budownictwo | przemysł | ekologia

## PROMOCJA PRENUMERATY!



### FORMULARZ ZAMÓWIENIA

Zamawiam prenumeratę  
od numeru:

Zaznacz  
wybraną  
opcję:

dwuletnia – 224 zł

roczna – 124 zł

półroczna – 75 zł

edukacyjna – 75 zł

próbna – bezpłatna

Nazwa firmy/Imię i nazwisko

Ulica i numer

Kod pocztowy

Miejscowość

Rodzaj działalności

NIP

Telefon kontaktowy

E-mail

Wyrażam zgodę na przetwarzanie moich danych osobowych w celach marketingowych przez GRUPĘ MEDIUM oraz inne podmioty współpracujące z Wydawnictwem z siedzibą w Warszawie przy ul. Karłowickiej 18. Wiem, że zgodnie z ustawą z dnia 29 sierpnia 1997 r. (DzU nr 101/2002, poz. 926 ze zm.) przysługuję mi prawo wglądu do swoich danych, aktualizowania i poprawiania ich, a także wniesienia umotywowanego sprzeciwu wobec ich przetwarzania. Podanie danych ma charakter dobrowolny.

Data i podpis

Wiem, że składając zamówienie, wyrażam zgodę na przetwarzanie wyżej wpisanych danych osobowych w systemie zamówień GRUPY MEDIUM w zakresie niezbędnym do realizacji powyższego zamówienia. Zgodnie z Ustawą o ochronie danych osobowych z dnia 29 sierpnia 1997 r. (DzU nr 101/2002, poz. 926 ze zm.) przysługuję mi prawo wglądu do swoich danych, aktualizowania ich i poprawiania. Upoważniam GRUPĘ MEDIUM do wystawienia faktury VAT bez podpisu odbiorcy.

Data i podpis



## PRENUMERATA

- półroczna **75 zł**
- edukacyjna **75 zł**
- roczna **124 zł**
- dwuletnia **224 zł**



**ZAMÓW  
BEZPŁATNĄ  
PRENUMERATĘ  
PRÓBNĄ  
(KOLEJNE TRZY  
NUMERY)!**



## PROMOCJA!

Zamów Kompendium Architekta 2021\* w promocyjnej cenie:

- **20 zł** dla aktualnych prenumeratorów
- **30 zł** dla nowych prenumeratorów przy zamówieniu dowolnej płatnej prenumeraty miesięcznika „IZOLACJE”

\*Wysyłka Kompendium Architekta 2021 będzie realizowana w grudniu 2020 r.



**ZAMÓW  
TELEFONICZNIE:  
22 512 60 51**



**MAILOWO:  
EREDA@MEDIUM.MEDIA.PL**

MGR INŻ. DOMINIK KREFT

# PROJEKTOWANIE DRZWI PRZECIWPÓŻAROWYCH – PROPOZYCJA METODY

Steel fire doors design method ABSTRAKT » S. 48

Każde bierne zabezpieczenie przeciwpożarowe, aby zostać dopuszczone do użytku, musi zostać poddane badaniu na odporność ogniową. Polskie normy PN-EN 1363 [1] oraz PN-EN 1634 [2] określają, w jaki sposób powinno być przeprowadzone badanie drzwi, aby uzyskać wymaganą klasę odporności ogniowej. Z racji wysokich kosztów warto przed przystąpieniem do badań przeprowadzić symulację przepływu ciepła przez skrzydło drzwiowe i ograniczyć prawdopodobieństwo uzyskania negatywnych wyników badań.

Obecnie takie kalkulacje wykonuje się zgodnie z normą PN-EN 10077-1 i -2 [3]. Na jej podstawie wyznacza się współczynnik przenikania ciepła, który może być pomocny przy projektowaniu drzwi. Jednak ilość ciepła przenikająca przez drzwi w stopniu znacznym przewyższa wartości wyliczone w oparciu o normę, dlatego też powstała potrzeba zaproponowania alternatywnej metody projektowania drzwi przeciwpożarowych.

## ZAŁOŻENIA

Aby badanie było uznane za ważne, po minimalnym wymaganym czasie wartość średniej arytmetycznej temperatur zarejestrowanych przez termopary główne nie może przekroczyć 140°C powyżej wartości temperatury otoczenia oraz żadna z wartości temperatur wskazywanych przez termopary dodatkowe nie może przekroczyć 180°C ponad wartość temperatury otoczenia. Do celów obliczeniowych skrzydło drzwiowe zostało uproszczone do płaskiej płyty wielowarstwowej. Czujniki temperatury główne przy założeniu idealnego wykonania skrzydła drzwiowego będą jedynie podlegały oddziaływaniu przenikania ciepła. Na czujniki temperatur dodatkowych poza przenikaniem ciepła będą wpływać oddziaływania cieplne, pochodzące ze szczeliny między skrzydłem a ościeżnicą, oraz ich zmiany wynikające z rozszerzalności cieplnej całych drzwi.

Na RYS. 1 przedstawiono prawidłowe rozmieszczenie termopar na jednoskrzydłowych drzwiach przeciwpożarowych według norm [1, 2].

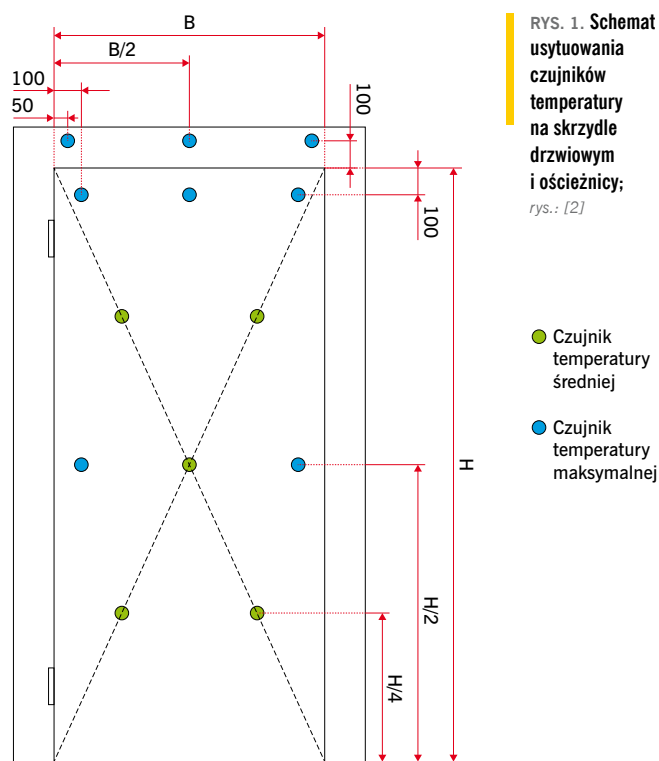
Zależność temperatury ( $t_h$ ) w piecu jako funkcja czasu ogrzewania ( $t$ ) została przedstawiona za pomocą wzoru (1) oraz na RYS. 2:

$$t_h = 345 \log_{10}(8t + 1) + 20 \quad (1)$$

gdzie:

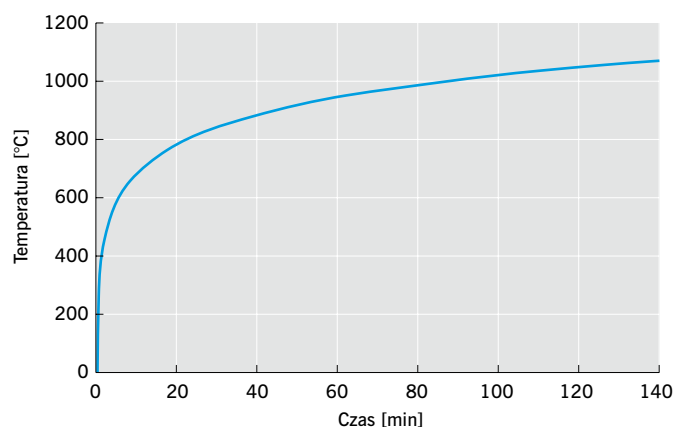
$t_h$  – średnia temperatura w piecu [°C],

$t$  – czas [min].



RYS. 1. Schemat usytuowania czujników temperatury na skrzydle drzwiowym i ościeżnicy; rys.: [2]

- Czujnik temperatury średniej
- Czujnik temperatury maksymalnej



RYS. 2. Wykres obrazujący zależność temperatury od czasu podgrzewania  $t_h = f(t)$ ; rys.: autor

Przyjęte założenia były konieczne do opisu zjawiska przenoszenia ciepła, odwzorowującego rzeczywisty przebieg tego zjawiska w czasie pożaru.

## PRZENOSZENIE CIEPŁA PRZEZ NIESKOŃCZONĄ PŁASKĄ PŁYTĘ

Strumień ciepła wyzwalanego w czasie pożaru jest określony równaniem Pecleta (3). Ze względu na to, że temperatura pieca jest zmienna, fakt ten musi być uwzględniony w równaniu [4, 5]:

$$\dot{Q} = \frac{dQ}{dt} \quad (2)$$

Wobec tego korzystając z równania Pecleta, można napisać, że: (3)

$$\dot{Q} = A \frac{t_h - t_c}{\frac{1}{\alpha_h} + \sum_i \left( \frac{\delta}{\lambda} \right)_i + \frac{1}{\alpha_c}} \quad (3)$$

gdzie:

$A$  – pole powierzchni skrzydła drzwiowego [m<sup>2</sup>]

$t_c$  – temperatura otoczenia [°C],

$\frac{1}{\alpha_h} + \sum_i \left( \frac{\delta}{\lambda} \right)_i + \frac{1}{\alpha_c}$  – współczynnik przenikania ciepła [W/(m<sup>2</sup>·K)]

Po podstawieniu w równaniu (3) za temperaturę w piecu ( $t_h$ ) prawą stronę formuły (1) otrzymuje się funkcję określającą zależność strumienia przenikającego przez ściankę wielowarstwową od czasu [4]:

$$\dot{Q}(t) = A \frac{345 \log_{10}(8t+1) + 20 - t_c}{\frac{1}{\alpha_h} + \sum_i \left( \frac{\delta}{\lambda} \right)_i + \frac{1}{\alpha_c}} \quad (4)$$

Do wyznaczenia temperatury płaszcza drzwiowego po stronie nienagrzewanej niezbędna jest wielkość stanowiąca stosunek

oporu cieplnego materiału oraz spalin wewnątrz pieca do sumy wszystkich oporów cieplnych, podczas przenikania ciepła, wraz z oporem powietrza będącego na zewnątrz pieca (5). Jest to podobny wzór do zawartego w normie ISO 10077-1:20 [3] z tą różnicą, że nie jest uwzględniane przenikanie ciepła przez ościeżnicę, dlatego ponieważ powyższa norma określa współczynnik przenikania ciepła w warunkach normalnego użytkowania drzwi, nie zaś w trakcie pożaru. Ponadto w badaniu ogniowym przedmiotem zainteresowania jest temperatura w miejscach zainstalowania termopar, nie zaś całkowita średnia temperatura skrzydła drzwiowego i ościeżnicy [5].

$$t_{drzwi} = t_h - \frac{(t_h - t_c) \cdot \left( \frac{1}{\alpha_h} + \sum_j \left( \frac{\delta}{\lambda} \right)_j \right)}{\frac{1}{\alpha_h} + \sum_i \left( \frac{\delta}{\lambda} \right)_i + \frac{1}{\alpha_c}} \quad (5)$$

Równanie (5) może zostać użyte do obliczenia wartości temperatur wyznaczonych przez termopary główne. Obliczona wartość temperatur będzie zbliżona do warunków panujących w rzeczywistości. Należy również przyjąć poprawkę na niedoskonałość próbki i niedoskonałość badania, np. nierównomierną ilość kleju, uszkodzenie wełny mineralnej wewnątrz skrzydła drzwiowego, wpływ ciepła przewodzonego przez kasetę zamka, wpływ spalin wydostających się spod progu drzwiowego i omywającego drzwi od strony nienagrzewanej, nieprawidłowe przyklejenie termopar, wartość gradientu temperatury pieca odbiegającego od przyjętej normy itp.

Przedstawiona metoda obliczania strumienia ciepła przenikającego przez przegrodę umożliwia obliczenie wartości temperatury »

REKLAMA



Dostarczamy bezpieczeństwo

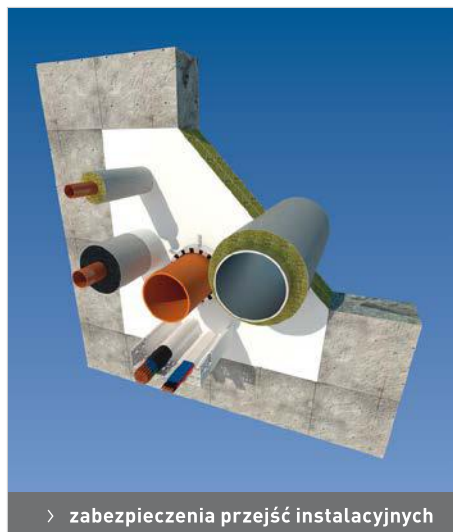


> systemy natryskowe



> systemy płyt ogniochronnych

> systemy farb pęczniących



> zabezpieczenia przejść instalacyjnych

## Lider w zakresie zabezpieczeń ogniochronnych konstrukcji budowlanych

> fachowe doradztwo

> nowoczesne technologie

> wieloletnie doświadczenie

> gwarantowana jakość



» termopary w zależności od rodzaju wypełnienia przegrody ogniowej. Na RYS. 3 przedstawiono przykładowy przekrój drzwi z trzema warstwami wełny mineralnej (A), jedną warstwą płyty gipsowo-kartonowej (B) oraz warstwami kleju pomiędzy każdym z materiałów (C) [6]. W przypadku płaskiej płyty warstwowej kolejność warstw z punktu widzenia przewodzenia ciepła nie ma znaczenia [4].

### BADANIA STATYSTYCZNE

Przeprowadzając wnioskowanie dedukcyjne, w którym jako następstwo można przyjąć zaobserwowanie wyższej wartości temperatury, niż wynikałoby to z obliczeń uzyskanych w wyniku zastosowania podstawowych wzorów przenoszenia ciepła, można stwierdzić, że spowodowane jest to między innymi: wpływem przewodzenia ciepła przez blachę stalową w okolicach przyłgi oraz przepływu gorących spalin przez szczeliny między skrzydłem drzwiowym a ościeżnicą, spowodowane wydłużaniem cieplnym materiału i w efekcie jego ugięciem. Przykładowa szczelina, zabezpieczona uszczelnkami pęczniącymi wskutek wzrostu temperatury, umieszczona pomiędzy skrzydłem drzwiowym a ościeżnicą, została przedstawiona na RYS. 4.

Biorąc pod uwagę komplikację obliczenia strumienia ciepła w szczelinie między skrzydłem drzwiowym a ościeżnicą oraz dużą losowość odkształcenia się szczelin poprzez rozszerzalność termiczną drzwi, funkcja opisująca zjawisko przenikania ciepła wysoce się komplikuje. Do określenia wartości temperatur termopar dodatkowych zostało wykorzystane wnioskowanie statystyczne próbki, pochodzącej z populacji ogólnej (generalnej) w formie danych pochodzących z raportów badań ogniowych znajdujących się w archiwum firmy Assa Abloy Mercor Doors.

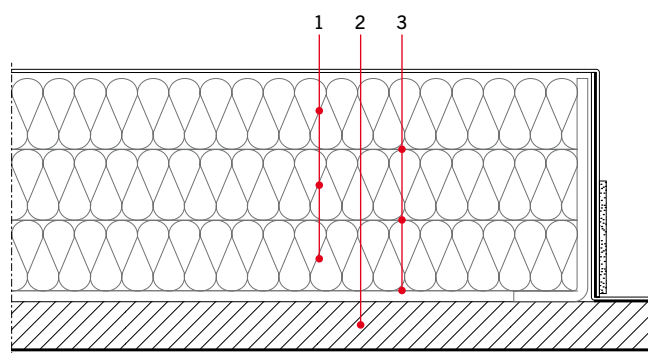
Na podstawie raportów dotyczących 2 modeli drzwi wybrano 9 analogicznych termopar: 3 termopary główne, 3 termopary dodatkowe na skrzydle drzwiowym oraz 3 termopary dodatkowe na ościeżnicy. Dla odpowiadających sobie termopar na różnych drzwiach, odczytano z wykresów i tabel wartości temperatur w punktach 2 kolejnych chwil czasu przenikania ciepła. Pierwsza z chwil tego czasu wraz z wartością temperatury, została odczytana dla miejsca, w którym funkcja zmienia swój przebieg tak, że zwiększa się  $\tan \alpha$  jej stycznej. Teoretyczna funkcja powinna mieć przebieg zbliżony do przebiegu na RYS. 2, w rzeczywistości jednak funkcje te, po określonym czasie badania zmieniają swój przebieg w sposób widoczny na RYS. 5 [7]. Drugi odczyt danych dotyczył czasu zakończenia badania, któremu odpowiadała maksymalna temperatura.

Po sporządzeniu tabeli ze wszystkimi danymi, z powodu widocznych różnic wartości, przyjęto do testowania hipotezę statystyczną  $H_0$  brzmiącą „miejsce usytuowania termopary nie ma znaczenia” oraz hipotezę alternatywną  $H_a$  brzmiącą „miejsce usytuowania termopary ma znaczenie”. Po wykonaniu testu hipotezy statystycznej za pomocą statystyki Fishera dla poziomu istotności  $\alpha = 0,01$  odrzucono hipotezę  $H_0$ , a więc nie było przeciwwskazań do przyjęcia hipotezy alternatywnej  $H_a$  [8].

W celu sprawdzenia rozkładów prawdopodobieństwa temperatur oraz przedziałów czasów badań sporządzono TABELĘ 1-4.

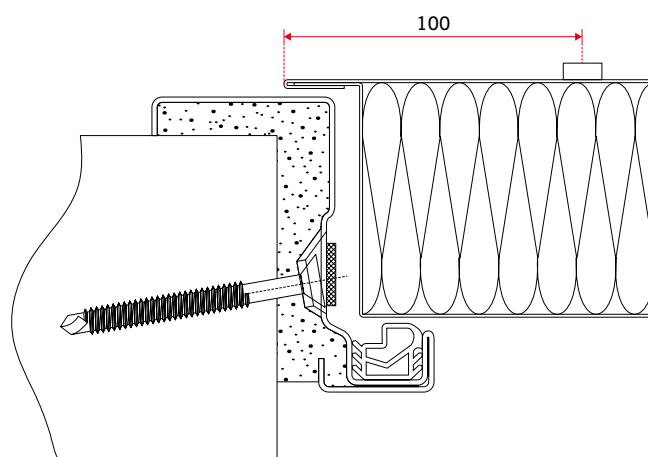
Na podstawie danych utworzono 24 histogramy oraz nanie­siono na nie odpowiadające im teoretyczne rozkłady prawdopodobieństw:

- » czasu punktu przegięcia oraz punktu końcowego czujników temperatury średniej drzwi EI30 oraz EI60,
- » temperatur punktu przegięcia oraz punktu końcowego czujników temperatury średniej drzwi EI30 oraz EI60,



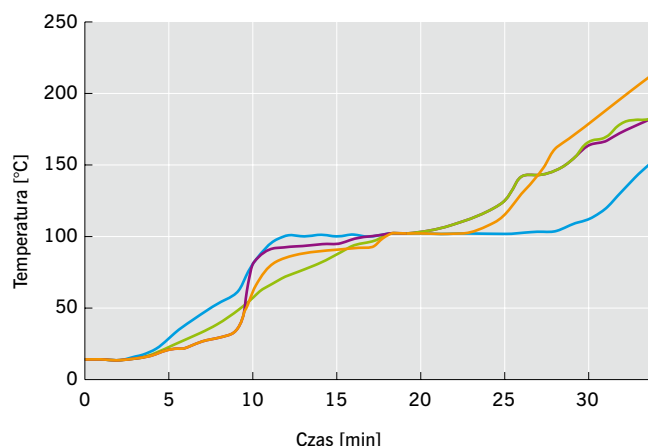
RYS. 3. Przekrój drzwi przeciwpożarowych; rys.: [7]

1 – wełna mineralna, 2 – płyta gipsowo-kartonowa, 3 – warstwa kleju



RYS. 4. Przekrój skrzydła drzwiowego i ościeżnicy drzwi przeciwpożarowych;

rys.: [7]



RYS. 5. Przebieg rzeczywistych wartości temperatur jako funkcja czasu; rys.: [7]

- » czasu punktu przegięcia oraz punktu końcowego czujników temperatury maksymalnej drzwi EI30 oraz EI60,
- » temperatur punktu przegięcia oraz punktu końcowego czujników temperatury maksymalnej drzwi EI30 oraz EI60,
- » czasu punktu przegięcia oraz punktu końcowego czujników temperatury ościeżnic drzwi EI30 oraz EI60,
- » temperatur punktu przegięcia oraz punktu końcowego czujników temperatury ościeżnic drzwi EI30 oraz EI60.

Sprawdzono rozkłady poszczególnych grup termopar w programie StatSoft Statistica. Za pomocą testu chi-kwadrat przyjęto, »

Lokalizacja termopar	Drzwi o odporności ogniowej			
	EI 30		EI 60	
	Czas [min]	Temperatura [°C]	Czas [min]	Temperatura [°C]
Główne	27,310	78,024	50,944	81,333
Dodatkowe na skrzydle drzwiowym	29,813	84,542	50,407	81,556
Dodatkowe na ościeżnicy	19,083	84,083	43,278	99,139

TABELA 1. Wartości średniej arytmetycznej dla punktu przełączenia funkcji przebiegu temperatury w czasie

Lokalizacja termopar	Drzwi o odporności ogniowej			
	EI 30		EI 60	
	Czas [min]	Temperatura [°C]	Czas [min]	Temperatura [°C]
Główne	38,208	121,625	71,222	171,630
Dodatkowe na skrzydle drzwiowym	38,875	136,958	71,222	148,667
Dodatkowe na ościeżnicy	38,875	178,792	71,222	169,370

TABELA 3. Wartości średniej arytmetycznej dla punktu końcowego funkcji przebiegu temperatury w czasie

Lokalizacja termopar	Drzwi o odporności ogniowej			
	EI 30		EI 60	
	Czas [min]	Temperatura [°C]	Czas [min]	Temperatura [°C]
Główne	7,804	18,909	10,622	13,312
Dodatkowe na skrzydle drzwiowym	5,579	13,849	12,565	13,428
Dodatkowe na ościeżnicy	5,116	15,068	15,518	28,137

TABELA 2. Wartości odchylenia standardowego dla punktu przełączenia funkcji przebiegu temperatury w czasie

Lokalizacja termopar	Drzwi o odporności ogniowej			
	EI 30		EI 60	
	Czas [min]	Temperatura [°C]	Czas [min]	Temperatura [°C]
Główne	10,813	48,657	7,177	47,665
Dodatkowe na skrzydle drzwiowym	11,155	52,526	7,177	39,999
Dodatkowe na ościeżnicy	10,937	49,170	7,177	82,315

TABELA 4. Wartości odchylenia standardowego dla punktu końcowego funkcji przebiegu temperatury w czasie

PROMOCJA

**NEWSLETTER**

**E-BOOK**

**KATALOG FIRM**

**PRZEGLĄDARKA PRODUKTÓW**

Dostęp do wartościowych i wiarygodnych treści w każdym miejscu i czasie, możliwość komentowania i współtworzenia informacji

Przepisy, wydarzenia i nowości z branży budowlanej

**IZOLACJE.com.pl**  
budownictwo przemysł ekologia

» że są najbliższe rozkładowi normalnemu. Przykładowy rozkład normalny dla czasu punktu przegięcia termopary ościeżnicy w drzwiach EI30 przedstawiono na RYS. 6. Dla prostoty obliczeń przedstawiono rozkład w formie dyskretny, a jeden przedział klasowy jest równy jednej minucie. Dzięki histogramom możliwe jest odczytanie takiego prawdopodobieństwa, aby czas lub wartość temperatury znajdowała się powyżej lub poniżej zakładanego przez projektanta poziomu.

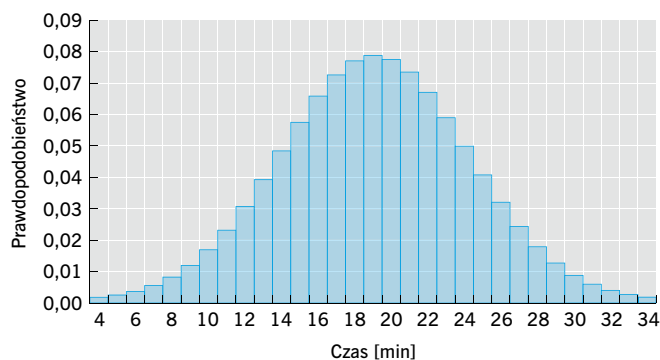
Na podstawie 24 histogramów opracowano 6 wykresów pomocniczych, do obliczania prawdopodobieństwa uzyskania określonych wyników badań. Jeden z nich przedstawiono na RYS. 7. Przekroczenie poziomej linii 140°C oznacza zakończenie badania, zaś minimalny wymagany czas dla drzwi o odporności ogniowej EI30, który należy uzyskać wynosi 36 minut, a więc należy do obszaru po prawej stronie pionowej linii. Wartości procentowe naniesione na prostokąty oznaczają wartość prawdopodobieństwa, że w danym polu będzie znajdował się punkt końcowy lub przegięcia. Pomarańczowym kolorem oznaczony jest odcinek pomiędzy średnią wartością arytmetyczną temperatury i czasu punktu przegięcia oraz punktu końcowego.

## WNIOSKI

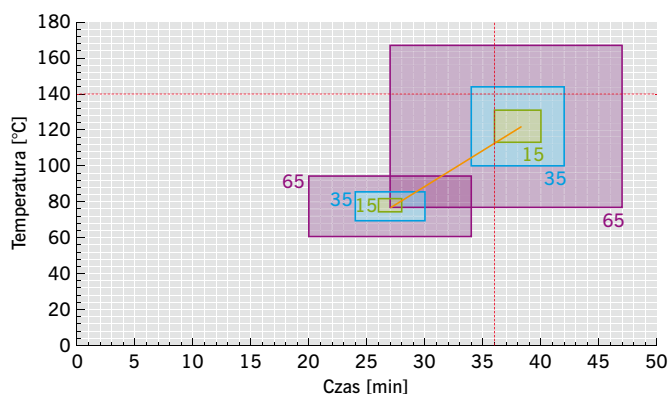
Zaproponowany schemat postępowania umożliwia przewidywanie wyników badań ogniowych drzwi przeciwpożarowych. Zgodnie z tą propozycją należy początkowo obliczyć temperaturę średnią na płaszczy skrzydła drzwiowego za pomocą równań Pecleta. Następnie należy sprawdzić termopary dodatkowe po opracowaniu danych statystycznych. W przypadku, gdy wypełnienie skrzydła drzwiowego uległo zmianie, należy obliczyć wartość temperatury i czas końcowy za pomocą równania przenikania ciepła dla płyty wielowarstwowej a następnie nanieść odpowiednie korekty (przesunąć odcinek funkcji przy zachowaniu współczynnika kierunkowego) na pomocniczym wykresie, przydatnym do obliczania prawdopodobieństwa uzyskania określonej temperatury na powierzchni drzwi. Warunkiem koniecznym jest zbliżona konstrukcja drzwi badanych do konstrukcji drzwi z bazy danych. Proponowany schemat postępowania może pomóc projektantowi zabezpieczeń przeciwpożarowych, pod warunkiem posiadania bazy danych własnego produktu. Należy przy tym pamiętać, iż w świetle przepisów prawa budowlanego, jedynie przeprowadzenie rzeczywistych badań ogniowych upoważnia do wprowadzenia produktu na rynek oraz zapewnia bezpieczne użytkowanie drzwi.

## LITERATURA

1. PN-EN 1363-1:2001, „Badania odporności ogniowej. Część 1: Wymagania ogólne”.
2. PN-EN 1634-1:2009, „Badania odporności ogniowej i dymoszczelności zestawów drzwiowych i żaluzjowych, otwieralnych okien i elementów okuć budowlanych. Część 1: Badania odporności ogniowej drzwi, żaluzji i otwieralnych okien”.
3. ES-ISO 10077-1:2012, „Thermal performance of windows, doors and shutters – Calculation of thermal transmittance. – Part 1: General”.
4. B. Staniszewski, „Wymiana ciepła, zadania i przykłady”, PWN, Warszawa 1965.



RYS. 6. Histogram obrazujący empiryczny rozkład czasu przenikania ciepła; rys.: autor



RYS. 7. Wykres do odczytywania prawdopodobieństwa uzyskania wyników badania ogniowego; rys.: autor

5. S. Wiśniewski, „Termodynamika techniczna”, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1999.
6. Krajowa Ocena Techniczna ITB-KOT-2017/0326, wydanie 1, Warszawa 2017.
7. Raporty z badań ogniowych z archiwum Assa Abloy Mercor Doors w latach 2004–2017.
8. D. Bobrowski, „Probabilistyka z zastosowaniami technicznymi”, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 1980.

## ABSTRAKT

W artykule opisano propozycję projektowania jednoskrzydłowych drzwi przeciwpożarowych w oparciu o normy PN-EN 1363 oraz PN-EN 1634. Wykorzystano podstawowe równania przenikania ciepła, wynikające z prawa Pecleta, dotyczące tego rodzaju przenoszenia ciepła. Zaprezentowano wyniki badań statystycznych zebranych na podstawie przeprowadzonych badań ogniowych w certyfikowanych laboratoriach.

The paper presents the method of design of single leaf fire resistant doors according to PN-EN 1363 and PN-EN 1634 standards. Basic heat transfer equations derived from the Peclet formula have been used. Statistical data resulting from fire resistance tests conducted by certified laboratories have been presented.



**Łukasiewicz**

Instytut Mechanizacji Budownictwa  
i Górnictwa Skalnego

Oddział Zamiejscowy w Katowicach

**izolacja**

# Aparat do badania własności cieplnych wyrobów rurowych (otulin)

Najszerszy zakres temperaturowy pomiaru w Europie Środkowej  
 $T_{\text{średnia}} = \text{od } -40^{\circ}\text{C do } +600^{\circ}\text{C}$

Badania współczynnika przewodzenia ciepła  $\lambda$  [ $\text{W}/\{\text{m}\cdot\text{K}\}$ ] materiałów do izolacji:

- instalacji przemysłowych
- instalacji technicznych
- instalacji chłodniczych
- instalacji solarnych



Laboratorium Materiałów Badawczych „IZOLACJA”

al. W. Korfantego 193 A, 40-157 Katowice, tel.: 32 258 13 73, fax: 32 258 35 53, izolacje@imbigs.pl, www.imbigs.pl

# WYKORZYSTANIE ZEOLITÓW NATURALNYCH JAKO DODATKU DO ZAPRAW I BETONU

Use of natural zeolites as an additive to mortars and concrete ABSTRAKT » S. 53

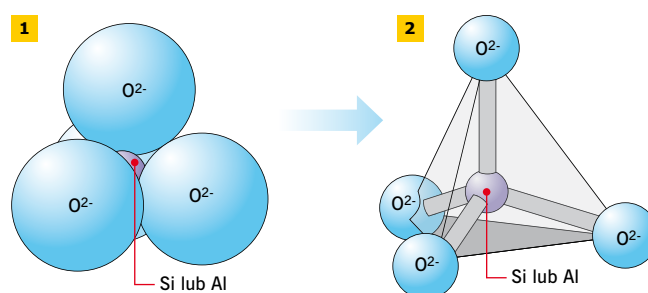
Obecnie obserwuje się dynamiczny rozwój zagospodarowania obszarów podmiejskich i miejskich, co bezpośrednio prowadzi do wzrostu zapotrzebowania na materiały budowlane, w tym na kompozyty o matrycy cementowej. Zróżnicowanie zapotrzebowania na te materiały i ich właściwości spowodowało, że aktualnie dodatki do betonu stały się nieodłącznym składnikiem zapraw i betonów. Stosowanie dodatków mineralnych jest jednocześnie skutkiem działań proekologicznych stawiających sobie za cel poszukiwanie materiałów mogących być alternatywą dla części cementu.

Od lat prowadzone są badania nad zastosowaniem dodatków o właściwościach puculanowych lub wysokiej aktywności puculanowej w mieszankach cementowych oraz ich wpływem na właściwości tych materiałów. Jedną z ważnych kwestii w technologii kompozytów cementowych jest stosowanie dodatków mineralnych, w tym zeolitów [1–3]. Znaczne polepszenie wybranych właściwości betonu jest zadaniem dodatków, które powodują eliminację części cementu i poprawiają urabialność mieszanki betonowej uzupełniając pylaste frakcje kruszywa. Zeolity używane do produkcji betonu polepszają jego właściwości użytkowe, w tym wytrzymałość, sprężystość, odporność na działanie czynników szkodliwych. Dobór odpowiedniego zeolitu i jego proporcji pozwala na uzyskanie kompozytów o pożądanych właściwościach.

Zeolity to materiały o wysokiej aktywności puculanowej, które ze względów ekonomicznych oraz w zakresie ochrony środowiska, jak również z uwagi na swoje właściwości modyfikujące kompozyty cementowe wpisują się doskonale we współczesne wymagania odnośnie materiałów budowlanych. Są one ekologiczne, trwałe, ekonomiczne i estetyczne oraz łatwe w opracowywaniu modułów sprzyjających ich wykorzystaniu w budowie materiałów budowlanych.

## POCHODZENIE I BUDOWA ZEOLITÓW

Zeolity naturalne powstają wskutek działalności wulkanicznej. Występują również zeolity syntetyczne wytwarzane w laboratoriach. Zeolity to glinokrzemiany o porowatej budowie zawierające duże ilości reaktywnych  $\text{SiO}_2$  i  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , odkryte przez szwedzkiego mineraloga Axela Frederica von Cronstedta w 1756 roku. Połączenie atomów w zeolitach tworzących elementy struktury krystalicznej zwane tetraedrami można przestawić graficznie w postaci czworościanu foremego (RYS. 1–2). Kationy krzemu lub glinu z uwagi na niewielkie rozmiary mieszczą się w pustce utworzonej przez aniony tlenu.



RYS. 1–2. Budowa tetraedru: połączenie atomów w tetraedrze (1), model czworościanu foremego tetraedru (2); rys.: autorzy

W strukturze szkieletowej zeolitów znajdują się wolne przestrzenie, które wypełniają duże jony i cząsteczki wody, dzięki czemu zeolity charakteryzują się dużą pojemnością sorpcyjną, aktywnością katalityczną oraz wysokim poziomem selektywności jonowymiennej. Cecha ta występuje zarówno u zeolitów naturalnych, jak i syntetycznych [4].

Wśród zeolitów pochodzenia naturalnego (znanych jest obecnie około 40), które występują powszechnie w środowisku wyróżniają się przede wszystkim następujące typy:

- » klinoptylolit  $\text{Na}_6[(\text{AlO}_2)_6(\text{SiO}_2)_{30}] \cdot 24\text{H}_2\text{O}$ ,
- » chabazyt  $\text{Ca}_2[(\text{AlO}_2)_4(\text{SiO}_2)_8] \cdot 13\text{H}_2\text{O}$ ,
- » mordenit  $\text{Na}_8[(\text{AlO}_2)_8(\text{SiO}_2)_{40}] \cdot 24\text{H}_2\text{O}$ .

W latach 40. ubiegłego wieku wypracowano innowacyjną wówczas i stosowaną do dnia dzisiejszego metodę pozyskiwania syntetycznych zeolitów, którą jest hydrotermiczna reakcja zachodząca w temperaturze 80–350°C [5]. Proces syntezy zeolitów i uwarunkowania determinujące go opisano między innymi w pracach [6–7]. Badania naukowe wskazują, że zeolity syntetyczne można otrzymać z każdego rodzaju popiołu lotnego, ponieważ wysokie wskaźniki Si i Al, dobrane w odpowiednich proporcjach gwarantują otrzymanie zeolitu o określonych właściwościach.

## WŁAŚCIWOŚCI ZAPRAW I BETONÓW MODYFIKOWANYCH ZEOLITEM

Zeolity charakteryzują się wysoką aktywnością puculanową, co powoduje duże zainteresowanie badaczy tym materiałem. Między innymi Ramezianpour i in. [8] oraz Sičáková i in. [9] wykazali, że większość reakcji puculanowych zachodzi między 7 do 28 dniem. Sičáková i in. [9] dowiedli również, że 25% udział zeolitu w stosunku do cementu skutkuje wolniejszym przyrostem wytrzymałości na ściskanie betonu niż w pozostałych recepturach z 8 i 13% udziałem zeolitu. Prowadząc badania trzyletnie betonów, potwierdzono

długoterminowy potencjał zeolitu do poprawy wytrzymałości na ściskanie betonu i absorpcję wody. Badania Koncy [10] prowadzone do 90 dnia potwierdziły pozytywny wpływ zeolitu na rozwój wytrzymałości na ściskanie materiałów o matrycy cementowej.

Poddając badaniu dwie grupy betonów modyfikowanych zeolitem zastępującym część cementu w ilości 5, 10, 20 i 30% jego masy, Szulej i in. [11] stwierdzili, że wprowadzenie w drugiej grupie betonów plastyfikatora, poprawiającego urabialność mieszanki betonowej, skutkuje także wzrostem wytrzymałości na ściskanie betonu, jednak w późniejszym okresie. Badania prowadzono do 56 dnia. Poza tym w pierwszej grupie betonów zauważono rozrzut wartości wytrzymałości na ściskanie, sięgające nawet kilkanaście procent. Najwyraźniej obserwowano to w przypadku wytrzymałości 28-dniowej. Ocenie podano oprócz wytrzymałości na ściskanie także nasiąkliwość i mrozoodporność betonów. Późniejsze badania tych autorów [12] potwierdziły korzystny wpływ modyfikatora w postaci zeolitu na wzrost wytrzymałości na ściskanie i zginanie, ale tylko przy udziale tego modyfikatora poniżej 15% m.c.

Zastosowanie naturalnego zeolitu prowadzi do zmniejszenia porowatości [8, 13], a tym samym do znacznego zmniejszenia przepuszczalności wody i absorpcji kapilarnej materiałów z matrycą cementową; najbardziej widoczne w przypadku wyższych stosunków w/c [8]. Poon i in. [13] wskazują jednak na wzrost porowatości materiałów o matrycy cementowej na skutek modyfikacji zeolitem w ilości powyżej 25% masy cementu.

Wzrost wytrzymałości materiałów z matrycą cementową zawierających zeolit wynika nie tylko ze zmniejszenia porowatości matrycy, ale także poprawy mikrostruktury strefy przejściowej zaczyn/kruszywo, spowodowanej zmniejszeniem zawartości wodorotlenku wapnia w tej strefie [8].

Małolepszy i Grabowska [14] stwierdzili, że dodanie zeolitów do mieszanki cementowej wpływa na ciepło hydratacji i czas wiązania, jak również wytrzymałość na ściskanie, wodoszczelność i odporność na działanie czynników korozyjnych. Wykazano, że wytrzymałość próbek z 10% dodatkiem zeolitu wzrosła dwukrotnie w stosunku do zaprawy bez tego dodatku. Znaczenie miał tu zastosowany proces autoklawizacji, który spowodował wzrost parametrów wytrzymałościowych i wskazał możliwości stosowania tego dodatku w betonach komórkowych.

Zwrócenie większej uwagi na zeolity spowodowane jest także koniecznością poszukiwania materiałów nie tylko stanowiących choćby częściowo alternatywę dla cementu, ale również dodatków mogących sprzyjać immobilizowaniu metali ciężkich w matrycy cementowej. Metali pochodzących głównie z paliw alternatywnych. Tworzone nowe fazy powstające w czasie hydratacji cementów z dodatkiem zeolitu dają takie możliwości [15].

Dodatek zeolitu ponadto zwiększa trwałość konwencjonalnego betonu nie tylko poprzez zmniejszenie przepuszczalności betonu, a przede wszystkim poprzez poprawę odporności na reakcję kruszywa alkalicznego [9].

Obecnie zakres wykorzystania zeolitów w materiałach o matrycy cementowej poszerzany jest o zaprawy samozagęszczalne, w tym z jednoczesnym zastosowaniem nanoproszków oraz nanobetonów.

Mimo że badania są w fazie eksperymentalnej, uzyskiwane rezultaty w przypadku zapraw samozagęszczalnych są obiecujące. Nasr i in. [16] przedstawili wyniki badań SCM (*self-compacting mortar*), do których jednocześnie wprowadzono zeolit oraz nanokrzemionkę, zastępując część cementu. Największy wzrost wytrzymałości na ściskanie i zginanie wykazały zaprawy z udziałem 15% zeolitu i 3% nanokrzemionki. Dodatek zeolitu wraz z nanokrzemionką spowodował

wzrost oporności elektrycznej SCM i w konsekwencji zmniejszył ich przepuszczalność. Odnotowano spadek wnikania jonów chlorkowych do zapraw samozagęszczalnych szczególnie w wieku 90 dni. Zaobserwowano również korzystny wpływ na proces hydratacji i właściwości mikrostrukturalne zapraw samozagęszczalnych.

Możliwości stosowania zeolitów jako dodatku do betonu wraz z nanomodyfikatorami wykazano między innymi w pracach [17, 18].

Eskandari i in. [17] wskazali na nieznaczny poprawę właściwości mechanicznych badanych betonów wykonanych z jednoczesnym udziałem dwóch modyfikatorów zeolitu i nanokrzemionki. Betony, do których wprowadzono 2% nanokrzemionki i 8% zeolitu, wykazały znaczny spadek penetracji jonów chlorkowych i zwiększenie oporności elektrycznej. Zmniejszona penetracja chlorków może prowadzić do opóźnionej inicjacji korozji stali, a także związana jest z mniejszą absorpcją kapilarną wody, co wykazano w pracy [18]. Chandra i in. [18] stwierdzili, że zeolit wychwytuje i zatrzymuje wodę mniej więcej w pierwszym centymetrze głębokości, uniemożliwiając jej głębszą penetrację, co pozytywnie wpływa na trwałość betonu.

## PRZYCZYNEK DO BADAŃ KOMPOZYTÓW Z DODATKIEM ZEOLITÓW

Badania własne przeprowadzono na zaprawach cementowych z 10% zawartością zeolitu, przy założeniu stałego stosunku woda/spoiwo w/s wynoszącego 0,47. Składnikami zaprawy były: cement portlandzki CEM I 42,5R z cementowni Ożarów, piasek fakcji do 2 mm z kopalni Strzegocice, woda wodociągowa, zeolit (Astra Technologia Betonu) oraz superplastyfikator Sikamet 400/30, użyty w celu uzyskania założonej konsystencji zaprawy (rozptyły 14,95 cm). Właściwości zastosowanego cementu i dodatku zestawiono w **TABELACH 1–2**, a skład zaprawy w **TABELI 3**.

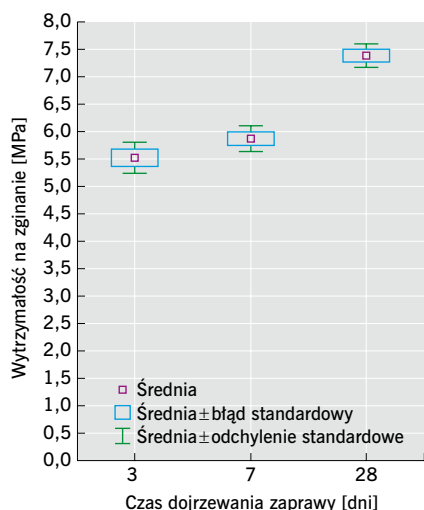
W badaniach określono wytrzymałość zaprawy na ściskanie i zginanie po 3, 7 i 28 dniach dojrzewania. Badania przeprowadzono na beleczkach o wymiarach 40×40×160 mm, po trzy dla każdej serii.

Uzyskane wyniki badań wytrzymałościowych przedstawiono graficznie na **RYS. 3–4**.

Badania strukturalne zapraw modyfikowanych zeolitem obejmowały analizę morfologii powstałych na skutek zniszczenia (w badaniu wytrzymałości na zginanie) powierzchni przełomów belek z zaprawy z wykorzystaniem profilometru laserowego Talysurf CLI 1000 firmy Taylor Hobson. Na powierzchniach zostały wydzielone po 12 linii profilowych o długości 30 mm każda. Dokonano pomiaru z krokiem dyskretyzacji 1 μm, co dało 30001 punktów opisujących linię profilową. Dla tak uzyskanych linii profilowych określono największą całkowitą wysokość profilu *Pt*. Uzyskane rezultaty przedstawiono na **RYS. 5**.

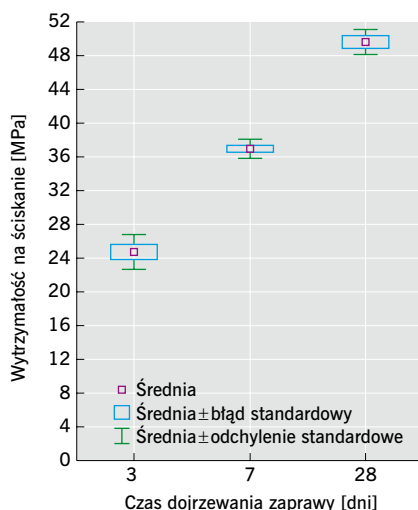
Analiza wyników największej całkowitej wysokości profilu chropowatości *Pt* wykazała wpływ wieku zaprawy modyfikowanej zeolitem na kształt uzyskiwanych linii profilowych charakteryzujących powstałe powierzchnie przełomów. Wraz z wiekiem zaprawy uzyskane wartości największej całkowitej wysokości profilu chropowatości *Pt* zmniejszyły się, co świadczy o zmniejszeniu nierówności na powierzchni przełomu, a jednocześnie o bardziej jednorodnej strukturze stwardniałego zaczynu cementowego. Uzyskane wyniki korespondują z wynikami wytrzymałości na zginanie i ściskanie.

W przypadku wszystkich wyników badań dokonano analizy jednorodności wariancji oraz analizy wariancji testem Fishera-Snedecora przy założonym poziomie istotności 0,05. Wykazano jednorodność wariancji wszystkich badanych cech, jak również wykazano istotność wpływu wieku zaprawy na uzyskiwane wyniki wytrzymałości na zginanie, ściskanie oraz największą całkowitą wysokość profilu »



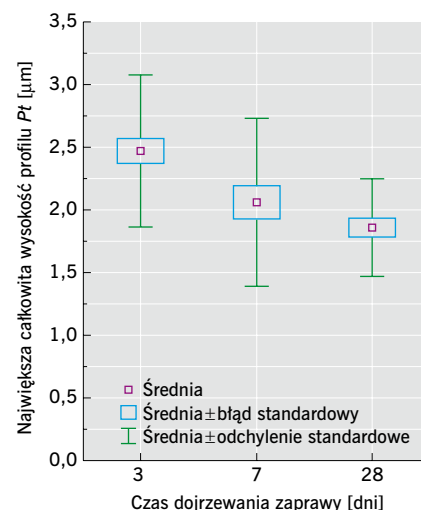
RYS. 3. Wytrzymałość na zginanie zapraw modyfikowanych zeolitem o  $w/s = 0,47$ ;

rys.: autorzy



RYS. 4. Wytrzymałość na ściskanie zapraw modyfikowanych zeolitem o  $w/s = 0,47$ ;

rys.: autorzy



RYS. 5. Największa całkowita wysokość profilu chropowatości Pt wydzielonego z powierzchni przelomów zapraw modyfikowanych zeolitem o  $w/s = 0,47$ ; rys.: autorzy

Właściwość	Wartości
Powierzchnia właściwa wg Blaine'a	4200 cm <sup>2</sup> /g
Początek czasu wiązania	185 min
Koniec czasu wiązania	252 min
Gęstość właściwa	3,11 g/cm <sup>3</sup>
Zawartość siarczanów SO <sub>3</sub>	3,22%
Zawartość chlorków Cl-	0,05%
Zawartość alkaliów (Na <sub>2</sub> Oeq)	0,77%
Wodożądność	28,2%
Wytrzymałość na ściskanie po 2 dniach	31,5 ± 1,5 MPa
Wytrzymałość na ściskanie po 7 dniach	47,5 ± 1,7 MPa
Wytrzymałość na ściskanie po 28 dniach	57,5 ± 1,83 MPa

TABELA 1. Właściwości fizyczne i chemiczne cementu CEM I 42,5R (na podstawie danych producenta)

Właściwość	Opis i przyjmowane wartości
Wygląd	krystaliczny proszek
Barwa	szarozielona
Zapach	brak
pH	6,8–7,2
Temperatura topnienia	1340°C
Gęstość względna	1,5–2,5 g/cm <sup>3</sup>
Rozpuszczalność	nie rozpuszcza się w wodzie
Temperatura rozkładu	> 1300°C
Temperatura pełzania	1420°C

TABELA 2. Właściwości fizyczne i chemiczne zeolitu (na podstawie danych producenta)

- » chropowatości Pt. Stwierdzono zatem brak podstawy do przyjęcia hipotezy o równości średnich tych parametrów w zależności o wieku zaprawy.

## PODSUMOWANIE

Dokonując podsumowania, należy podkreślić znaczenie, jakie od wielu lat przypisywane jest dodatkowi zeolitów do kompozytów

Składniki zaprawy	Ilość składnika [g]
Piasek	1350
CEM I 42,5R	405
Woda wraz z wodą z superplastyfikatora	210,9
Super-plastyfikator	12
Zeolit	45

TABELA 3. Skład zaprawy o  $w/s = 0,47$  z 10% udziałem zeolitu



FOT. Profilometr laserowy Talysurf CLI 1000; fot.: autorzy

o matrycy cementowej. Możliwości poprawy cech fizyko-chemicznych tych kompozytów stały się przyczynkiem do podejmowania i rozszerzania badań po dzień dzisiejszy. Stosowanie zeolitu jako zamiennika części cementu w materiałach o matrycy cementowej ma duże znaczenie w budownictwie zrównoważonego rozwoju i ochronie środowiska. Analiza korzyści wynikających z zastosowania zeolitu doprowadzi z pewnością do zwiększenia zapotrzebowania przez firmy wytwarzające zaprawy i beton na ten materiał.

Uzyskane wyniki badań własnych potwierdziły pozytywny wpływ dodatku zeolitu na rozwój wytrzymałości zapraw po 7 dniu ich dojrzewania. Najbardziej zauważalny był wzrost wytrzymałości na zginanie zaprawy między 7 a 28 dniem dojrzewania. Wzrost

wytrzymałości na zginanie zaprawy w tym okresie spowodowany był zapewne reakcjami pucolanowymi z udziałem zeolitu i zwiększeniem jednorodności mikrostruktury stwardniałego zaczynu cementowego oraz zmniejszeniem jego porowatości. Prezentowane podejście, uwzględniające badania morfologii powierzchni przelomów zapraw, pokazuje możliwości powiązania tego rodzaju badań z tradycyjnymi badaniami wytrzymałościowymi. Jest to podejście zgodne z ideą badawczą typową dla inżynierii materiałowej, łączącej analizę struktur z właściwościami materiału i technologią jego wytworzenia.

## LITERATURA

1. B. Ahmadi, M. Shekarchi, „Use of natural zeolite as a supplementary cementitious material”, „Cement and Concrete Composition”, 32/2/2010, s. 134–141.
2. W. Kurdowski, „Chemia cementu i betonu”, Stowarzyszenie Producentów Cementu, Wydawnictwo Naukowe PWN, Kraków–Warszawa 2010.
3. D. Siemaszko-Lotkowska, R. Gajewski, „Właściwości zeolitu w aspekcie zastosowania w betonie”, „Ceramika” 103/2008, s. 1101–1108.
4. V. Petranowski, F. Chaves-Rivas, M.A. Hernandez Espinoza, A. Pestryakov, E. Kolobova, „Potential uses of natural zeolites for the development of new materials: short review”, „Mater Web of Conferences” 85.
5. M. Łach, J. Mikuła, A. Grela, „Alkaliczna aktywacja metakaolinu oraz jego mieszanin z popiołem lotnym”, archiwum Gospodarki Odpadami i Ochrony Środowiska, 4/2014, s. 63–76.
6. W. Franus, M. Wdowin, „Wykorzystanie popiołów lotnych klasy F do produkcji materiału zeolitowego na skalę półtechniczną”, „Polityka Energetyczna” 2/2011, s. 79–91.
7. A. Ściubidło, I. Majchrzak-Kucęba, W. Nowak, „Wpływ składu chemicznego popiołów lotnych na efektywność procesu syntezy zeolitów Na-X”, [w:] „Polska Inżynieria Środowiska pięć lat po wstąpieniu do Unii Europejskiej” (J. Ozonek, A. Pawłowski – red.), Warszawa 2009, s. 225–237.
8. A.A. Ramezianpour, R. Mousavi, M. Kalhori, J. Sobhani, M. Najimi, „Micro and micro level properties of natural zeolite contained concretes”, „Construction and Building Materials” 101/2015, s. 347–358.
9. A. Sičáková, M. Špak, M. Kozlovská, M. Kováč, „Long-Term Properties of Cement-Based Composites Incorporating Natural Zeolite as a Feature of Progressive Building Material”, „Advances in Materials Science and Engineering” 8/2017.
10. P. Konca, „The effect of pozzolans addition on cement mortars”, „Czasopismo Inżynierii lądowej, Środowiska i Architektury”, 65/2018, s. 109–116.
11. J. Szulej, M. Pieńko, W. Franus, P. Ogrodnik, „Analiza właściwości zeolitu jako suplementu cementu na podstawie badań własnych i innych realizowanych na świecie”, „Logistyka”, 4/2015, s. 6052–6059.
12. J. Szulej, P. Ogrodnik, P. Klimek, „Zeolite Tuff and Recycled Ceramic Sanitary Ware Aggregate in Production of Concrete”, „Sustainability” 11/2019, s. 1782, DOI:10.3390/su11061782.
13. C.S. Poon, L. Lam, S.C. Kou, Z.S. Lin, „A study on the hydration rate of natural zeolite blended cement pastes”, „Construction and Building Materials”, 13(8)/1999, s. 427–432.
14. J. Mafolepsy, E. Grabowska, „Wpływ zeolitów na proces hydratacji spoiw mineralnych”, „Budownictwo i Architektura”, 3/2013, s. 185–192.
15. E. Grabowska, „Wpływ zeolitu na proces wiązania jonów siarczanowych w kompozytach cementowo-wapiennych”, „Logistyka” 4/2013, s. 144–151.
16. D. Nasr, B. Behforouz, P.R. Borujeni, SA Borujeni, B. Zehtab, „Effect of nano-silica on mechanical properties and durability of self-compacting mortar containing natural zeolite: Experimental investigations and artificial neural network modeling”, „Construction and Building Materials”, 229/2019, <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.116888>.
17. H. Eskandari, M. Vaghefi, K. Kowsari, „Investigation of Mechanical and Durability Properties of Concrete Influenced by Hybrid Nano Silica and Micro Zeolite”, „Procedia Materials Science” 11/2015, s. 594–599, <https://doi.org/10.1016/j.mspro.2015.11.084>.
18. S.H. Paul, A.S. van Rooyen, G.P.A.G. van Zijl, L.F. Petrik, „Properties of cement-based composites using nanoparticles: A comprehensive review”, „Construction and Building Materials”, 189/2018, s. 1019–1034.

## ABSTRAKT

Celem artykułu jest przedstawienie wybranych wyników badań kompozytów cementowych modyfikowanych zeolitem, występującym jako alternatywa dla części cementu, w tym w połączeniu z nanoproszkami. W artykule zaprezentowano wyniki badań własnych w zakresie wytrzymałości na ściskanie, zginanie oraz badań morfologii powierzchni powstałych na skutek zniszczenia. Wykazano korzyści wynikające z zastosowania zeolitów oraz przydatność opisaney metodyki badań morfologii powierzchni.

This paper aims at presenting selected results of analyses of cement composites with zeolite additives, used as an alternative to a portion of the cement content, including its combination with nanopowders. The article presents the outcomes of destructive tests in terms of compression strength, bending strength and surface morphology. It specifies the benefits of using zeolites and suitability of the described surface morphology testing methodology.

**MARIA PIETRAS** ukończyła studia na Wydziale Budownictwa i Inżynierii Środowiska Politechniki Rzeszowskiej. Obecnie jest doktorantką w Katedrze Inżynierii Materiałowej i Technologii Budownictwa, Wydział Budownictwa, Inżynierii Środowiska i Architektury Politechniki Rzeszowskiej. Zawodowo interesuje się badaniami i analizą kompozytów cementowych modyfikowanych dodatkami pylistymi.

**WIOLETA ISKRA-KOZAK** ukończyła studia na Wydziale Inżynierii Materiałowej i Ceramiki na Akademii Górniczo-Hutniczej. Obecnie pracuje na stanowisku asystenta w Katedrze Inżynierii Materiałowej i Technologii Budownictwa na Wydziale Budownictwa, Inżynierii Środowiska i Architektury na Politechnice Rzeszowskiej. Zawodowo zajmuje się badaniami i analizą kompozytów cementowych modyfikowanych nanoproszkami.

**JANUSZ KONKOL** ukończył studia na Wydziale Budownictwa i Inżynierii Środowiska Politechniki Rzeszowskiej. Pracuje na stanowisku profesora nadzwyczajnego w Katedrze Inżynierii Materiałowej i Technologii Budownictwa, Wydział Budownictwa, Inżynierii Środowiska i Architektury Politechniki Rzeszowskiej. Zawodowo zajmuje się badaniami i analizą właściwości kompozytów cementowych modyfikowanych z zastosowaniem metod inżynierii materiałowej. Jest autorem lub współautorem około 100 publikacji naukowych dotyczących opisu zależności między technologią a właściwościami i strukturą betonów, w tym z wykorzystaniem stereologii, fraktografii i geometrii fraktalnej.





 MGR INŻ. MACIEJ ROKIEL

# KLEJE ŻELOWE – WYBRANE CECHY I WŁAŚCIWOŚCI

*Gel adhesives – selected features and properties* ABSTRAKT » S. 57

O zaletach okładzin ceramicznych wykonywanych jako wykończenie ścian i podłóg nie trzeba nikogo przekonywać. Płytki są niezastąpione w takich pomieszczeniach jak kuchnie czy łazienki. Dobrej jakości płytki, odpowiednio dobrane i właściwie ułożone, są trwałym i estetycznym wykończeniem podłóg i ścian łatwo dającym utrzymać się w czystości. Także na balkonach czy tarasach wyłożenia ceramiczne są podstawowym (choć nie jedynym) sposobem wykończenia powierzchni.

Wybór odpowiednich, dostosowanych do warunków eksploatacyjnych okładzin ceramicznych to nie jedyny warunek pozwalający na długotrwałą eksploatację okładzin. Nie mniej ważne od doboru okładziny ceramicznej jest właściwe dobranie materiału do połączenia płytek z podłożem. Materiał taki powinien zapewnić mocne, trwałe i stabilne połączenie płytki z podłożem. Najpopularniejsze kleje do okładzin ceramicznych to materiały, w których spoiwem jest cement, a wypełniaczem odpowiednio dobrane uziarnienia kruszywa kwarcowych. Skład takich zapraw klejowych modyfikuje się dodatkami chemicznymi powodującymi np. uelastycznienie zaprawy, przyspieszenie czasu wiązania, zapobiegającymi zbyt szybkiemu oddawaniu wody przez zaprawę, ograniczającymi skurcz wiązania zaprawy itp. Od zapraw stosowanych na ścianach wymaga się, aby płytka ułożona na świeżej warstwie zaprawy nie obsuwała się, natomiast ślad zębów w świeżej zaprawie podłogowej powinien pod lekkim naciskiem układanej płytki równomiernie rozpląnąć się pod całą powierzchnią płytki, zapewniając tym samym jej całopowierzchniowe podparcie (chyba że płytki układamy tzw. metodą kombinowaną).

W skład klejów cementowych oprócz cementów wchodzi kruszywo o uziarnieniu do 0,5 mm, dodatki organiczne oraz ewentualnie upłyniacze. Zauważyć należy, że o wybranych parametrach wytrzymałościowych kleju, jego właściwościach roboczych oraz łatwości aplikacji decydują właśnie dodatki (łącznie może ich być nawet 10). Z podstawowych składników:

- » piasek o odpowiedniej frakcji, drobnziarniste wypełniacze i dodatki mineralne wpływają na parametry wytrzymałościowe, minimalną grubość układanej warstwy oraz łatwość układania,
- » kopolimery tworzyw sztucznych nadają zaprawie elastyczność po związaniu oraz zwiększają przyczepność do tzw. trudnego podłoża,
- » dodatek włókien poprawia właściwości tiksotropowe oraz może opóźnić odciążenie wilgoci z zaprawy, co wpływa korzystnie na jej parametry wytrzymałościowe,
- » pozostałe dodatki typu dyspergatory, stabilizatory, plastyfikatory itp. poprawiają obrabialność masy klejowej, wpływają na tzw. czas otwarty, czas obrabialności, konsystencję oraz nadają gotowej masie

własności poślizgowych (ułatwiają aplikację), ograniczają skurcz wiązania zaprawy itp.

Kryteriów doboru klejów do płytek jest kilka. Można i należy mówić o klasyfikacji normowej (klasa C1, C2, odkształcalność, wydłużony czas otwarty itp.) jednak bardzo wiele istotnych właściwości nie da się normowo sklasyfikować.

Zaprawy klejowe swoje właściwości zawdzięczają cementowi, który jest głównym składnikiem masy klejowej. Na podłożu porowatym cząsteczki zaprawy wnikają w zagłębienia i następuje mechaniczne zakotwienie. W typowych sytuacjach (typowe podłoże, typowe płytki, brak szokowych obciążeń termicznych), połączenie takie, pomimo słabych sił adhezji ma wystarczającą wytrzymałość. W przypadku podłoża nienasiąkliwego i/lub gładkiego o wytrzymałości na styku podłoże–klej zaczynają decydować tylko siły adhezji – zaprawa klejowa nie ma możliwości zwilżenia takiego podłoża i nie następuje „mechaniczne” zakotwienie cząstek zaprawy w porach podłoża. Podobnie dzieje się w przypadku obciążeń różnicami temperatur. Stosunkowo słabe i sztywne wiązanie cementowe nie jest w stanie przenieść tego typu obciążeń. Zatem o wytrzymałości takiego połączenia zaczyna decydować ilość i jakość polimerów w masie kleju. Polimery te (tworzywa sztuczne – zazwyczaj redyispersyjne kopolimery tworzyw sztucznych, dodawane w postaci suchego proszku i mieszane wraz z innymi składnikami zapraw, lub w przypadku klejów dwuskładnikowych, dodawane w postaci płynnej), tworzą sieć swoich własnych wiązań – dodatkowe „mostki szczipne” pozwalające na przeniesienie znacznych nieraz naprężeń na styku warstw. Mamy wówczas dwa rodzaje wiązań: jedno – słabe cementowe i drugie – decydujące o jakości połączenia – z żywicy. Wiązania te uzupełniają się nawzajem, tworząc wspólnie bardzo trwałe połączenia. Zwiększona zawartość polimerów wpływa dodatkowo na zwiększenie elastyczności kleju (następuje zmniejszenie modułu sprężystości), co umożliwi przeniesienie najbardziej niebezpiecznych naprężeń rozwarstwiających i ścinających na styku klej–podłoże. Kleje takie można nazwać także klejami modyfikowanymi, w porównaniu do klejów na typowe podłoża charakteryzują się przede wszystkim większą przyczepnością oraz odkształcalnością i są to najważniejsze parametry decydujące o jakości i trwałości połączenia.

Sama odkształcalność definiowana jest następująco:

- » S1 – kleje odkształcalne, odkształcalność poprzeczna powyżej 2,5 mm i poniżej 5 mm,
- » S2 – kleje o wysokiej odkształcalności, odkształcalność poprzeczna powyżej 5 mm.

Kleje takie mają zdolność przenoszenia ograniczonych deformacji podłoża. Oznacza to, że taki klej minimalizuje ryzyko powstania ewentualnych późniejszych uszkodzeń (znaczące odkształcenia podłoża mogą wymagać stosowania specjalnych mat kompensacyjnych). W przypadku okładzin na tarasach i balkonach grubość

warstwy kleju wynosi zazwyczaj 3–5 mm (stosuje się tu wyłącznie kleje cienkowarstwowe) i musi ona przenieść wszystkie naprężenia pomiędzy płytką a podłożem. Tylko odpowiednio modyfikowana i elastyczna (odkształcalna) zaprawa klejowa jest w stanie przenieść odkształcenia wynikające z obciążeń termicznych. A na trwałość okładzin ceramicznych na zewnątrz budynków (zwłaszcza balkonach i tarasach) mają wpływ przede wszystkim warunki atmosferyczne. I te, jakby nie patrzeć, wysokie wymagania w stosunku do zaprawy klejowej wymuszają stosowanie na zewnątrz klejów klasy minimum C2S1 (zastosowanie klejów klasy C2 jest możliwe, jednak po indywidualnej analizie).

W przypadku klejów przeznaczonych do wykonywania okładzin na warstwach hydroizolacji podpłytkowej np. w pomieszczeniach mokrych, kierować się należy wytycznymi producenta. Zwykle układ hydroizolacja–zaprawa klejowa stanowi system, nie ma tu więc problemu z doбором odpowiedniego kleju. Pomimo że powierzchnia folii w płynie lub cienkowarstwowej zaprawy uszczelniającej (szlamu) cechuje się niewielką nasiąkliwością lub wręcz hydrofobowością, nie ma tu obligatoryjnego wymogu stosowania klejów klasy C2.

W systemach ogrzewania podłogowego zalecane jest, jednakże nie obligatoryjne, stosowanie zapraw klejowych klasy C2. Zwiększona elastyczność zapraw klejowych C2 stanowi jednak dodatkowe zabezpieczenie przed uszkodzeniem na skutek różnicy temperatur i powstałych z tego powodu naprężeń termicznych zwłaszcza w chwili uruchomienia ogrzewania.

Kleje klasy C2 stosuje się (oprócz wykonywania okładzin zewnętrznych) przy wykonywaniu okładzin na starej, stabilnej glazurze. Wymóg stosowania klejów elastycznych w tym przypadku wynika z wyższej przyczepności klejów klasy C2 do tzw. trudnych i krytycznych podłoży. Do wykonywania okładzin ceramicznych na starej, stabilnej glazurze można stosować także kleje klasy C1 (o ile inne wymogi nie determinują zastosowania klejów klasy C2). Należy wówczas wykonać tzw. warstwę szepną, do wykonania której wykorzystujemy najczęściej specjalne gruntowniki lub zaprawy do wykonywania warstwy szepnej, ewentualnie modyfikatory dodawane do zaprawy klejowej.

Przywołane przez normę PN-EN pozwalają na porównanie ze sobą poszczególnych klejów (tworzą podstawowy zestaw parametrów pozwalający na sklasyfikowanie kleju i zdefiniowanie jego zastosowań). Badania przeprowadzane są w znormalizowanych warunkach i na znormalizowanym podłożu. Są one (a przynajmniej powinny być) porównywalne, jednak absolutnie nie obejmują cech i właściwości (a w niektórych przypadkach także i parametrów), które są istotne zarówno ze względu na komfort pracy, jak i niektóre warunki aplikacyjne.

Skoro głównym składnikiem klejów jest cement, to aby klej uzyskał projektowane parametry wytrzymałościowe, musi być aplikowany w warunkach gwarantujących prawidłowy przebieg procesu hydratacji. Z tym wiąże się wymóg zapewnienia przez odpowiednio długi czas wilgoci niezbędnej do przebiegu wspomnianej reakcji. Ilość wody zarobowej jest wypadkową: wymaganej ilości wody niezbędnej do hydratacji, wymaganej przez domieszki i dodatki oraz niezbędnej do nadania konsystencji.

Tutaj warunki laboratoryjne i warunki budowy „rozjeżdżają się”. Temperatura aplikacji klejów cementowych wynosi od +5°C do +25°C. Dotyczy to zarówno powietrza, jak i podłoża. W lecie zachowanie wymaganej temperatury podłoża jest w wielu sytuacjach wręcz niemożliwe (RYS. 1–2) i powinno się przerwać pracę. Dotyczy to zwłaszcza takich elementów jak balkony, tarasy czy elewacje. Proszę zwrócić uwagę, że warstwa kleju ma zwykle grubość kilku milimetrów. Zbyt ciepłe podłoże powoduje odparowanie wody zarobowej w skrajnych przypadkach z całej objętości zaprawy klejowej, co wręcz przerywa proces hydratacji. Zbyt duży »



## OPTOFLEX KLEJE DO PŁYTEK

## OPTOLITH®

Professionelle Bauprodukte

www.optolith.pl



## SuperElastic Easy

### Wysokoelastyczny klej żelowy klasy C2TE S1 do płytek wielkoformatowych

#### Zalety produktu:

- 2 w 1, rozplýwny i klasyczny
- odkształcalny
- do wszystkich rodzajów płytek
- na ogrzewanie podłogowe
- na tarasy i balkony
- do klejenia „płytką na płytkę”



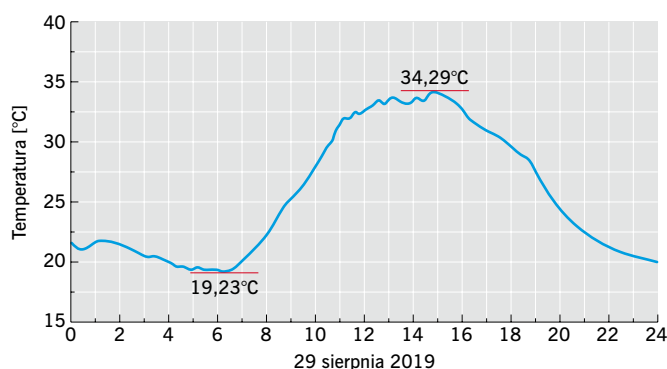
#### Zastosowanie:

GLAZURA / TERAKOTA / GRES / KLINKIER / GRANIT  
/ SPIEKI KWARCOWE / KONGLOMERAT / MOZAIKA

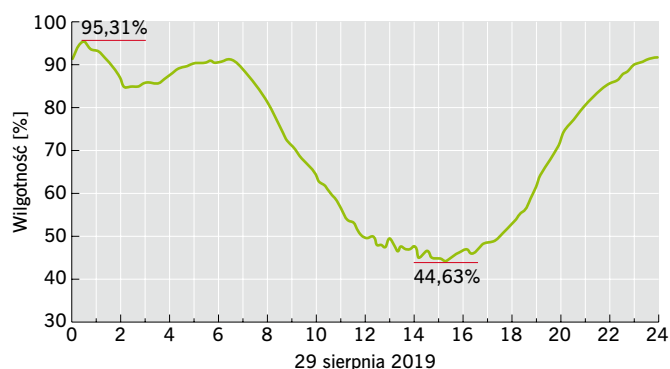


**SuperElastic Easy** jest fabrycznie przygotowaną mieszanką wyselekcjonowanych kruszyw, wysokojakościowych cementów i dodatków, gotową do użycia po dodaniu wody. Klej jest przeznaczony do montażu wszystkich rodzajów okładzin ceramicznych oraz granitu na każdym rodzaju podłoża budowlanego. Dzięki możliwości zmiany konsystencji klasyczny/rozplýwny oraz możliwości kompensowania odkształceń podłoża świetnie nadaje się do montażu płytek wielkoformatowych na ogrzewaniu podłogowym, a także na tarasach i balkonach.

REKLAMA



RYS. 1. Godzinowy rozkład temperatur w dniu 29 sierpnia 2019 roku zarejestrowany przez warszawską stację meteorologiczną; rys.: [www.meteo.waw.pl/hist.pl](http://www.meteo.waw.pl/hist.pl)



RYS. 2. Godzinowy rozkład wilgotności w dniu 29 sierpnia 2019 roku zarejestrowany przez warszawską stację meteorologiczną; rys.: [www.meteo.waw.pl/hist.pl](http://www.meteo.waw.pl/hist.pl)

» ubytek wody wpływa też na pogorszenie parametrów związanych z odkształcalnością. W rezultacie klej nie uzyskuje deklarowanych parametrów. Podłoże też cechuje się mniejszą lub większą chłonnością. Chłonne należy zagruntować (niechłonne też, ale do tego celu stosuje się zupełnie innego rodzaju grunty) tak aby ograniczyć zdolność wchłaniania przez nie wody niezbędnej do hydratacji. Mamy więc sytuację, gdy ubytek wody ze świeżo nałożonej zaprawy jest możliwy zarówno przez oddziaływanie temperatury, jak i samego podłoża. Szczególnie w sytuacji, gdy gruntowanie było niedokładne lub zbyt skąpe.

Oprócz parametrów normowych związanych z wytrzymałością i odkształcalnością istotny jest jeszcze komfort pracy. To właściwości zarówno mierzalne (czas otwarty), jak i niemierzalne (konsystencja, komfort pracy).

Przeanalizujemy wpływ temperatury na przyczepność do podłoża. Płytki przyklejono na normowym podłożu o temperaturze +60°C, po czym całość pozostawiono do swobodnego stygnięcia do temperatury +20°C. Przyczepność pomierzono po 24 oraz 72 godzinach. Badanie przeprowadzono dla czterech klejów o podwyższonych wymaganiach: C2TES1, C2TE (2 różne kleje) oraz dla tzw. kleju żelowego klasyfikowanego jako C2TE. Wyniki pokazano w TABELI.

Widać wyraźnie spadek przyczepności dla klejów oznaczonych Lp. 1 do Lp. 3. Nikt rozsądny oczywiście nie układa płytek na tak ciepłym podłożu (choć nie da się tego wykluczyć), jednak problem istnieje. Spadek przyczepności na skutek odparowania części wody zarobowej jest widoczny. Czyli podczas eksploatacji, już na początku pojawia się problem z przyczepnością. Tak aplikowany klej ma niewielkie szanse, aby uzyskać normową wymaganą przyczepność. Analogiczny może pojawić się z odkształcalnością. Badania potwierdzające klasę S1 lub S2 także wykonuje się w warunkach normowych. Skoro następuje spadek przyczepności, to należy się liczyć ze zmniejszeniem odkształcalności. Tym bardziej, że przy ugięciu beleczki badawczej wynoszącej 2,5 mm klej jest klasyfikowany jako S1, natomiast przy ugięciu <2,5 mm (czyli np. 2,4 mm) już nie [1].

Na tarasach i balkonach spadek przyczepności czy utrata odkształcalności kleju to praktycznie początek procesu degradacji i destrukcji okładzin podłogowych. Faktem jest, że uszkodzenia okładzin ceramicznych związane są z panującym u nas klimatem: ilością opadów atmosferycznych, okresami mrozu i odwilży w zimie. Największy wpływ wywierają warunki atmosferyczne – cykle zamarzania i odmarzania oraz zmiany wilgotności i temperatury. Spowodowany cyklami zamarzania i odmarzania spadek przyczepności kleju może dochodzić nawet do 40–50% w stosunku

Lp.	Klasa kleju według [1]	Przyczepność [MPa] po	
		24 godzinach	72 godzinach
1	C2 TE S1	0,56	0,5
2	C2 TE	0,46	0,33
3	C2 TE	0,44	0,40
4	C2 TE (żelowy)	0,48	0,53

TABELA. Przyczepność klejów do podłoża przy aplikacji w temperaturze +60°C [4]

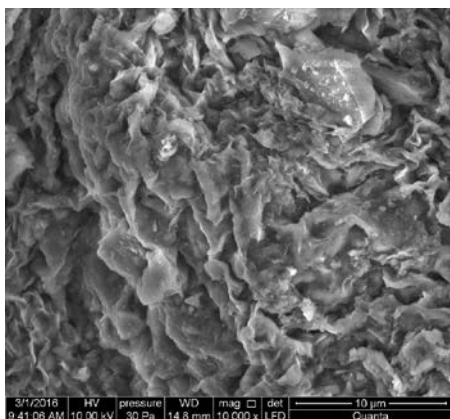
do początkowej wielkości. W analizowanym przypadku już i tak mniejszej niż wymagana.

To doświadczenie, jakkolwiek nienormowe, pokazuje potencjalny problem. Zatem wszelkie modyfikacje kleju zwiększające odporność na podwyższoną temperaturę przy aplikacji zwiększają trwałość i niezawodność wykonywanych prac. Dlatego kilka lat temu pojawiły się tzw. kleje żelowe.

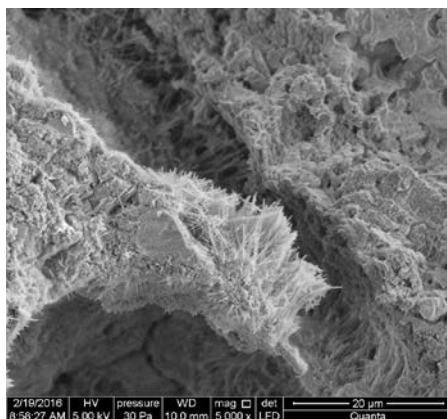
Mają one w swoim składzie zawierają specjalne dodatki na bazie minerałów (m.in. montmorylonit). Woda w kontakcie z minerałami tego typu jest absorbowana (zatrzymywana) pomiędzy kolejnymi warstwami minerałów, dodatkowo minerały te, po interakcji z wodą, zwiększają swoją objętość, co skutkuje zupełnie inną zdolnością do wiązania wody w strukturze świeżo zarobionej zaprawy klejowej. Właściwość tę zapewnia m.in. nietypowa budowa warstwowa montmorylonitu. Struktura tego surowca, powstającego w wyniku przemiany geologicznej skał wulkanicznych, to układ dopasowanych, złączonych ze sobą warstw krystalicznych (FOT. 1).

Obecność wody zatrzymanej w strukturze kleju pozwala na pełną hydratację cementu, niezależnie od rodzaju przyklejanej okładziny, i na rozszerzenie warunków aplikacji, zarówno w zakresie temperatury aplikacji, jak i stopnia chłonności podłoża pod przyklejaną okładziną. Tego typu kleje cechują się zwiększoną tolerancją na przygotowanie (stopień nasiąkliwości podłoża) – zapewniają lepszą przyczepność w wypadku przyklejaniu okładzin na podłożach przygotowanych bez należytej staranności, jak również umożliwiają aplikację kleju na podłożach o podwyższonej temperaturze takich jak balkony, tarasy czy loggie. Wyższa zawartość wody związanej w strukturze żelu krzemianowego (FOT. 2) zwiększa bezpieczeństwo zastosowania kleju zarówno w trakcie prac glazurniczych, jak i podczas wiązania zaprawy klejącej po przyklejeniu okładziny.

Każdy z klejów cechuje się także pewnymi właściwościami użytkowymi. Jednym z takich jest czas otwarty. Jest on definiowany jako maksymalny czas od nałożenia kleju na powierzchnię sklejaną do momentu sklejenia (przyłożenia płytki). Przekroczenie czasu otwartego przy wykonywaniu okładzin skutkuje pogorszeniem



FOT. 1. Warstwowa budowa montmorylonitu po związaniu z wodą, powiększenie 10 000×; fot.: Atlas



FOT. 2. Rozbudowana struktura porów kleju wypełniona żelalem, powiększenie 5000×; fot.: Atlas

przyczepności. Przy wykonywaniu prac w podwyższonych temperaturach i/lub przy niskiej wilgotności powietrza ulega on skróceniu. Zapobiega temu dodatek wspomnianych wcześniej minerałów.

Drugą istotną cechą jest możliwość nie tylko dostosowywania konsystencji do indywidualnych upodobań, ale i możliwość uzyskania kleju o ograniczonym spływie (klasa T), stosowanego do klejenia okładzin ściennych, a także rozplwonego do płytek podłogowych.

Kleje żelowe nie można jednak rozpatrywać (i traktować) w oderwaniu od właściwości i cech płytek okładzinowych. Zwiększona ilość wody skutkuje jej dłuższym oddziaływaniem na płytki. Te kiepskiej jakości, zwłaszcza wielkoformatowe, mogą sprawiać problemy. Dysproporcje między wielkością płytek (kilkadziesiąt do kilkaset cm) a grubością (nawet kilka mm) powodują, że płytki takie mogą być wrażliwe na oddziaływanie wody znajdującej się w zaprawie klejącej (takie zachowanie może wynikać także ze swoistych właściwości materiałów, np. konglomeratów). W przypadku typowych płytek (np. 30×30 cm) udział spoin w powierzchni okładziny wynosi ok. 2,5%, dla okładziny wielkoformatowej (np. 100×150 cm) będzie to już niecałe 0,5%, a zatem 5 razy mniej. A powierzchnią odprowadzenia nadmiaru wody zarobowej są spoiny. To wszystko skutkuje znacznie dłuższym oddziaływaniem wody zarobowej na płytki i może prowadzić do dodatkowych odkształceń samej płytki polegających na podniesieniu się naroży. Także przy spoinowaniu okładzin podłogowych, zwłaszcza przy rozplwonej konsystencji kleju i epoksydowej zaprawie do spoinowania trzeba brać poprawkę na większą ilość wody w zaprawie klejącej.

Należy jednak pamiętać, że kleje żelowe to kleje cementowe. Z jednej strony nie ma norm/wymagań mówiących o minimalnej zawartości geopolimeru, a z drugiej kreatywność producentów w wymyślaniu określeń marketingowych jest nieograniczona (często używa się różnego rodzaju określeń, które w rzeczywistości są określeniami nigdzie niezdefiniowanymi i nic nie mówią o cechach i właściwościach produktów). Dokumentem pozwalającym w sposób merytoryczny i jednoznaczny porównać kleje to deklaracja właściwości użytkowych do PN-EN 12004 [1]. To punkt wyjścia. Kolejnym jest karta techniczna i informacje o temperaturze aplikacji,

możliwej do uzyskania konsystencji i czasie otwartym (dla różnej ilości wody zarobowej czas otwarty będzie się różnił).

Niezależnie od rodzaju zastosowanego kleju, o poprawności wykonanych prac okładzinowych decyduje:

- » właściwe określenia obciążeń mechanicznych i zaprojektowania warstw konstrukcji,
- » stan podłoża, na którym wykonywana jest wykładzina/okładzina (rys, kawerny, stabilność i nośność podłoża, wielkości pól dylatacyjnych),
- » ścisłe przestrzeganie zaleceń aplikacyjnych (wilgotność i równość podłoża, czas wysezonowania, prze-

strzeżenie przerw technologicznych itp.),

- » jakość wykonawstwa detali, w tym przede wszystkim dylatacji, przejść technologicznych instalacji technicznych, szczegółów połączeń, itp.

Kleje żelowe pozwalają na rozszerzenie zakresu temperaturowego prac okładzinowych i powodują, że są one mniej wrażliwe na mankamenty podłoża, nie można ich jednak traktować jako panaceum na wszelkie problemy. Żaden klej nie będzie odporny na indolencję wykonawcy, lekceważenie przez niego zasad sztuki budowanej czy praw fizyki.

## LITERATURA

1. PN-EN 12004-1:2017-03, „Kleje do płytek ceramicznych – Część 1: Wymagania, ocena i weryfikacja stałości właściwości użytkowych, klasyfikacja i znakowanie”.
2. M. Rokiel, „Projektowanie i wykonywanie okładzin ceramicznych. Warunki techniczne wykonania i odbioru robót”, Grupa MEDIUM, Warszawa 2016.
3. M. Rokiel, „Okładziny z płyt wielkoformatowych cz. 1 i 2”, „Inżynier Budownictwa” 4/2017 i 5/2017.
4. Materiały firmy Atlas.

## ABSTRAKT

W artykule przedstawiono kryteria doboru klejów do płytek ceramicznych. Podkreślono wagę nie tylko doboru odpowiednich płytek i klejów, ale także właściwego ich ułożenia. Wymieniono dodatki stosowane w klejach, które poprawiają ich parametry wytrzymałościowe i sposób aplikacji. Omówiono także specyfikę klejów żelowych.

This paper presents the criteria for selection of ceramic tiles adhesives. It focuses not only on the importance of selection of proper tiles and adhesives, but also correct laying methods. The author lists additives to tile adhesives that improve strength parameters as well as the method of application. Specifics of gel adhesives are also described.

MACIEJ ROKIEL – mgr inż., absolwent Wydziału Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska Politechniki Łódzkiej. Rzeczoznawca budowlany SITPMB-NOT ze specjalnością ochrona budynków przed wodą i korozją biologiczną, rzeczoznawca mykologiczny PSMB. Od kilkunastu lat jest związany z branżą chemii budowlanej. Autor wielu opracowań, ekspertyz i opinii,

referatów naukowych oraz licznych publikacji i artykułów dotyczących poprawnych rozwiązań technologiczno-materiałowych hydroizolacji balkonów, tarasów, pomieszczeń mokrych, basenów oraz zagadnień związanych z kompleksową renowacją starych, zawilgoconych i zasolonych budynków.

# OCENA TECHNICZNA PODŁÓG PRZEMYSŁOWYCH. BŁĘDY WYKONAWCZE I EKSPLOATACYJNE

Technical assessment of industrial floors. Executive and operational errors **ABSTRAKT » S. 61**

Realizacja podłóg przemysłowych wiąże się z możliwością popełnienia błędów na każdym etapie, w szczególności na etapie wykonawstwa, jak i podczas eksploatacji gotowej posadzki.

Podłogi przemysłowe są istotnymi elementami współczesnego budownictwa, a z uwagi na różnorodność obciążeń i warunków eksploatacji są elementami trudnymi w projektowaniu i wykonaniu, jak również wymagają szczególnych zabiegów eksploatacyjnych w celu bezawaryjnej, długotrwałej eksploatacji.<sup>1)</sup>

## BŁĘDY WYKONAWCZE

Do najczęstszych błędów wykonawczych popełnionych podczas realizacji betonowych posadzek utwardzonych powierzchniowo należą:

- » realizacja posadzki bez szczegółowej dokumentacji projektowej, co skutkuje stosowaniem dowolnych, często nieprawidłowych rozwiązań przez wykonawcę,
- » nieprawidłowe wykonanie dylatacji, niepoprawnej lokalizacji i/lub nieprawidłowym wypełnieniu, co skutkuje wystąpieniem uszkodzeń i obniżeniem trwałości posadzki,
- » stosowanie uproszczeń w stosunku do rozwiązań projektowych zamieszczonych w dokumentacji podstawowej, co skutkuje obniżoną trwałością posadzki,
- » stosowanie materiałów o nieodpowiednich właściwościach, co skutkuje obniżeniem trwałości, pogłębianiem istniejących usterek i wystąpieniem nowych; stosowanie nieodpowiednich lub o niskiej jakości materiałów może skutkować koniecznością naprawy posadzki jeszcze przed jej oddaniem do użytkowania,
- » nieprawidłowa (zbyt wczesna lub za późna) aplikacja i zatarcie posypki powierzchniowej, co skutkuje obniżoną jej przyczepnością do podłoża.

Następstwem błędów wykonawczych popełnionych podczas realizacji podłóg przemysłowych z posadzkami z suchej posypki powierzchniowej typu DST (*Dry Shake Topping*) są najczęściej:

- » pęknięcie posadzki spowodowane:
  - skurczem plastycznym,
  - skurczem związanym z wysychaniem,
  - klawiszowaniem płyt,
  - paczeniem płyt podkładu, tzw. curlingiem,
  - osiadaniem podłoża (jego niedostateczną nośnością),

- występowaniem w poziomie posadowienia gruntów ekspansywnych, np. itów,
- niewłaściwym zdylatowaniem posadzki;
- » pylenie spowodowane:
  - za wysoką ilością wody zarobowej,
  - wysokim wskaźnikiem W/C,
  - osłabieniem warstwy przypowierzchniowej związanym z tzw. blendingiem,
  - przedwczesnym zacieraniem i wygładzaniem, które powoduje wtarcie mlecza cementowego w powierzchnię,
  - użyciem suchego cementu jako pochłaniacza wilgoci,
  - nieprawidłowym wykonaniem posypki DST przez używanie w trakcie zacierania dodatkowej ilości wody,
  - niewłaściwą (za krótką) pielęgnacją,
  - przemrożeniem warstw przypowierzchniowych w początkowym okresie dojrzewania młodego betonu, często występującym w przypadku, gdy betonowanie odbywa się w okresie zimowym,
  - wprowadzeniem na posadzkę ruchu wywołującego ścieranie przed osiągnięciem przez beton odpowiedniej wytrzymałości;
- » łuszczenie,
- » odpryski,
- » spęcherzenia powierzchni,
- » nieprawidłowe wykonane szczelin dylatacyjnych:
  - brak wypełnienia,
  - zbyt płytkie szczeliny,
  - za duży rozstaw szczelin,
  - nieodpowiedni rozkład szczelin dylatacyjnych, szczególnie przy słupach i na obwodzie,
  - brak dyblowania przy dużych obciążeniach;
- » zmiana barwy.

Jako przykład błędów i niedociągnięć wykonawczych opisano poniżej przypadki:

- » usterek i uszkodzeń w hali Centrum Handlowego (przykład – hala nr 3),
- » usterek i uszkodzeń w hali Centrum Wystawienniczego (przykład – hala nr 4) (numeracja obiektów jest ciągła z pierwszą częścią artykułu).

### Hala Centrum Handlowego (przykład – hala nr 3)

Posadzka znajdowała się w nowo wybudowanym budynku Centrum Handlowego, w którym przed oddaniem do użytkowania zaobserwowano liczne usterek i uszkodzenia niedawno wykonanej posadzki. Budynek Centrum Handlowego stanowiła wielonawowa parterowa hala stalowa, funkcjonalnie podzielona ściankami działowymi na pomieszczenia magazynowe i socjalno-biurowe oraz halę sprzedaży.

<sup>1)</sup> Artykuł stanowi kontynuację wcześniejszej publikacji: M. Niedostatkiwicz, T. Majewski, „Wpływ błędów projektowych, wykonawczych oraz sposobu eksploatacji na trwałość podłóg przemysłowych”, „IZOLACJE” 3/2020, s. 66–71.



FOT. 1. Powierzchnia posadzki w trakcie realizacji (w trakcie układania betonu) (przykład – hala nr 3);

fol.: T. Majewski



FOT. 2. Rysy na powierzchni posadzki wywołane skurczem (przykład – hala nr 3);

fol.: T. Majewski



FOT. 3. Odspojona od podłoża (podkładu) warstwa utwardzona (przykład – hala nr 3);

fol.: T. Majewski

W budynku wykonana została monolityczna żelbetowa podłoga przemysłowa, ułożona bezpośrednio na gruncie. Przyjęto, że wykonanie posadzki nastąpi w ośmiu etapach, tzw. polach roboczych, z betonu klasy C25/30 według zaakceptowanej przez nadzór recepty. W trakcie betonowania pierwszego pola technologicznego (działki roboczej) wykonawca w trakcie prac betonarskich zakwestionował jakość dostarczonego betonu. Przedmiotem uwag była konsystencja świeżej mieszanki dostarczanej na budowę oraz nadmiar wody zbierającej się na powierzchni betonu po jego ułożeniu (FOT. 1). Z powodu uwag zgłaszanych przez wykonawcę podczas betonowania pierwszego pola do wykonania kolejnych pól zastosowano beton wyprodukowany według zmienionej i zaakceptowanej przez nadzór nowej receptury. Po wykonaniu posadzki wykonawca stwierdził występowanie uszkodzeń widocznych na jej powierzchni. Uszkodzenia polegały na zarysowaniu (pojawieniu się licznych rys), odspajaniu się warstwy utwardzonej od podłoża (betonu podkładowego) oraz jej pękaniu w miejscach odspojenia od podłoża (FOT. 2).

Podłoga przemysłowa składa się z podkładu oraz płyty konstrukcyjnej (beton B30), której powierzchnia zabezpieczona została przed czynnikami zewnętrznymi posypką utwardzoną na bazie piasku korundowego. Głównym kryterium decydującym o przydatności tego typu posadzki jest jej trwałość i wytrzymałość. System monolitycznych posadzek utwardzanych powierzchniowo opiera się na wzajemnym połączeniu utwardzenia powierzchniowego (suchej zasyпки typu DST) z płytą konstrukcyjną podłogi (podkładem), wykonywaną z reguły w jednym cyklu technologicznym. W trakcie wykonywania tego typu posadzek należy zwrócić szczególną uwagę na czas wiązania i szybkość twardnienia betonu oraz sposób i proces rozkładania posypki. Aplikacja posypki na twardniejącym, tzw. młodym betonie może być rozpoczęta po jego delikatnym zeszywnieniu. Odpowiedni moment rozpoczęcia zależy od właściwości mieszanki betonowej, warunków klimatycznych oraz innych elementów mających wpływ na szybkość wiązania i twardnienia betonu. Zazwyczaj następuje to po okresie od 4 do 8 godzin po zakończeniu rozkładania mieszanki betonowej. Za wczesną, jak również zbyt późną aplikację zasyпки na podłożu skutkuje z reguły niedostateczną (zaniżoną) przyczepnością warstwy utwardzonej do podłoża. Po zakończeniu zacierania posadzki utwardzonej powierzchniowo należy zabezpieczyć przed utratą wilgoci. W tym celu zaleca się stosowanie różnego rodzaju impregnatów.

W analizowanym przypadku w trakcie wizji lokalnej stwierdzono rysy na powierzchni warstwy utwardzonej posadzki oraz odspojenia tej warstwy od podłoża. Na wykonanych odwiertach (o średnicy 94 mm) stwierdzono odspojenia warstwy utwardzonej od podłoża (betonu). Na styku obu warstw stwierdzono mleczko cementowe o intensywnym brunatnym zabarwieniu. Brunatną barwę nadawała zastosowana domieszka do betonu (plastyfikator) (FOT. 3). Stwierdzono również niejednolitą barwę posadzki.

Stwierdzone na powierzchni posadzki rysy oraz ich kształt miały typowy charakter rys wywołanych skurczem betonu. Przy szybkim wysychaniu świeżego betonu w konstrukcji po 2–4 godzinach od ułożenia na jego górnej powierzchni zaczynają pojawiać się rysy wywołane skurczem plastycznym. Zjawisko to występuje bardzo często przy betonowaniu elementów w okresie podwyższonych temperatur (okres letni) i jednoczesnym braku pielęgnacji młodego betonu. Rysy skurczowe powstają, gdy woda zgromadzona na powierzchni betonu, na skutek sedymentacji, przedwcześnie wyschnie. Rysy powstałe w ten sposób w literaturze często nazywane są rysami zsychnia.

W pobranych próbkach betonu (odwiertach rdzeniowych) stwierdzono liczne pory i pustki powietrzne, które miały regularny (owalny) kształt. Kształt i ilość porów (pustek) świadczyła o nadmiarze wody zarobowej w mieszance lub jej niedostatecznym zagęszczeniu w trakcie układania. Średnica porów (pustek powietrza) wynosiła od 0,5 mm do 6 mm. Zawartość powietrza w pobranych próbkach wynosiła od 3,9% do 5,9% w stosunku do gęstości obliczonej na podstawie zaakceptowanej recepty.

Niejednolita barwa posadzki spowodowana była różnym stopniem hydratacji cementu w zasypce oraz niejednorodnym wysyceniem warstwy przypowierzchniowej preparatem impregnacynym.

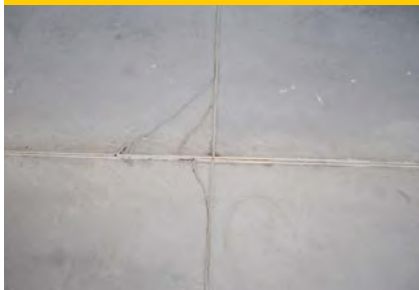
W celu oznaczenia zdolności mieszanki do odsączania mleczka cementowego na powierzchni betonowanego elementu, wystąpienia zjawiska tzw. blendingu, wykonano w laboratorium zaroby próbne z materiałów pobranych na węźle betonarskim dostarczającym mieszankę na budowę. Mieszankę do badań przygotowano na podstawie obu zaakceptowanych przez nadzór receptur. W trakcie badań laboratoryjnych w obu przypadkach stwierdzono występowanie na powierzchni mieszanki betonowej intensywnego zjawiska blendingu. Mleczko cementowe utrzymywało się na powierzchni próbek przez okres ponad 8 godzin. Główną przyczyną występujących usterek i uszkodzeń było:

- » zastosowanie mieszanki betonowej o nieprawidłowym składzie; wbudowana mieszanka charakteryzowała się wysoką podatnością na odsączanie zączynu cementowego (mleczka cementowego) na powierzchni płyty w trakcie betonowania,
- » brak odprowadzenia nadmiaru mleczka cementowego z powierzchni płyty przed aplikacją suchej zasyпки,
- » aplikacja zasyпки na nieprzygotowanym podłożu oraz w nieodpowiednim okresie (za wcześnie),
- » nieprawidłowe rozprowadzenie i zatarcie powierzchni zasyпки,
- » brak lub za krótki okres pielęgnacji wierzchniej warstwy zasyпки.

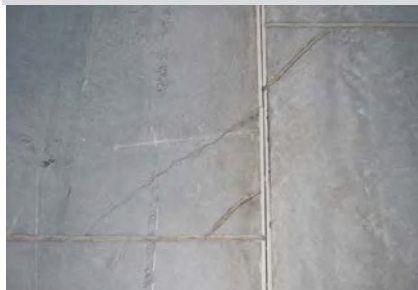
Z uwagi na zakres występujących uszkodzeń zalecało się wymianę podłogi na nową na podstawie opracowanej szczegółowej dokumentacji projektowej.

#### Hala Centrum Wystawienniczego (przykład – hala nr 4)

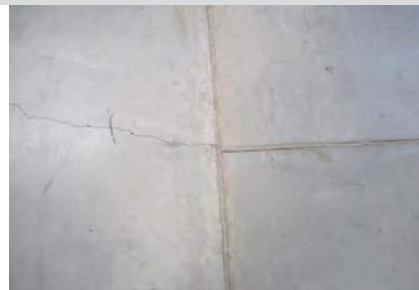
Po okresie około 5 lat od oddania obiektu do użytkowania zaobserwowano liczne usterki i uszkodzenia posadzki w Hali Wystawienniczej. »



FOT. 4. Uszkodzone narożniki płyt (przykład – hala nr 4); fot.: T. Majewski



FOT. 5. Uszkodzone narożniki płyt, nieprawidłowe przesunięcie sąsiednich szczelin dylatacyjnych (przykład – hala nr 4); fot.: T. Majewski



FOT. 6. Nieprawidłowo wykonane krzyżowanie szczelin dylatacyjnych (szczelina jednostronna), na przedłużeniu szczeliny widoczna rysa (przykład – hala nr 4); fot.: T. Majewski



FOT. 7. Uszkodzona krawędź betonu przy korycie kablowym, masa elastyczna odspojona od betonu (przykład – hala nr 4); fot.: T. Majewski



FOT. 8. Rysa w bezpośrednim sąsiedztwie studzienki hydrantowej (przykład – hala nr 4); fot.: T. Majewski



FOT. 9. Nieprawidłowo wykonane skrzyżowanie szczelin dylatacyjnych. Uszkodzona masa elastyczna, odspojona od betonu (przykład – hala nr 4); fot.: T. Majewski

» Ustrój nośny hali stanowi zespół żelbetowych prefabrykowanych słupów, na których oparte zostały stalowe kratowe dźwigary dachowe. Dach wielospadowy o niewielkim kącie nachylenia pości został pokryty blachą trapezową i ocieplony wełną mineralną. Ściany zewnętrzne stanowiły konstrukcje żelbetowe z prefabrykowanych płyt elewacyjnych. W części ścian wykonano przeszklenia z profili aluminiowych i szyby zespolonych. Ściany wewnętrzne były w części żelbetowe, monolityczne, wylewane na mokro, a w części murowane z bloczków wapienno-piaskowych (parter) i bloczków betonu komórkowego (na wyższych kondygnacjach).

Podkład betonowy pod posadzkę wykonany został z betonu klasy C30/37 (B37), na którym wykonano warstwę posadzki cienkowarstwowej typu DST zatartej na gładko. Posadzka po zatarciu pokryta została materiałem impregnacyjnym. Podkład betonowy podłogi zbrojony jest polipropylenowym włóknem konstrukcyjnym 39×0,78 mm. Po stwardnieniu płyty na powierzchni wykonane zostały szczeliny przeciwskurczowe (przez nacięcie piłą) w polach o powierzchni około 36 m<sup>2</sup> (średnio 6,0×6,0 m). Lokalizację szczelin dylatacyjnych dopasowano do siatki słupów i położenia koryt kablowych (do instalacji wewnętrznych budynku). Pod warstwą betonowego podkładu ułożono jedną warstwę folii PE o grubości 0,2 mm, podbudowę z chudego betonu oraz warstwę gruntu stabilizowanego cementem.

W trakcie wizji lokalnych na obiekcie stwierdzono liczne usterki i uszkodzenia betonowej posadzki. Charakterystyczne, przykładowe rodzaje usterek i uszkodzeń pokazano na FOT. 4–11. Na powierzchni posadzki stwierdzono liczne rysy i pęknięcia, a także ubytki betonu w miejscach dylatacji oraz narożnikach płyt. Szerokość rys była zróżnicowana w zależności od miejsca ich lokalizacji; największą szerokość stwierdzono dla rys znajdujących w narożnikach płyt, w miejscach silnie obciążonych kołami pojazdów. W szczelinach dylatacyjnych sąsiednie krawędzie płyt były przesunięte w pionie. Pomierzona różnica (uskok) fatą o długości 2,0 m sąsiednich krawędzi płyt wynosi od 1,0 mm do 8 mm. Stwierdzono lokalne ubytki

elastycznej masy wypełniającej szczeliny dylatacyjne. W wielu miejscach na długości szczeliny masa odspoiła się od betonu.

Wykonano odkrywki sprawdzające układ warstw podłogi, a pomierzona w wykonanych odkrywkach grubość poszczególnych warstw wynosiła:

- » warstwa utwardzona: od 1 mm do 2,5 mm,
- » betonowy podkład pod posadzkę: od 14 cm do 15,5 cm,
- » chudy beton: od 21 cm do 22 cm.

Układ warstw podłogi w wykonanych odkrywkach co do zasady był poprawny pod względem rodzaju poszczególnych warstw, nie był natomiast zgodny z projektem pod względem ich grubości oraz klasy wytrzymałości. W wykonanych odkrywkach grubość podkładu była mniejsza niż założona w projekcie podstawowym: 15 cm zamiast założonych 18 cm, a klasa betonu (warstwy nośnej) określona na pobranych z konstrukcji próbkach wynosiła C30/37 zamiast założonych w projekcie C25/30. W pobranych rdzeniach nie znaleziono prętów zbrojenia miękkiego, w betonie znajdowało się zbrojenie rozproszone (konstrukcyjne włókna z tworzywa sztucznego).

Stwierdzono uszkodzenia dylatacji polegające na nieprawidłowym wypełnieniu szczelin materiałem elastycznym oraz nieprawidłowym (niezgodnym z projektem oraz zasadami wiedzy technicznej) wykonaniu samych szczelin. W sąsiedztwie słupów nie wykonano nacięć typu karo (krawędzie sąsiednich szczelin są wzajemnie przesunięte), w miejscach skrzyżowania szczelin wykonano szczeliny jednostronne. Materiał wypełniający odspoił się od betonu, co skutkowało migracją wody i zawartych w niej związków chemicznych (używanych do mycia posadzki) w głąb podłogi, powodując korozję betonu i stalowych elementów wyposażenia.

Powierzchnia posadzki miała niejednorodną barwę, tj. widoczne były jaśniejsze i ciemniejsze plamy. Różny odcień betonu na powierzchni oraz na/w środku grubości pobranych rdzeni spowodowany był różnym stopniem hydratyzacji cementu i nie miał wpływu na parametry wytrzymałościowe betonu – obniżał jedynie jego walory estetyczne. Powierzchnia posadzki jest intensywnie zabrudzona.



FOT. 10. Nieprawidłowy układ szczelin dylatacyjnych przy słupie (przykład – hala nr 4);  
fot.: T. Majewski



FOT. 11. Włoskowate rysy skurczowe na powierzchni posadzki, tzw. skóra krokodyla (przykład – hala nr 4);  
fot.: T. Majewski

Na posadzce widoczne były plamy oleju oraz innych materiałów, np. kleju po przyklejonej taśmie klejącej.

Na podstawie wykonanych obliczeń stwierdzono, że betonowa podłoga hali nie jest w stanie bezpiecznie przenieść założonych w projekcie obciążeń pojazdami kołowymi – samochodu ciężarowego i wózka widłowego. Podłoga nie spełniała warunków Stanu Granicznego Nośności (SGN) (*Unlimate Limit State – ULS*) z uwagi na przekroczenie wytrzymałości betonu na rozciąganie. Naprężenia wywołane ruchem wózków widłowych i/lub pojazdów ciężarowych osiągają wartości większe niż wytrzymałość betonu na rozciąganie przy zginaniu.

W celu dalszej bezpiecznej i długotrwałej eksploatacji zalecono:

- » ograniczenie wartości dopuszczalnych obciążeń (maksymalnego nacisku koła/nogi regału na podłogę),
- » grawitacyjną iniekcję rys i pęknięć o szerokości rozwarcia do 0,2 mm żywicą o niskiej lepkości,
- » iniekcję rys i pęknięć większych niż 0,3 mm żywicą epoksydową,
- » wymianę materiału wypełniającego szczeliny dylatacyjne w miejscach, gdzie jest on odspojony od betonu.

## NEGATYWNY WPŁYW SPOSOBU EKSPLOATACJI

Następstwem niewłaściwego sposobu eksploatacji podłóg przemysłowych z posadzkami z suchej posypki nawierzchniowej typu DST (*Dry Shake Topping*) są najczęściej:

- » uszkodzenia mechaniczne dylatacji, co skutkuje niszczeniem struktury betonu w narożnikach i przy krawędziach płyt, powstawaniem ubytków betonu, korozją zbrojenia, utrudnieniami eksploatacyjnymi (np. zabrudzenie, nierówna powierzchnia). Wnikające w rysy i pęknięcia woda, zabrudzenia lub środki chemiczne używane do czyszczenia posadzki mają negatywny wpływ na trwałość posadzki, powodując przyspieszoną korozję betonu oraz stali. Sposobem zapobiegania wystąpieniu tego typu usterek jest bieżące utrzymywanie dylatacji w dobrym stanie technicznym, sukcesywna wymiana mas dylatacyjnych, usuwanie luźnych fragmentów betonu i jego uzupełniania masami naprawczymi, np. zaprawami typu PCC,
- » uszkodzenia wywołane przeciążeniem objawiają się w szczególności wykruszeniem betonu w miejscach intensywnego ruchu,

tj. w narożnikach szczelin dylatacyjnych oraz narożnikach płyt; sposobem usunięcia tego typu usterek jest usuwanie luźnych fragmentów betonu i jego uzupełniania masami naprawczymi, np. zaprawami typu PCC,

» uszkodzenia wierzchniej warstwy utwardzonej wywołane używaniem agresywnych w stosunku do betonu środków chemicznych w trakcie czyszczenia posadzki; sposobem usunięcia występujących usterek może być wykonanie nowej posadzki, np. z żywicy,

» uszkodzenia wywołane działaniem gradientu temperatury (tzw. szok termiczny wywołany np. czyszczeniem, myciem posadzki gorącą wodą lub parą); wówczas to na powierzchni podłogi przy znacznych różnicach temperatury powstają pęknięcia, które są miejscem penetracji środków chemicznych w głąb warstw podłogowych.

Jako przykład nieodpowiedniego sposobu eksploatacji może posłużyć opisany wcześniej przypadek usterek i uszkodzeń podłogi wykonanej w hali Centrum Handlowego (przykład – hala nr 3).

## WNIOSKI

Betonowe posadzki utwardzone powierzchniowo należą do najczęściej stosowanych rozwiązań projektowych z uwagi na stosunkowo niskie koszty realizacji (w stosunku do posadzek np. żywicznych), charakteryzują się krótszym czasem wykonania oraz możliwością rozpoczęcia eksploatacji w krótkim okresie od ich wykonania, krótszym niż 28 dni (przy zastosowaniu odpowiednich zabiegów technologicznych i materiałów).

Prawidłowo zaprojektowana i wykonana posadzka powinna spełniać wymagania eksploatacyjne inwestora i być trwałą. Niedociągnięcia i błędy popełnione na etapie wykonawstwa należą do kluczowych czynników definiujących trwałość podłóg w okresie ich eksploatacji.

### ABSTRAKT

Przedmiotem artykułu jest zagadnienie wykonawstwa i eksploatacji podłóg przemysłowych. W artykule omówiono najczęściej popełniane niedociągnięcia i błędy związane z ich realizacją oraz późniejszym użytkowaniem. Treść artykułu została zilustrowana przykładami usterek i uszkodzeń w dwóch halach: Centrum Handlowym oraz Centrum Wystawienniczym.

The subject of the paper is the issue of manufacturing and use of industrial floors. The paper discusses the most frequent shortcomings and errors related to floor installation and use. The content of the paper is supported with examples of defects and damage in two halls: Shopping Centre and Exhibition Centre.

**MACIEJ NIEDOSTATKIEWICZ** jest absolwentem Wydziału Budownictwa Lądowego Politechniki Gdańskiej w specjalności konstrukcje budowlane i inżynierskie. Pracuje na stanowisku profesora uczelni, pełniąc funkcję zastępcy kierownika Katedry Konstrukcji Betonowych oraz kierownika Regionalnego Laboratorium Budownictwa. Główny obszar jego zainteresowań zawodowych stanowią zagadnienia wzmocnienia konstrukcji budowlanych oraz szeroko rozumiana problematyka budownictwa ogólnego i konstrukcji betonowych. Posiada uprawnienia budowlane w specjalności konstrukcyjno-budowlanej bez ograniczeń w zakresie kierowania budową, sporządzania projektów oraz kierowania robotami budowlanymi przy zabytkach nieruchomych. Jest rzeczoznawcą budowlanym w specjalności konstrukcyjno-budowlanej w zakresie budowy obiektów budowlanych i projektowania oraz rzeczoznawcą

PZITB. Jest właścicielem Pracowni Projektowo-Inżynierskiej Maciej Niedostatkiwicz.

**TOMASZ MAJEWSKI** ukończył studia na Wydziale Budownictwa Lądowego Politechniki Gdańskiej w specjalności konstrukcje budowlane i inżynierskie. Po studiach rozpoczął pracę w Katedrze Podstaw Budownictwa i Inżynierii Materiałowej Politechniki Gdańskiej. Prowadzi działalność ekspercką, opracowuje ekspertyzy, orzeczenia i tworzy projekty konstrukcyjne obiektów budowlanych oraz zabytków. Posiada uprawnienia do projektowania i kierowania robotami budowlanymi w specjalności konstrukcyjno-budowlanej bez ograniczeń. Jest rzeczoznawcą budowlanym w zakresie projektowania i kierowania robotami budowlanymi. Jest właścicielem Pracowni Projektowo-Inżynierskiej Tomasz Majewski.



DR INŻ. KRZYSZTOF POGAN

# SYSTEMY USZCZELNIAJĄCE WECRYL DO ZASTOSOWANIA W OBIEKTACH INŻYNIERII KOMUNIKACYJNEJ I BUDOWNICTWA OGÓLNEGO

Polimetakrylan metylu został odkryty na początku 1930 r. przez brytyjskich chemików Rowland Hill i John Crawford w Imperial Chemical Industries (ICI) w Anglii. ICI zarejestrował wówczas produkt pod nazwą pleksiglas. W tym samym czasie w Niemczech podjęto próby w celu wytworzenia szkła hartowanego na drodze polimeryzacji metakrylanu metylu między dwoma warstwami szkła. Dalsze prace nad modyfikacjami tego tworzywa pozwoliły na znalezienie znacznie więcej obszarów zastosowań.

Polimetakrylan metylu (PMMA) otrzymywany jest w wyniku polimeryzacji metakrylanu metylu. Głównie ma postać przezroczystej masy, wyglądem przypominającej szkło, nierozpuszczalnej w wodzie (rozpuszczalnej m.in. w estrach, acetonie czy dioksanie). Ma dobre właściwości mechaniczne i dielektryczne. Stosowany jest do produkcji szyb w samochodach, śmigłowcach i szybowcach, do wyrobu soczewek i innych elementów aparatury optycznej, światłowodów, przemysłowych okularów ochronnych,

w budownictwie (elementy zadaszenia, świetliki, także wanny, a w postaci płynnych żywic jako izolacje i uszczelnienia), do budowy modeli (np. biologicznych), w protetyce dentystrycznej, do wyrobu części protez dużych stawów, soczewek wewnątrzgałkowych, a także na uzupełnienia ubytków kości czaszki.

Obszar zastosowań produktów na bazie żywic PMMA w budownictwie jest bardzo szeroki i różnicowany. Zaczynając od nawierzchni parkingów i chodników mostowych, poprzez hydroizolację betonowych płyt mostowych, aż do uszczelnień dachów, rynien... i renowacji balkonów oraz tarasów. W tym ostatnim rozwiązaniu uzyskuje się efekt wizualny płytek ceramicznych, bez dociążania konstrukcji, grubość końcowej warstwy nie przekracza bowiem 5 mm.

Płynne żywice na bazie polimetakrylanu metylu (PMMA) charakteryzują się dobrą przyczepnością do różnorodnych materiałów (beton, asfalt, jastrych, płytki ceramiczne, drewno, metal, tworzywa sztuczne). W praktyce na stosunkowo niewielkiej powierzchni występują różnicowane materiały podłoża i dodatkowe elementy wyposażenia, które muszą zostać we właściwy sposób uszczelnione. Nawierzchnia musi także, a może przede wszystkim, spełnić indywidualne wymagania właścicieli budynków i obiektów w zakresie koloru i charakteru powierzchni.

Uszczelnienie i izolacja płyt betonowych mostów czy wiaduktów, modernizacja nawierzchni użytkowej parkingów, balkonów czy tarasów stanowi wyzwanie zarówno pod względem technologicznym, jak i projektowym. Dodajmy do tego jeszcze czas na wykonanie prac i warunki, w jakich należy przeprowadzić te prace.

Żywice na bazie polimetakrylanu metylu (PMMA), produkowane przez WestWood Kunststofftechnik GmbH w Petershagen, ze względu na swoją charakterystykę i właściwości, pozwalają na wykonywanie prac izolacyjnych i modernizacyjnych w trudnych warunkach pogodowych, gdzie inne materiały nie mogą być aplikowane.

Szybki czas reakcji żywicy PMMA, w zakresie nawet 15–18 minut (w temperaturze 20°C) oraz możliwość regulacji tego czasu dozowaniem odpowiedniej ilości katalizatora, w zależności od temperatury otoczenia i wymaganego czasu, pozwalają na aplikację tych materiałów, gdy temperatura podłoża jest wyższa niż 0°C, a wilgotność powietrza nie przekracza 90%. Sprawia to, że te rozwiązania świetnie nadają się do stosowania w obiektach inżynierii komunikacyjnej, przede wszystkim tam, gdzie istotny jest krótki czas wykonania poszczególnych etapów robót i szybki postęp prac.

Tam, gdzie brakuje czasu – żywice PMMA świetnie się sprawdzają.

Produkty na bazie żywic PMMA można pogrupować w zależności od obszarów zastosowania:

- » gruntowanie, wzmocnienie i naprawa podłoża,
- » systemy uszczelnień na mostach i wiaduktach pod papę termozgrzewalną lub pod asfalt twardolany,
- » nawierzchnie trudnościeralne na chodnikach mostowych, ciągach pieszych, parkingach podziemnych i wielopoziomowych, wraz z barwnym znakowaniem.

Dodatkowo należy zwrócić uwagę na uszczelnienia detali, przejść rurowych, wpustów czy odwodnień punktowych lub liniowych, a także szczelin i pęknięć w podłożu. Podobne rozwiązania można stosować nie tylko w obiektach inżynierii komunikacyjnej, ale także na dachach, balkonach i tarasach.

## KONTAKT



WestWood® Kunststofftechnik GmbH  
D-32469 Petershagen, An der Wandlung 20  
dr inż. Krzysztof Pogan  
+48 884 288 089  
krzysztof.pogan@westwood-pl.com



FOT. 1. Przykład aplikacji żywic PMMA w obiekcie inżynierii komunikacyjnej



FOT. 2. Nawierzchnia parkingu wykonana z żywicy PMMA



FOT. 3. Uszczelnienie dachu żywicami PMMA

W zakresie przygotowania podłoża są to przede wszystkim preparaty do gruntowania podłoża betonowego, zróżnicowane pod względem lepkości (np. Wecryl 171, Wecryl 123, Wecryl 276), ale także materiał do wzmacniania podłoża mineralnego – Wecryl 821. Jest to preparat o niskiej lepkości (lepkość: 5–15 mPa·s) i bardzo dobrej zdolności penetracji, stosowany do konsolidacji podłoży mineralnych, wzmacniania wytrzymałości powierzchniowej (w zakresie od 18% do 250%).

Do uzupełnienia ubytków w betonie proponowana jest bezskurczowa zaprawa naprawcza na bazie żywic PMMA – Wecryl 885, do stosowania na powierzchniach poziomych lub z niewielkim spadkiem. Charakteryzuje się szybkim przyrostem wytrzymałości na ściskanie (po 24 godzinach 85 N/mm<sup>2</sup>), a także wysoką wytrzymałością na zginanie (23 N/mm<sup>2</sup>). Jeśli chodzi o aplikację tego produktu, to po oczyszczeniu podłoża nakłada się preparat gruntujący (Wecryl 276), który równocześnie pełni rolę ochronną dla odsoniętych prętów zbrojeniowych. Podobnie jak w przypadku innych materiałów z grupy PMMA, dalsze prace, nakładanie kolejnych warstw systemu, możliwe jest po ok. 60 minutach. Warstwy izolacyjne i/lub użytkowe nawierzchni parkingów czy chodników mostowych mogą być wykonane w stosunkowo krótkim czasie, co zapewnia szybkie oddanie do użytku naprawianych, remontowanych obiektów budowlanych i inżynierii komunikacyjnej (mosty, wiadukty, parkingi podziemne i wielopoziomowe, przejścia podziemne, tunele).

System uszczelniania i izolacji przeznaczony dla obiektów inżynierii komunikacyjnej to preparat gruntujący Wecryl 123, z wariantem do wyrównywania podłoża metodą szpachlowania drapanego – Wecryl 123K (żywica z odpowiednio skomponowanym wypełniaczem kwarcowym i stabilizatorem, zapewniającym odpowiednią szczelność i urabialność oraz zapobiegającym sedymentacji materiału). Tak przygotowane podłoże nadaje się do aplikacji izolacji z bitumiczno-polimerowej papy termozgrzewalnej.

Z kolei w przypadku nawierzchni z asfaltu twardego system izolacji płyty betonowej zawiera, oprócz wspomnianego wcześniej preparatu gruntującego (Wecryl 123/Wecryl 123K), membranę uszczelniającą o wysokiej elastyczności – Wecryl 274 oraz preparat poprawiający przyczepność asfaltu twardego – WestWood Tack Harz.

Zabezpieczenie chodników mostowych lub nawierzchni parkingów można wykonać stosując system spełniający wymagania OS-F(b), wykazujący właściwości elastyczne i mostkujący rysy nawet w temperaturze –20°C, w skład którego wchodzi jako

preparat gruntujący Wecryl 276, warstwa uszczelniająca Wecryl 271 oraz warstwa użytkowa Wecryl 418.

Z kolei system powierzchniowej ochrony betonu spełniającego wymagania OS-8 składa się z żywicy gruntującej Wecryl 108 i żywicy użytkowej Wecryl 408. Stopień szorstkości uzyskiwany jest przez odpowiednią granulację piasku kwarcowego aplikowanego na jeszcze świeżą pierwszą warstwę żywicy Wecryl 408.

Do barwnego kształtowania warstwy użytkowej nawierzchni parkingów, np. oznakowanie poziome, linie, strzałki i symbole, szlaki dla pieszych, proponowane są żywice PMMA Wecryl 288, Wecryl 410 czy Wecryl 420.

Uszczelnienia detali czy przejść rurowych wykonuje się wklejając flizelinę Weplus Vlies w elastyczną żywicę Wecryl 230 (na wcześniej zagruntowane podłoże). Rozwiązanie to nadaje się także do wykonywania docelowej powłoki uszczelniającej na powierzchniach dachowych pokrytych papą czy też blachą. System ten sprawdza się przy szybkich naprawach miejscowych przecieków i likwidacji nieszczelności. Jest on także jednym z elementów systemu nawierzchni remontowanych lub nowych balkonów czy tarasów. Wówczas, po zagruntowaniu podłoża np. żywicą Wecryl 276, i wykonaniu (jeśli wymagana) warstwy spadkowej z zaprawy na bazie żywicy PMMA – Wecryl 825, uszczelnia się cokoły i inne detale (np. miejsca wokół słupków balustrady – do gruntowania elementów metalowych poleca się preparat WMP 174 S), wklejając flizelinę Weplus Vlies w żywicę Wecryl 230thix. Następnie, gdy wymaga tego konstrukcja balkonu czy tarasu, na całej powierzchni poziomej wykonuje się powłokę uszczelniającą z żywicy Wecryl 230 z klejoną w nią flizeliną. Następnie rozkłada się warstwę ochronną z materiału Wecryl 233, będącego mieszaniną żywicy Wecryl 210 i wypełniacza mineralnego Wecryl 223. Ostatnim etapem jest nałożenie warstwy użytkowej z żywicy Wecryl 288 (zarówno na cokołach, jak i powierzchni poziomej) i rozsypanie kolorowych płatków (Weplus Chips) jeszcze w na świeżą żywicę zamykającą Wecryl 288. Użytkuje się w ten sposób efekt dekoracyjny, ale przede wszystkim uzyskuje się antypoślizgowość.

Przedstawiona powyżej różnorodność produktów i systemów opartych na żywicach PMMA pozwala na znalezienie odpowiedniego rozwiązania w sytuacjach, z jakimi mierzy się wykonawca specjalistycznych robót.

Poprzez właściwe doradztwo techniczne oraz szkolenia produktowe nasza wiedza i doświadczenie spełnia oczekiwania najbardziej wymagających klientów. ■

MGR INŻ. JAROSŁAW STANKIEWICZ

# PRZYKŁADY PRAKTYCZNEGO ZASTOSOWANIA KRUSZYW LEKKICH

Practical applications of lightweight aggregates ABSTRAKT » S. 68

Kruszywa lekkie stanowią niewielki procent podaży na rynku kruszyw, są jednak wyrobem posiadającym wiele zalet i we współczesnym budownictwie mają liczną grupę odbiorców. Choć kruszywa lekkie znane są od starożytności, to za początki ich współczesnej historii można uznać opracowanie technologii produkcji keramzytu, która została zapoczątkowana przez N.T. Hayde'a w 1913 roku.

Mimo opracowania wielu technologii uzyskiwania kruszyw lekkich, coraz częściej z zastosowaniem surowców odpadowych, kruszywa lekkie nie zostały objęte szerokim wachlarzem dokumentów technicznych w zakresie wykorzystania w budownictwie i dlatego, niezależnie od wielu korzystnych cech, takich jak wysoka izolacyjność cieplna, niska gęstość, niepalność czy wysoka mrozoodporność, ich stosowanie nie jest zbyt powszechne. Rozwój technologii wspomagających budownictwo oraz duża podaż materiałów odpadowych, które coraz częściej są stosowane w konstrukcjach budowlanych, stanowią bodziec do szerszego stosowania kruszyw lekkich. W niniejszym artykule zostaną przedstawione przykłady wykorzystania praktycznego kruszyw lekkich.

## PODSTAWOWE PARAMETRY KRUSZYW LEKKICH

Właściwości kruszyw lekkich wynikają z ich porowatej struktury powstającej w wyniku procesów technologicznych. Dostępne na rynku kruszywa lekkie to kruszywa sztuczne powstające w procesach termicznych, kiedy to następuje tworzenie pustek powietrznych zamkniętych w strukturze pojedynczych ziaren. W zależności od surowca użytego do produkcji powstaje produkt o zróżnicowanych właściwościach. Zestawienie podstawowych cech kruszyw lekkich dostępnych na polskim rynku zestawiono w TABELI 1.

Podstawowe zastosowanie kruszyw lekkich wynikające z ich właściwości to:

- » betony lekkie stosowane jako warstwy izolacyjne i coraz częściej betony konstrukcyjne,
- » geotechnika – warstwy dróg, warstwy izolacyjne,
- » ogrodnictwo – podłoże do upraw, dachy zielone.

Kruszywa o niskim współczynniku przewodzenia są stosowane głównie w warstwach izolacyjnych (perlit). Kruszywa o wysokiej wytrzymałości na miazdzenie znajdują zastosowanie w konstrukcjach drogowych i w betonach konstrukcyjnych. Wysoka nasiąkliwość jest pożądaną cechą w ogrodnictwie, gdzie kruszywa stanowią magazyn wody.

Informacje na temat zakresu badań kruszyw sztucznych lekkich zawarte są w normach PN-EN 13055-1 „Kruszywa lekkie. Część 1. Kruszywa lekkie do betonu, zaprawy i rzadkiej zaprawy” [1] oraz PN-EN 13055-2, „Kruszywa lekkie. Część 2. Kruszywa lekkie do mieszanek bitumicznych niezwiązanych i związanych hydraulicznie oraz powierzchniowych utwaleń” [2]. Kruszywa lekkie, jak każdy wyrób budowlany dopuszczony do użytku, powinny mieć deklarowane przez producenta cechy opisane w wymienionych normach adekwatnie do przewidywanego zastosowania. Charakterystyki techniczne kruszyw z zasady zawierają tylko część właściwości opisanych w normach, co świadczy również o braku szczegółowych wytycznych technicznych w zakresie stosowania np. w geotechnice (przykładowo przydatne parametry kruszyw – zagęszczenie i nośność – nie są badane przez producentów kruszyw).

## BETONY LEKKIE

Betony lekkie są stosowane głównie jako warstwy izolacyjne, wypełniające oraz izolacyjno-konstrukcyjne.

Najczęściej wykorzystywane są zamiast styropianu pod posadzkę oraz na warstwy spadkowe na dachach i stropach. Z zasady betony »

Cecha kruszywa	Rodzaj kruszywa lekkiego			
	Keramzyt	Certyd	Perlit	Gransil
Gęstość nasypowa [g/m <sup>3</sup> ]	320	700	100	680
Nasiąkliwość [%]	< 35	16	3–80	22
Wytrzymałość na miazdzenie [MPa]	0,75	8	0,3	6
Mrozoodporność	< 0,8	< 1	b.d.	0
Współczynnik przewodzenia [W/m·K]	0,13	0,16	0,05	0,18
Główne surowce do produkcji	glina pęczniująca	popioły lotne	ruda perlitu	odpady komunalne i przemysłowe

TABELA 1. Kruszywa lekkie sztuczne i ich podstawowe właściwości (dla frakcji z przedziału 8–16 mm)

Przedstawione w tabeli wartości są uśrednione

**Leca**

**KERAMZYT**



## **BUDYNKI, DROGI I BOISKA NA GRUNTACH O NISKIEJ NOŚNOŚCI**

*<https://leca.pl/kalkulator-geotechniczny/>*



**Zapraszamy do kontaktu**

tel. 505 172 087 | 505 172 082 mail: [doradca@leca.pl](mailto:doradca@leca.pl)  
Leca Polska sp. z o.o. 83-140 Gniew ul. Krasickiego 9

Parametr	Beton z keramzytem	Beton z kruszywem spiekonym z popiołów lotnych
Przykładowe zastosowania	posadzki	konstrukcje nośne
	izolacje stropodachów	warstwa izolacyjno-konstrukcyjna podłóg
	w budowlach inżynierskich (odciążanie konstrukcji, drogi, mosty, wiadukty)	izolacja stropów i stropodachów
	elementy budynków o niskim stopniu obciążeń użytkowych	w budowlach inżynierskich wymagających odciążenia konstrukcji
Gęstość [kg/m <sup>3</sup> ]	500–1600	1000–2000
Wytrzymałość [MPa]	1,0–22	5–30

TABELA 2. Charakterystyka najpopularniejszych betonów lekkich produkowanych w kraju

» lekkie nie pełnią funkcji konstrukcyjnej, natomiast mają właściwości pozwalające na zastosowanie jako:

- » warstwy termoizolacyjne, co gwarantuje oszczędności energii,
- » elementy odciążające konstrukcje budowli (np. stropy),
- » elementy izolacji akustycznej.

Uzyskanie określonych właściwości w w/w zastosowaniach jest uzależnione od odpowiedniego doboru rodzaju betonu lekkiego i jego prawidłowego wykonania.

Obecnie dzięki rozwojowi technologii produkcji kruszyw sztucznych, jak również materiałów wiążących oraz dodatków i domieszek, możliwości zastosowania betonu lekkiego do celów konstrukcyjnych są zdecydowanie większe. Lekkie betony kruszywowe, oprócz powszechnego wykorzystania do produkcji prefabrykatów drobno- i wielkowymiarowych pełniących zarówno funkcję nośną, jak i nie-nośną w obiektach budowlanych, znajdują szerokie zastosowanie również w budownictwie monolitycznym.

Przykładowe konstrukcje bloczków wykonanych na bazie keramzytu przedstawiono na FOT. 1–3.

Konstrukcyjne betony lekkie, dzięki korzystnej relacji niskiej gęstości i odpowiednio wysokiej wytrzymałości, używane są również do renowacji obiektów zabytkowych, w których zastępują pierwotnie zastosowany materiał. Mimo szerokiego spektrum zastosowań konstrukcyjnych betonów lekkich liczba realizacji obiektów budowlanych z zastosowaniem tego materiału jest stosunkowo niewielka w porównaniu z betonami produkowanymi z wykorzystaniem kruszyw tradycyjnych. Przyczyn takiego stanu rzeczy jest kilka. Najistotniejsze z nich to:

- » brak uniwersalnych metod projektowania tych betonów, które umożliwiłyby uwzględnienie różnych rodzajów kruszyw lekkich oraz nowoczesnych dodatków i domieszek,
- » bardziej złożony, w stosunku do betonów zwykłych, sposób kształtowania właściwości,
- » bardziej skomplikowana i czasochłonna technologia produkcji, obarczona większym ryzykiem błędów.

Do stosowania konstrukcyjnych betonów lekkich zniechęca również wiele opinii dotyczących ich licznych mniej korzystnych właściwości fizycznych i mechanicznych.

Beton lekki to kompozyt o małej gęstości, poniżej 2000 kg/m<sup>3</sup>. Dla zmniejszenia gęstości stosowane jest kruszywo lekkie lub sztucznie wprowadzane są pęcherzyki powietrza. Wybór metody zależy głównie od zastosowania betonu lekkiego lub jego wymaganych właściwości. Jeżeli beton lekki ma zastosowanie jako beton wypełniający o dopuszczalnej niskiej wytrzymałości, wytwarzane są betony i zaprawy o bardzo dużej porowatości (napowietrzony beton lekki). Jeżeli wymaga się, aby beton lekki miał dobre właściwości mechaniczne, np. wytrzymałość na ściskanie, stosowane są specjalne kruszywa o dużej porowatości, ale o stabilnych wymiarach.



FOT. 1–3. Przykładowe bloczki betonowe z zastosowaniem kruszywa lekkiego – keramzytu; fot.: Leca

Betony lekkie charakteryzują trzy podstawowe właściwości: masa własna, czyli gęstość betonu, oraz związane z nią wytrzymałość na ściskanie i współczynnik przewodzenia ciepła. Odpowiedni dobór parametrów jest zatem kompromisem między nimi.

W TABELI 2 zamieszczono podstawowe parametry i przykładowe zastosowanie najczęściej produkowanych w kraju betonów lekkich.

## GEOTECHNIKA

Zastosowanie kruszyw lekkich w budownictwie drogowym dotyczy głównie wypełnienia stosowanego w nasypach i zasypkach w celu zmniejszania obciążeń podłoża i parcia gruntu na ściany oporowe oraz ograniczenia długotrwałych osiadań i deformacji budowli. Jest to wskazane:

- » w przypadku budowy, podwyższania lub poszerzania nasypów na bardzo ściślim podłożu (np. na bagnach),
- » gdy nasyp z materiału ziemnego wywołałby nadmierne i długotrwałe osiadanie lub, w skrajnych przypadkach, mógłby zatonać lub utracić stateczność,
- » w przypadku wymiany gruntu w celu naprawy długotrwałe osiadających nasypów na bardzo ściślim podłożu, zwłaszcza gdy kolejne wyrównywanie niwelety drogi nakładkami bitumicznymi docięża podłoże i powoduje dalszy przyrost osiadań,
- » jako zasypka do zabezpieczania lub naprawy ścian oporowych i przyczółków mostów, doznających przemieszczeń poziomych spowodowanych bocznym parciem słabego gruntu, wywołanym przez obciążenie pionowe nasypem.

W każdym z powyższych przypadków wykorzystywana jest niska gęstość nasypowa kruszywa, która w stosunku do naturalnych kruszyw jest od 2 do 4 razy niższa, przy jednoczesnym charakteryzowaniu się wystarczającą dla tego typu zastosowań nośnością kruszywa. Ponieważ kruszywa lekkie charakteryzują się wysoką nasiąkliwością, powinny być zabezpieczone przed jej działaniem, w szczególności gdy nie można ich wbudowywać w budowlę ziemną



FOT. 4. Budowa nasypu z zastosowaniem keramzytu; fot.: Mars Most Brdowski



FOT. 5. Lekkie wypełnienie nad przepustem na gruntach słabonośnych; fot.: Leca



FOT. 6. Zabudowa przyczółka mostowego z zastosowaniem kruszyw lekkich; fot.: Leca

poniżej poziomu zwierciadła wody gruntowej. W przypadku okresowego przyboru wody omywającej budowlę (np. przybory w rzekach) konieczne jest sprawdzenie warunku stateczności z uwzględnieniem sił wyporu.

Lekkie wypełnienia mają mały współczynnik przewodzenia ciepła. Ta cecha jest pożyteczna przy tworzeniu warstw chroniących podłoże pod drogą przed przemarzaniem, co jest bardzo istotne na gruntach wysadzinowych.

Lekkie kruszywa keramzytowe są przydatne do wykonywania nasypów odciążających na bardzo słabych podłożach oraz do zasypek lub obsypki rozmaitych konstrukcji.

Problematyka wbudowania kruszyw lekkich dotyczy ich sposobu zagęszczania, aby uzyskać odpowiednią nośność warstwy i jej stabilność. Z uwagi na znacznie mniejsze właściwości wytrzymałościowe kruszyw lekkich, a jednocześnie potrzebę zachowania struktury kruszyw, by nie dopuścić do zwiększenia obciążenia konstrukcji, nie można stosować tradycyjnych metod zagęszczania warstw drogowych. Ponieważ kruszywo keramzytowe charakteryzuje się dużym współczynnikiem tarcia, na powierzchni kruszywa nie jest wymagane intensywne zagęszczanie, gdyż ziarna dzięki dużemu tarcziu dobrze się klinują. Nasypy z kruszyw keramzytowych należy układać na przygotowanym podłożu, warstwami o ograniczonej grubości do 1 m, stosując urządzenia transportowe i zagęszczające o nacisku do 30 kN/m<sup>2</sup> (zagęszczanie statyczne).

Kolejny problem w przypadku stosowania kruszyw lekkich w konstrukcjach drogowych to zastosowanie z zasady kruszyw o frakcji 10/20 mm, co z założenia utrudnia zagęszczanie gruntu. Kwestia końcowa to wymagania mechaniczne warstwy gruntu – wartości modułu odkształcenia. W zależności od grupy podłoża gruntowego (G1–G4) wartość modułu odkształcenia powinna wynosić nie mniej niż 25 MPa dla grupy podłoża G4 i 35 MPa dla grupy podłoża G3 (z zasady dla tego typu grup podłoża stosuje się kruszywo lekkie keramzyt jako materiał stosowany do stabilizacji podłoża poprzez wymianę gruntów słabonośnych).

Warstwę lekkiego kruszywa z zasady osłania się geowłókniną i odseparowuje od podłoża. Takie rozwiązanie ogranicza rozkład naprężeń w ośrodku ziarnistym wewnątrz tak utworzonego materaca. Budowla ziemna z lekkiego kruszywa powinna zostać przykryta warstwą gruntu lub kruszywa o grubości co najmniej 0,6 m, mieszanki stabilizowanej mechanicznie lub mieszanki stabilizowanej spoiwem. Są to działania techniczne stosowane dla materiałów o gorszych właściwościach mechanicznych, zarówno kruszyw lekkich, jak i coraz częściej spotykanych wkładek ze styropianu – geowłóknina pełni rolę warstwy wzmacniającej oraz zapobiega przenikaniu wody.

## PRZYKŁADY ZASTOSOWAŃ

Mimo że kruszywa lekkie mają gorsze właściwości mechaniczne od kruszyw naturalnych, ich przydatność jest rekompensowana głównie niską gęstością i izolacyjnością cieplną. Zastosowane w geotechnice warstwy kruszyw lekkich są wzmacniane poprzez montaż geosiatek, co umożliwia przenoszenie obciążeń od ruchu pojazdów i konstrukcji budowlanych. Typowym przykładem jest zastosowanie kruszywa lekkiego – keramzytu w budowie warstw nasypu (FOT. 4), co umożliwi obniżenie obciążenia podłoża (stosowane na gruntach słabonośnych, podmokłych).

Kolejnym przykładem jest wykonanie zasypki z kruszywa lekkiego przy montażu przewodów instalacyjnych. Rozwiązania takie są stosowane w przypadku gruntów słabonośnych, nawodnionych. Podstawowa rola zasypki to ograniczenie osiadania konstrukcji przewodu, izolacja cieplna, a także dodatkowa informacja dla operatora maszyny przy ewentualnych naprawach instalacji. Przykładowa realizacja została przedstawiona na FOT. 5–6. »



FOT. 7. Zastosowanie kruszywa lekkiego do odciążenia warstwy podłoża; fot.: Certyd

» Tradycyjnie zastosowano w konstrukcji geowłókninę jako warstwę wzmacniającą.

Kolejne rozwiązanie dotyczy przyczółka mostowego. Wypełnienie przestrzeni po wymianie gruntu pozwoliło na zmniejszenie obciążeń poziomych i pionowych, co obniżyło ryzyko przemieszczeń konstrukcji nasypu i podłoża. Wypełnienie przestrzeni ograniczonej ściankami szczelinowymi oraz zastosowanie osłony z geowłókniny pozwala na przenoszenie obciążeń w wymaganym zakresie bez utraty wszystkich korzyści wynikających ze stosowania kruszyw lekkich.

Ostatni przykład zastosowania kruszyw lekkich w budownictwie drogowym dotyczy wykonania podbudowy z zastosowaniem innego kruszywa lekkiego – certydu (FOT. 7). Analogicznie jak w poprzednich przykładach, podstawą stosowania tego typu technologii jest odciążenie podłoża. W celu osiągnięcia wymaganej nośności warstwy drogi zastosowano zagęszczanie walcami okółkowanymi.

Ponieważ zastosowanie kruszyw lekkich nie ogranicza się tylko do budownictwa drogowego, jako ostatnie zastosowanie, szczególnie przyszłościowe z uwagi na ograniczanie emisji CO<sub>2</sub>, to wykorzystanie kruszyw lekkich do produkcji prefabrykatów betonowych wykorzystywanych w technologii domów pasywnych. Przykładowe wykorzystanie tych rozwiązań przedstawiono na FOT. 8.

## PODSUMOWANIE

Kruszywa lekkie stanowią ważny surowiec w nowoczesnym budownictwie. Przedstawione w artykule przykłady zastosowań nie wyczerpują możliwości zastosowań kruszyw lekkich. Barierą do szerszego wykorzystania mogą stanowić wyższa cena w stosunku do kruszyw naturalnych, ograniczona podaż i brak dokumentów technicznych określających wymagania dla poszczególnych zastosowań.

Kierunki rozwoju budownictwa i innych dziedzin, w których znajdują zastosowanie kruszywa lekkie, w szczególności budownictwo pasywne, rolnictwo, budownictwo drogowe, stanowią wyzwanie



FOT. 8. Przykładowe zastosowanie prefabrykatów z keramzytu do budowy domów jednorodzinnych; fot.: Leca

dla producentów kruszyw, aby podjąć coraz wyższym wymaganiom stawianym kruszywom lekkim. Większa oferta na rynku kruszyw lekkich (certyd, gransil) to również element konkurencji, który sprzyja rozwojowi tej dziedziny gospodarczej.

## LITERATURA

1. PN-EN 13055-1, „Kruszywa lekkie. Część 1. Kruszywa lekkie do betonu, zaprawy i rzadkiej zaprawy”.
2. PN-EN 13055-2, „Kruszywa lekkie. Część 2. Kruszywa lekkie do mieszanek bitumicznych niezwiązanych i związanych hydraulicznie oraz powierzchniowych utrwaleń”.
3. B. Gajewska, B. Kłosiński, „Rozwój metod wzmacniania podłoża gruntowego”, Seminarium IBDiM i PZWFS, Warszawa, 2011.
4. S. Majer, G. Szmeczel, „Wykorzystanie keramzytu geotechnicznego do naprawy nasypów drogowych”, XXVII Konferencja Naukowo-Techniczna Awarie Budowlane 2015.
5. K. Łuczaj, P. Urbańska, „Certyd – nowe, lekkie, wysokowytrzymałe kruszywo lekkie”, „Materiały Budowlane” 12/2015.
6. Geotechnika – Keramzyt Leca.

## ABSTRAKT

Przedmiotem artykułu jest zastosowanie kruszyw lekkich. Autor przedstawia charakterystykę podstawowych parametrów kruszyw lekkich, omawia zastosowanie betonów lekkich oraz podaje zastosowania kruszyw lekkich w budownictwie drogowym oraz w produkcji prefabrykatów betonowych wykorzystywanych w technologii domów pasywnych.

The paper concerns the application of lightweight aggregates. It presents the characteristics of basic parameters of lightweight aggregates, describes the application of lightweight concrete and specifies the applications of lightweight aggregates in road construction and manufacture of precast concrete components used in passive housing construction.

# OOCIEPLAM dom i walczę ze SMOGIEM



Akcja społeczna

• [www.termomodernizacja.org](http://www.termomodernizacja.org)

**PARTNER  
STRATEGICZNY  
AKCJI**



Narodowy Fundusz  
Ochrony Środowiska  
i Gospodarki Wodnej

**PATRONI AKCJI**

**MIWO**  
STOWARZYSZENIE PRODUCENTÓW  
WEŁNY MINERALNEJ, SZKLANEJ I SKALNEJ



STOWARZYSZENIE  
NA RZECZ  
SYSTEMÓW OCIEPLEŃ

**PSPS**  
Polskie Stowarzyszenie  
Producentów Styropianu

**SIPUR**  
POLIURETAN  
IZOLUJE LEPIJ

**eb**  
ekspertbudowlany.pl

**ORGANIZATOR AKCJI**

**IZOLACJE**  
IZOLACJA I OCHRONA ENERGETYCZNA

**WSPIERAJĄ NAS**

**ARBET**  
ARBYTA STYROPIANU  
przewodziwy  
STYROPIAN

**AUSTROTHERM**

**FAKRO**

**ROCKWOOL**

**KNAUF INSULATION**

**quick-mix**

**STEINBACHER**

» Skuteczna izolacja. I nie tylko. «



# ŚCIEŻKA ROWEROWA NA LEKKIM NASYPIE

Ostatnie lata niosą ze sobą znaczne zmiany w sposobie przemieszczania się Polaków. W zakorkowanych miastach rezygnujemy z samochodów oraz publicznych środków transportu i przesiadamy się na rowery. Dojeżdżanie do pracy i szkoły rowerem odbywa się zarówno w dużych aglomeracjach, jak i na terenie mniejszych miejscowości i wsi. Jednocześnie bardzo wielu Polaków wykorzystuje rowery do aktywnego wypoczynku.

Obecnie w Polsce co roku sprzedaje się około miliona rowerów. Sytuacja ta wymusza ciągłą rozbudowę sieci ścieżek rowerowych. Niestety wolnych terenów nie przybywa i projektanci często zmuszeni są do przygotowania projektów ścieżek rowerowych i pieszo-rowerowych na kłopotliwych oraz nietypowych gruntach.

## NOWA ŚCIEŻKA NA ISTNIEJĄCYM ROWIE

Typowym sposobem odbioru wód opadowych przy drogach są rowy. Projektując ścieżkę na takim rowie, automatycznie ograniczamy możliwości odbioru wód opadowych z powierzchni drogi. Czy można choćby częściowo temu zapobiec? Tak, jeżeli ścieżka powstanie na podłożu zatrzymującym część wody i rozsączającym ją po opadach. Tego typu rozwiązaniem może być wypełnienie istniejącego powiększonego starego rowu lekkim kruszywem. Jeżeli warunki w terenie

Parametry techniczne	Leca® KERAMZYT geotechniczny 8/10–20 Rx
Gęstość nasypowa w stanie luźnym	290 kg/m <sup>3</sup> ± 15%
Maksymalne zagęszczenie	10%
Wytrzymałość na miążdżenie	≥ 0,75 N/mm <sup>2</sup>
Nasiąkliwość	≤ 35%
Kąt tarcia wewnętrznego	45°
Współczynnik przewodzenia ciepła λ <sup>1)</sup>	0,095–0,160 W/(m·K)
Trwałość na zamrażanie	< 0,8%
Reakcja na ogień	A1 (materiał niepalny)

TABELA. Parametry techniczne Leca® KERAMZYTU 8/10–20 geotechnicznego

<sup>1)</sup> Zależnie od wilgotności

nie pozwalają na inny odbiór wód opadowych, budowa ścieżki na tzw. drenie francuskim bywa jedynym możliwym rozwiązaniem. Zasadnicze roboty polegają na:

- » ułożeniu geotkaniny w poszerzonym wykopie,
- » wypełnieniu wykopu Leca® KERAMZYTEM geotechnicznym frakcji 8/10–20 mm,
- » zagęszczeniu keramzytu,
- » przykryciu wypełnienia geotkaniną,
- » ułożeniu podbudowy wodoprzepuszczalnej z tłucznia,
- » ułożeniu nawierzchni wodoprzepuszczalnej.

Wodoprzepuszczalność podbudowy i nawierzchni można zastąpić odwodnieniem liniowym kierującym wody opadowe do drenu francuskiego pod ścieżką.

Przy właściwym ukształtowaniu spadów możliwy jest odbiór wód opadowych z drogi, ścieżki i pasa rozgraniczającego obie nawierzchnie. Współczynnik filtracji dla wypełnienia z keramzytu frakcji 8–20 mm osiąga wartość powyżej 3,33 cm/s.

## ŚCIEŻKA NA GRUNTACH O NISKIEJ NOŚNOŚCI

Innego rodzaju wyzwaniem jest budowa ścieżki na gruncie o niskiej nośności. W tym przypadku budowa typowych nasypów może spowodować nierównomierne osiadanie całej konstrukcji ścieżki i przyległej drogi. Wówczas można także wykorzystać Leca® KERAMZYT geotechniczny frakcji 8/10–20 mm. To lekkie kruszywo pozwala na kompensację obciążeń pod ścieżką. Przykładowo jeżeli w istniejącym podłożu występują grunty o niskiej nośności (np. torfy czy namuły) o gęstości ok. 1000 kg/m<sup>3</sup>, to po usunięciu 1 m<sup>3</sup> takiego gruntu w tym miejsce układamy Leca® KERAMZYT. Po zagęszczeniu i po osiągnięciu nawet maksymalnego zawilgocenia ciężar keramzytu nie przekroczy ok. 450 kg/m<sup>3</sup>. Czyli w tym miejscu możemy dociążyć słaby grunt lekkim wypełnieniem, konstrukcja ścieżki i obciążeniami użytkowymi. Grubość lekkiego wypełnienia zależy od sumy tych trzech zasadniczych obciążeń. Tym sposobem pod wypełnieniem skonsolidowany grunt nie będzie przenosił większych obciążeń. Wymiana części słabonośnego gruntu na lekki keramzyt ogranicza koszty związane z wymianą gruntów o większej miąższości do poziomu gruntu nośnego lub też stosowanie innych kosztownych metod wzmocnienia gruntu.

Wykonanie lekkiego nasypu odbywa się tak samo jak w opisanym wcześniej metodzie, przy czym podbudowa i nawierzchnia nie muszą spełniać wymagań dobrej wodoprzepuszczalności. Odwodnienie ścieżki i drogi należy zrealizować wówczas w inny sposób. Budowa lekkiego nasypu wzdłuż istniejącej drogi nie powoduje powstawania dodatkowych obciążeń gruntu w strefie wzdłuż drogi. Przy wykonywaniu ścieżki na lekkim wypełnieniu unika się

## KONTAKT



Leca Polska sp. z o.o.  
ul. Krasickiego 9, 83-140 Gniew  
Doradcy ds. geotechniki: tel. 505 172 087  
doradca@leca.pl, www.leca.pl



FOT. 1. Wykopy pod ścieżkę



FOT. 2. Wyrównanie podłoża w wykopie



FOT. 3. Ułożenie geotkaniny z zapasem do przykrycia



FOT. 4. Lekkie wypełnienie z keramzytu w geotkaninie



FOT. 5. Przykrycie wypełnienia i pierwsza warstwa podbudowy



FOT. 6. Gotowa ścieżka

również części robót ziemnych. Nie ingeruje się w istniejący nasyp drogi.

Na FOT. 1–6 pokazano fragment ścieżki rowerowej na lekkim wypełnieniu wybudowanej pomiędzy Chełmżą a Toruniem.

Lekki nasyp z Leca® KERAMZYT spełnił kilka funkcji:

- » zmniejszył obciążenia na podłożu w stosunku do typowych nasypów,
- » pozwolił na ułożeniu na nim podbudowy, nawierzchni i obciążenia ruchem użytkowym,

- » pozwolił retencjonować i rozścić znaczną część wód opadowych,
- » zabezpieczył przed przemarzaniem podłoża pod ścieżką.

Całość prac przebiegała bardzo sprawnie, a utrudnienia w ruchu tylko na jednym pasie ruchu były niewielkie i ograniczały się do krótkich przerw na czas wykopów i dostawy materiałów.

Doradcy Techniczni Leca Polska pomagają przy doborze optymalnego rozwiązania, w projektowaniu i w trakcie wykonawstwa. Zapraszamy do kontaktu. ■

 MGR INŻ. MACIEJ ROKIEL

# TARASY WENTYLOWANE – TERMOIZOLACJA, HYDROIZOLACJA, OKAP

*Ventilated terraces – thermal insulation, waterproofing, eaves* ABSTRAKT » S. 78

Taras nad pomieszczeniem to, niezależnie od sposobu wykonania, rodzaj dachu. Warstwą użytkową mogą być płytki ceramiczne, płyty kamienne i betonowe, deska tarasowa czy nawet żywica.

Niezależnie od rodzaju warstwy użytkowej można wyróżnić dwie koncepcje odprowadzenia wody – powierzchniową i drenażową. Ta pierwsza wymaga wykonania warstwy użytkowej z płytek ceramicznych lub kamiennych klejonych do podłoża ewentualnie z żywicy. Druga – drenażowa – daje znacznie większe możliwości aranżacji warstwy użytkowej, począwszy od płytek klejonych na jastrychu wodoprzepuszczalnym (co jest spotykane relatywnie rzadko), poprzez płyty na warstwie kruszywa, a skończywszy na płytach ułożonych na podstawkach dystansowych. Ten ostatni wariant coraz częściej nazywany jest tarasem wentylowanym. To potoczne (czy wręcz marketingowe) określenie wskazuje na pustą przestrzeń pomiędzy płytami czy deskami tarasowymi a konstrukcją połaci.

Taki wariant wykończenia może być także stosowany na tarasach naziemnych oraz na balkonach. W obu przypadkach zasada wykonywania warstwy użytkowej jest taka sama, jednak specyfika konstrukcji wymaga nieco innego podejścia projektowo-wykonawczego.

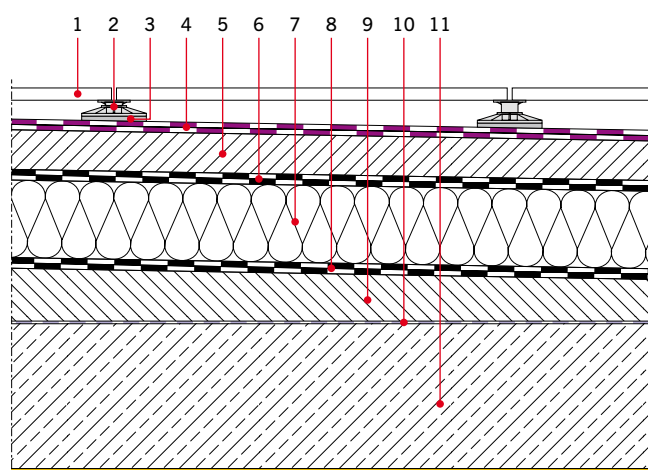
## TARASY NAD POMIESZCZENIAMI OGRZEWANYMI

Można wyróżnić następujące obciążenia działające na połać:

- » mechaniczne – obciążenia użytkowe, ciężar własny, drgania oraz obciążenia związane z różną rozszerzalnością termiczną elementów konstrukcji,
- » termiczne – obciążenia temperaturą, nagłe zmiany (szokowe) oraz długotrwałe oddziaływania cykli zamarzania–rozmarzania i związane z tym przejścia temperatury przez zero itp.,
- » chemiczne – agresywne czynniki zawarte w wodzie opadowej i powietrzu,
- » biologiczne – mikroorganizmy, mchy itp.,
- » związane z obecnością wody – celowe wydaje się wydzielenie wody jako osobnego czynnika niszczącego; choć prawie zawsze występuje w połączeniu z innymi czynnikami, jest swego rodzaju katalizatorem procesów destrukcyjnych.

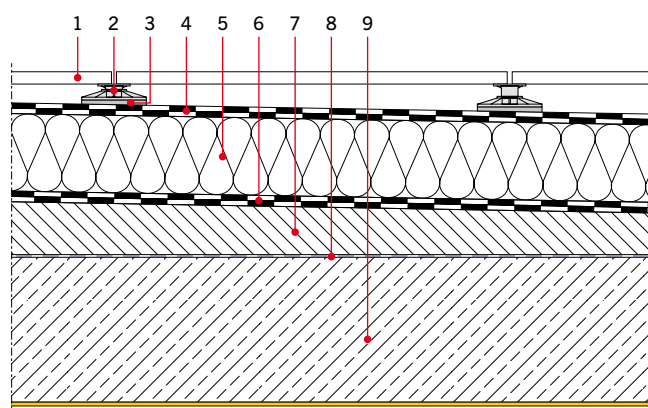
Układ drenażowy może być wykonany w wariacie klasycznym (termoizolacja jest chroniona przez hydroizolację) oraz odwróconym (hydroizolacja jest chroniona przez termoizolację).

Typowe układy warstw tarasu nad pomieszczeniem pokazano na RYS. 1–3. O ile dla układu z płytkami ceramicznymi za główne obciążenie należało uznać termikę, to szczegółowa analiza warstw i zjawisk w połaci układu drenażowego wykazuje, że konieczne jest



RYS. 1. Układ warstw tarasu nad pomieszczeniem – wariant 1; rys.: autor

**1** – podstawa dystansowa, **2** – płyta warstwy użytkowej, **3** – przekładka ochronna, **4** – hydroizolacja, **5** – jastrych dociskowy, **6** – hydroizolacja międzywarstwowa, **7** – termoizolacja, **8** – paroizolacja, **9** – warstwa spadkowa, **10** – warstwa szpenna, **11** – płyta konstrukcyjna



RYS. 2. Układ warstw tarasu nad pomieszczeniem – wariant 2; rys.: autor

**1** – podstawa dystansowa, **2** – płyta warstwy użytkowej, **3** – przekładka ochronna, **4** – hydroizolacja, **5** – termoizolacja, **6** – paroizolacja i izolacja międzywarstwowa, **7** – warstwa spadkowa, **8** – warstwa szpenna, **9** – płyta konstrukcyjna

zwrócenie uwagi na rodzaj i charakter obciążeń mechanicznych. Już sama warstwa płytek stanowiła bardzo dobre zabezpieczenie izolacji podpłytkowej, a do tego podłożem pod nią był jastrych dociskowy.

Układ drenażowy z warstwą użytkową na podstawkach dystansowych generuje zupełnie inne obciążenia. Oczywiście mamy »

# TARASY WENTYLOWANE

System tarasowy RENO W10/W20 umożliwiającą wykończenie okapu tarasu przy pomocy płyt o grubości 10 mm lub 20 mm.



## PROFILE OKAPOWE W10 I W20

W10/W20 to innowacyjne i jedyne na europejskim rynku profile okapowe do wykończania stref okapowych tarasów i balkonów, gdzie posadzka wentylowana została podniesiona na większą wysokość. Ich budowa umożliwia skuteczne odwodnienie tarasu oraz zabudowę czoła tarasu płytami o grubości 10 mm (profil W10) lub 20 mm (profil W20), np. ceramicznymi, HPL lub włókno cementowymi.

## WSPORNIKI TARASOWE RENOPAD

RENOPAD to podkładki tarasowe do posadzek wentylowanych. Dzięki wymiennej głowicy podkładki RENOPAD mogą być stosowane zarówno do posadzek układanych z płyt ceramicznych, betonowych i kamiennych oraz z desek kompozytowych czy drewnianych.



Renoplast

więcej informacji na [renoplast.pl](http://renoplast.pl) i [sklep.renoplast.pl](http://sklep.renoplast.pl)

» do czynienia z wodą i termiką, jednak znaczną rolę zaczyna odgrywać obciążenie mechaniczne.

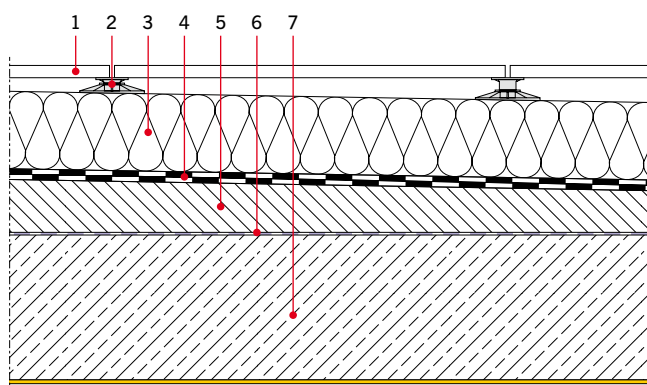
### ZAGADNIENIA CIEPLNO-WILGOTNOŚCIOWE

Przeanalizujmy na początek układ tradycyjny pokazany na RYS. 1. Warstwa użytkowa (płyty lub ruszt z desek) na podstawkach dystansowych jest ułożona na warstwie jastrychu cementowego. Pojawia się pytanie, gdzie należy umieścić hydroizolację i z jakiego materiału należy ją wykonać.

Często spotykany błąd pokazano na RYS. 4. Przedstawiony tam układ jest niedopuszczalny z punktu widzenia odporności na uszkodzenia. Innymi słowy – będzie on skutecznie funkcjonował dopóki nie dojdzie do żadnego uszkodzenia powłoki wodochronnej pod podstawkami dystansowymi.

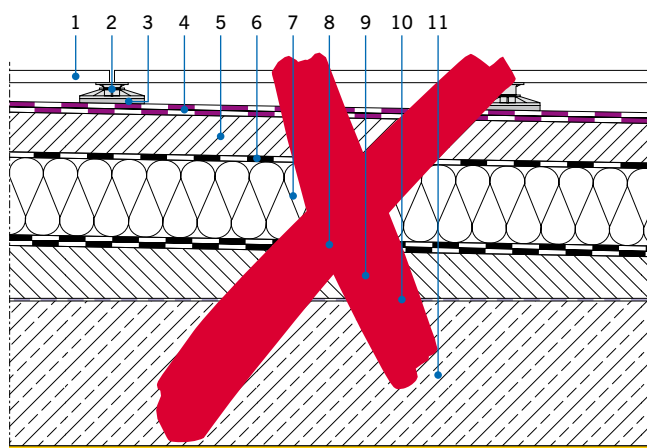
Przeanalizujmy powyższy układ. Paroizolacja i izolacja międzywarstwowa umieszczona jest pod termoizolacją. Druga izolacja umiejscowiona jest bezpośrednio pod podstawkami dystansowymi. Zatem w razie jej uszkodzenia wnikającą w połać wodę zatrzyma izolacja na płycie konstrukcyjnej. Pojawia się pytanie, co będzie się dzieć w połaci. Woda wnikająca w połać spowoduje zawilgocenie najpierw podkładu, a następnie termoizolacji (warstwa rozdzielająca nie zatrzyma wody, bo nie jest hydroizolacją). Rezultatem może być utworzenie się w połaci „basenu” (FOT. 1–2), przy czym styropian będzie leżał w wodzie. Likwidacja tej usterki w tym przypadku nie będzie polegać na naprawieniu uszkodzonej powłoki wodochronnej, lecz na usunięciu wszystkich warstw połaci (mokry styropian nie wyschnie, a połać nie będzie spełniać wymagań związanych z ciepłochronnością, pojawi się przemarzanie i kondensacja).

Konstrukcje i elementy konstrukcyjne powinny być projektowane, budowane i utrzymane w taki sposób, aby nadawały się do użytku w sposób ekonomiczny w okresie przewidzianym w projekcie. Konstrukcja, z odpowiednim stopniem niezawodności, nie powinna między innymi wykazywać uszkodzeń w stopniu nieproporcjonalnym do pierwotnej przyczyny w wyniku takich wydarzeń jak powódź, obsunięcie terenu, pożar, wybuch lub w rezultacie błędów ludzkich (wymaganie odporności konstrukcji). Odpowiedni stopień niezawodności należy określić, biorąc pod uwagę możliwe konsekwencje utraty niezawodności, jak również koszt, zakres wysiłków i czynności niezbędnych do ograniczenia ryzyka zniszczenia. Natomiast zabiegi, które powinny być podjęte, aby osiągnąć wymagany stopień niezawodności, obejmują przede wszystkim wymagania dotyczące skuteczności i trwałości zabezpieczenia wodochronnego i termicznego. Z tego powodu wykonanie w takim elemencie wodochronnego zabezpieczenia nad termoizolacją nie podlega dyskusji. Proszę zwrócić uwagę, że powierzchnia tego typu tarasu może dochodzić do kilkuset metrów kwadratowych. Nie zawsze są to małe tarasy w budynkach jednorodzinnych czy segmentowych – w ten sposób często zagospodarowuje się duże powierzchnie dachów w budynkach użyteczności publicznej czy apartamentowcach.



RYS. 3. Układ warstw tarasu nad pomieszczeniem – wariant 3 (układ odwrócony); rys.: autor

1 – podstawka dystansowa, 2 – płyta warstwy użytkowej, 3 – termoizolacja (płyty o frezowanych krawędziach), 4 – hydroizolacja i paroizolacja, 5 – warstwa spadkowa, 6 – warstwa szczepna, 7 – płyta konstrukcyjna

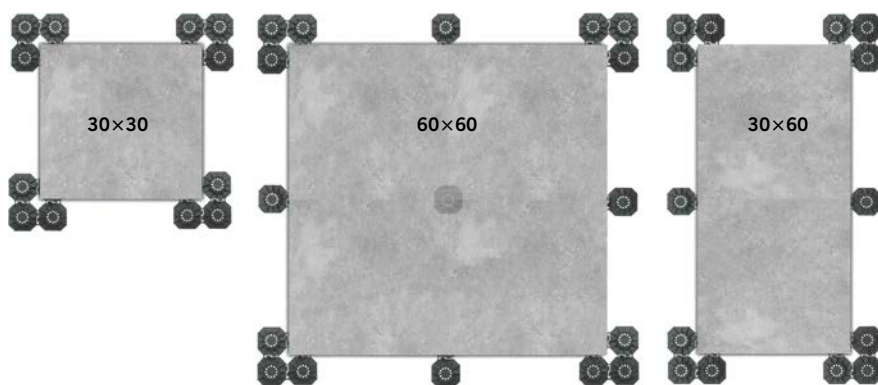


RYS. 4. Często spotykany błędny układ warstw tarasu nad pomieszczeniem – opis w tekście (patrz także FOT. 1–2); rys.: autor

1 – podstawka dystansowa, 2 – płyta warstwy użytkowej, 3 – przekładka ochronna, 4 – hydroizolacja, 5 – jastrych dociskowy, 6 – warstwa rozdzielająca, 7 – termoizolacja, 8 – paroizolacja i izolacja międzywarstwowa, 9 – warstwa spadkowa, 10 – warstwa szczepna, 11 – płyta konstrukcyjna



FOT. 1–2. Taras wykonany według schematu pokazanego na RYS. 4, widok po usunięciu jastrychu dociskowego; fot.: autor



RYS. 5. Przykładowe rozmieszczenie podstawek dystansowych; rys.: Renoplast

## MATERIAŁY DO WYKONYWANIA HYDROIZOLACJI I TERMOIZOLACJI

Odpowiedź na pytanie, z jakich materiałów należy wykonać hydroizolację i termoizolację wymaga analizy oddziaływujących obciążeń. Teoretycznie najmniej problemów powinno być z paroizolacją (układ paroizolacja–termoizolacja należy traktować jako jedno). Rodzaj materiału (a ściślej mówiąc wymagany opór dyfuzyjny:  $\mu$  lub  $S_d$ ) musi wynikać z obliczeń ciepłno-wilgotnościowych (dla rzeczywistych, a nie tylko normowych warunków zewnętrznych i wewnętrznych). Zwykle stosuje się paroizolacyjne papy albo folie z tworzywa sztucznych, rzadziej masy polimerowo-bitumiczne (KMB).

Na izolację główną na termoizolacji (pod jastrychem dociskowym) można stosować materiały rolowe: papy polimerowo-bitumiczne, samoprzylepne membrany bitumiczne albo folie (membrany) z tworzywa sztucznego lub kauczuku. Arkusze folii (gr. 1–1,5 mm) muszą być łączone ze sobą poprzez zgrzewanie, sklejanie czy wulkanizację. Dobór rodzaju materiału zależy od koncepcji konstrukcji, wyników obliczeń ciepłno-wilgotnościowych oraz analizy detali i szczegółów, w tym okapu oraz progu drzwiowego (konstrukcja, elewacja, próg drzwiowy, inne detale – hydroizolacja główna).

## DOBÓR MATERIAŁU NA IZOLACJĘ TARASÓW NADZIEMNYCH I BALKONÓW

Obciążenie użytkowe tarasów nadziemnych czy balkonów może dochodzić do 5 kN/m<sup>2</sup> połaci. Jest to oczywiście obciążenie równomiernie rozłożone, natomiast rzeczywiste punktowe obciążenie przekazywane na warstwy połaci przez podstawki dystansowe jest zupełnie inne. Na rynku znaleźć można różne rodzaje podstawek dystansowych, od prostych do zaawansowanych, umożliwiających nie tylko płynną regulację poziomu, lecz także poziomowanie warstwy użytkowej czy wręcz wykonanie posadzki podniesionej nawet o kilkanaście centymetrów w porównaniu do poziomu hydroizolacji (FOT. 2).

W przypadku tarasów naziemnych oraz balkonów na łączniku izotermicznym hydroizolacja pod warstwą użytkową jest jedyną powłoką wodochroną.

Dla wariantu pokazanego na RYS. 1 izolacja ułożona jest na podkładzie cementowym. Jest to stabilne i nośne podłoże. Jednak możliwe jest pominięcie jastrychu dociskowego, wówczas izolacja jest ułożona na termoizolacji (RYS. 2). Podobnie jest dla układu odwrotnego (RYS. 3), z tą różnicą, że podstawki dystansowe są ustawione bezpośrednio na termoizolacji.

Do tego dochodzi obciążenie siłą poziomą, które w pewnych sytuacjach może być dość istotne. Co zatem się dzieje, gdy podstawki ustawione są na termoizolacji?

Przeanalizujmy na początek wariant z obciążeniem użytkowym 4 kN/m<sup>2</sup> (ok. 400 kg/m<sup>2</sup>). Typowy wymiar płyty waha się od 40×40 cm do 60×60 cm przy grubości od 2 do 4,5 cm, choć spotkać można także płyty o wymiarach 30×60 cm czy 30×120 cm. Przykładowy układ podstawek dystansowych pokazano na RYS. 5. Układ podstawek musi być dobrany do wymiarów i kształtu płyt oraz przewidywanego obciążenia połaci. Ale to nie wszystko. Rzeczywiste punktowe obciążenie przekazywane na warstwy połaci przez podstawki dystansowe jest zupełnie inne. Przeanalizujmy układ dla płyt 30×30 cm pokazany na RYS. 5 (założmy grubość płyt 3 cm) na poczwórnych podstawkach dystansowych o powierzchni podstawy 44,5 cm<sup>2</sup> dla każdej z czterech części. Jeśli przyjmiemy ciężar takiej płyty kamiennej 0,08 kN (masa 8 kg) i uwzględnimy obciążenie użytkowe 4 kN/m<sup>2</sup>, to podstawka oddziałuje »



## HADALAN®

### SYSTEMY RENOWACJI BALKONÓW I TARASÓW

- bezzwowe powłoki uszczelniające mineralne i poliuretanowe
- mrozoodporne, antypoślizgowe i wytrzymałe powierzchnie dekoracyjne
- bogata skala barw i możliwości kształtowania okładzin posadzkowych

#### Informacje:

Visbud-Projekt Sp. z o.o.  
ul. Swojczycka 82  
51-502 Wrocław  
tel. (+48) 71 344 04 34  
info@visbud.com  
www.visbud.com



POSZUKUJEMY CHĘTNYCH  
NA STANOWISKO  
PRZEDSTAWICIEL REGIONALNY

FOT. 3. Przykład podstawki dystansowej; fot.: Ravdeck

» na powierzchnię siłą 0,11 kN (odpowiada to obciążeniu masą 11 kg). Wydaje się to niewiele.

Pamiętajmy jednak, że powierzchnia podstawki wynosi 44,5 cm<sup>2</sup>, a taki nacisk generuje w podłożu naprężenia rzędu 0,025 MPa (25 kPa).

To dla obciążenia normowego. Jednak na takiej płycie może stanąć pojedynczy człowiek. Przy założeniu, że waży on 80 kg, pojedyncza podstawka wygeneruje naprężenia wynoszące ok. 0,048 MPa (48 kPa) (zakładając równomierny rozkład obciążeń na każdą z 4 podstawek). Miarodajne dla określenia ryzyka przemieszczeń jest w tym przypadku obciążenie osobą stojącą na płycie.

Dla płyty o wymiarach 60×60 cm, przy podparciu tylko w narożnikach, sytuacja wygląda już inaczej. Powierzchnia takiej płyty jest cztery razy większa niż powierzchnia płyty analizowanej powyżej, dlatego przy obciążeniu użytkowym 4 kN/m<sup>2</sup> podstawka wygeneruje naprężenia rzędu 0,1 MPa (100 kPa), czyli cztery razy większe. Obciążenie takiej płyty osobą o masie 90 kg nie spowoduje drastycznego wzrostu obciążenia punktowego w porównaniu do płyty 30×30 cm (zwiększy się jedynie ze względu na wzrost ciężaru płyty). Miarodajne jest tu zatem obciążenie normowe. Z podanych powyżej powodów pokazana na RYS. 5 płyta o wymiarach 60×60 cm jest podparta także w środku.

Jakie to może mieć konsekwencje? Jednym z głównych zarzutów podnoszonych przez przeciwników układów wentylowanych na podstawkach jest fakt, że są one podatne na „nierównomierne osiadanie” albo „uginanie powierzchni”. Takie sytuacje oczywiście się zdarzają, lecz ich przyczyna jest zwykle zupełnie inna. Jeżeli na termoizolacji znajduje się jastrych dociskowy, to o „uginaniu się” nie ma mowy, jeżeli jednak tej warstwy nie ma (RYS. 2–3), to podłożem jest termoizolacja. Dla płyt termoizolacyjnych (EPS, XPS, pianki PIR/PUR) nie mierzy się typowej wytrzymałości na ściskanie, jest to bowiem materiał podatny, który po przyłożeniu obciążenia odkształca się (ściśnie). Odkształcenie to jest przy tym proporcjonalne nie tylko do obciążenia, lecz także do pierwotnej grubości. Po pierwsze, szczególnie niebezpieczne jest stosowanie złej jakości styropianu, nieodpornego na długotrwały nacisk i o niewielkiej wytrzymałości mechanicznej. Z najistotniejszych parametrów mechanicznych zastosowanego materiału termoizolacyjnego należy wymienić ściśliwość, tj. odkształcalność przy długotrwałym obciążeniu. Przykładowo klasa CS(10) 100 oznacza wartość naprężenia ściskającego 100 kPa przy odkształceniu 10%, co oznacza, że przy obciążeniu 100 kPa następuje zmniejszenie grubości płyty o maks. 10%. Jeśli założyć, że odkształcenia mają charakter sprężysty (w obszarze obowiązywania prawa Hooke’a), to można przyjąć, że odkształcenie jest proporcjonalne do obciążenia. Jeżeli zatem układ generujący naprężenia 100 kPa byłby umieszczony na 20-centymetrowej płycie z materiału termoizolacyjnego o klasie CS(10)100, to takie podłoże ścisnęłoby się maksymalnie o 2 cm. Oczywiście jest to analiza uproszczona, w rzeczywistości odkształcenie będzie mniejsze, jednak pokazuje ona, na ile istotny jest dobór odpowiedniego podłoża. Problem rozwiązuje albo zwiększenie ilości punktów podparcia, albo wykonanie



FOT. 4–5. Przykład podstawki dystansowej (4) i widok tarasu z warstwą użytkową z deski (5); fot.: Renoplast

na termoizolacji jastrychu dociskowego rozkładającego obciążenia na większą powierzchnię.

Przeanalizujemy jeszcze sytuację z zastosowaniem podstawek o dużej powierzchni podparcia (FOT. 3–4). Przykładowo dla pokazanej na FOT. 4 podstawce dystansowej o średnicy 200 mm powierzchnia stopy wynosi 314 cm<sup>2</sup>. Takie podstawki pozwalają na podniesienie poziomu posadzki nawet do 20 cm powyżej poziomu hydroizolacji, zapewniając jednocześnie stabilność w przypadku typowych obciążeń poziomych. Tego typu podstawki nie powinny być rozstawione rzadziej niż co 60 cm (osiowo). Przy takim właśnie rozstawie oraz normowym obciążeniu 4 kN/m<sup>2</sup> i ciężarze samej płyty naprężenia generowane przez podstawkę dystansową wynoszą 0,056 MPa (56 kPa). Są to naprężenia większe niż obciążenie od jednej osoby stojącej na podstawie.

Zastosowanie płyt o większych wymiarach (np. 120×60 cm) zawsze wymaga nie tylko dodatkowych podstawek dystansowych, ale i analizy, w jaki sposób może być obciążona sama płyta (możliwość obciążenia np. przez dwie osoby, i to w sposób nierównomierny).

Powyższa analiza, jakkolwiek uproszczona, pokazuje, jak bardzo istotny jest dobór warstw pości. Za krytyczne warstwy należy uznać:

- » termoizolację, ze względu na ściśliwość,
- » hydroizolację pod podstawkami, ze względu na obciążenie punktowe i niebezpieczeństwo uszkodzenia/przebicia.

Jeżeli termoizolacja znajduje się pod jastrychem dociskowym (RYS. 1), należy stosować termoizolację klasy minimum CS(10)200 (np. styropian EPS 200, choć zdecydowanie zalecany jest np. XPS). W przypadku układów pokazanych na RYS. 2–3, gdy podstawki ułożone są na termoizolacji, należy stosować wyłącznie XPS (lub inny materiał) o ściśliwości nie niższej niż CS(10)300), o ile z analizy nie wynika inaczej. Układ odwrócony (RYS. 3) dodatkowo wymaga zastosowania materiału termoizolacyjnego niewrażliwego na wilgoć i wodę (XPS).

Z tego wynika, że przywołane wcześniej „nierównomierne osiadanie” albo „uginanie powierzchni” wynika wyłącznie z nieprzeanalizowania na etapie projektu i/lub realizacji obciążeń oraz możliwych przemieszczeń podstawek dystansowych albo z zastosowania niewłaściwego (zbyt miękkiego) materiału termoizolacyjnego. Problemem mogą być także podstawki dystansowe o zbyt małej powierzchni podparcia lub zbyt rzadko rozmieszczone. Im większa powierzchnia podstawki, tym mniejsze naprężenia i mniejsze odkształcenia termoizolacji. Istotna jest także sztywność samej stopki podstawki. Dlatego nie należy stosować podstawek dystansowych niewiadomego pochodzenia „gdyż są tańsze”. Taka podstawka, oprócz wymaganych parametrów wytrzymałościowych, musi być odporna na czynniki atmosferyczne i pozwalać na regulację wysokości podparcia.



RYS. 6. Detal okapu tarasu naziemnego; rys.: Renoplast

Niekiedy nierównomiernemu osiadaniu sprzyja koncepcja wykonania połaci. Z jakiegoś powodu różnicuje się nie tylko grubość, ale i klasę materiału termoizolacyjnego pod podstawkami dystansowymi. Aby zachować równomierność odształceń pod obciążeniem użytkowym i/lub ograniczyć tę wielkość, dla konkretnego przypadku może się okazać, że konieczne będzie zastosowanie np. XPS-a o mniejszej ściśliwości (np. XPS 500) oraz obliczeniowe oszacowanie wielkości ściśnięcia termoizolacji.

Dla wariantów pokazanych na RYS. 1–2 izolacja ułożona jest bezpośrednio pod podstawkami dystansowymi. Zastosowana izolacja musi być odporna na przebicie statyczne. Dla wariantu pokazanego na RYS. 1 izolacja może być wykonana z:

- » materiałów rolowych bitumicznych (papa polimerowo-bitumiczna, samoprzylepna membrana bitumiczna),
- » materiałów rolowych z tworzywa sztucznego albo kauczuku,
- » elastycznych szlamów mineralnych.

Zastosowanie tych materiałów wymaga jednak komentarza. Taras jest rodzajem dachu użytkowego. Papy bitumiczne, zwłaszcza w wysokich temperaturach, mają tendencję do wydzielania specyficznego zapachu, co nie musi być obojętne dla osób przebywających na tarasie. Z tych względów papy są tu stosowane coraz rzadziej.

Elastyczne szlamy uszczelniające to cienkowarstwowe (2–3 mm) zaprawy uszczelniające. Doświadczenie pokazuje, że są one z sukcesem stosowane w tego typu układach, jednak nie należy tego robić bezkrytycznie. Przede wszystkim nie wolno stosować materiałów, które są deklarowane do zastosowania tylko jako izolacja podpłytkowa. Tu nie ma żadnej warstwy ochronnej, wręcz przeciwnie, występuje ciągłe oddziaływanie zmiennych warunków atmosferycznych oraz obciążenia mechaniczne i punktowy nacisk. Zatem szlam pracuje jak powłoka ochronna, musi być odporny na UV, szokowe obciążenia oraz cykle zamarzania i rozmrażania. Odporność na te czynniki zwykle określa się przyczepnością, szczelnością oraz wyglądem powierzchni. Równie istotna jest zdolność mostkowania rys. Nie wolno zakładać, że podłoże się nie rysuje i że nie dojdzie do mechanicznego uszkodzenia. Zatem szlam powinien być także zbadany na tzw. odporność na przebicie statyczne. Wartość uzyskaną w badaniach należy odnieść do rzeczywistych obciążeń (przypominam, że inne będą w przypadku małych, przydomowych tarasów, a inne w przypadku budynków użyteczności publicznej). Te tzw. czynniki niepewności powinny decydować o możliwości zastosowania, podkreślam, w konkretnym przypadku, konkretnego materiału. Dobrą praktyką jest zastosowanie ochronnych przekładek,

np. z grubej geowłókniny, bezpośrednio pod stopkami podstawek dystansowych (nie tylko dla izolacji ze szlamu). Niezależnie od tego grubość warstwy szlamu nie może być mniejsza niż 3 mm.

Folie z tworzywa sztucznego lub kauczuku, oprócz wymaganej odporności mechanicznej (grubość), muszą umożliwić wykonanie szczelnej powłoki. Muszą zatem dać się na krawędziach zgrzać, skleić czy zwulkanizować (nie jest to dla każdego oczywiste, spotykałem się z „projektami”, gdzie taka „izolacja” była folią grubości 0,2 mm). Efektywna grubość membrany nie może być mniejsza niż 1,2 mm, a sam materiał musi zachowywać giętkość w ujemnych temperaturach (nie wyższych niż –20°C). Wymagana jest także odporność na wysokie i niskie temperatury oraz korozję biologiczną.

Dla wariantu pokazanego na RYS. 2 możliwe jest zastosowanie jedynie folii z tworzyw sztucznych i kauczuku, a dla układu odwróconego (RYS. 3) – z rolowych materiałów bitumicznych i folii z tworzyw sztucznych. Szlamów dla takiego wariantu się nie stosuje.

Spód podstawki dystansowej nie może mieć żadnych zadziorów, nierówności itp. elementów wywierających punktowy nacisk na powłokę wodochronną. Powyższa analiza pokazuje jednocześnie jak istotne jest stosowanie wysokiej jakości podstawek dystansowych o możliwie dużej średnicy. Niebezpieczne są zwłaszcza podstawki o niewielkiej średnicy i pierścieniowym kształcie. Powierzchnia takiego pierścienia może być znacznie mniejsza niż może się wydawać na pierwszy rzut oka.

Na połać (posadzkę z płyt lub desek tarasowych) mogą także oddziaływać siły poziome. Są one szczególnie niebezpieczne, gdyż przy błędach w wykonaniu mogą prowadzić do utraty stateczności warstwy użytkowej i jej osunięcia. Im mniejsza wysokość potrawki dystansowej, tym większa stabilność i odporność na obciążenia poziome. Z drugiej strony większa średnica podstawki także zapewnia większą stabilność i odporność na obciążenia poziome. Biorąc pod uwagę, że warstwa użytkowa z płyt może być nawet 20 cm nad hydroizolacją (choć spotyka się także zalecenia mówiące o 40 cm), zastosowanie odpowiednich podstawek jest wymogiem bezwzględny. Bezskrytyczne zwiększanie wysokości posadzki nad podłożem jest niedopuszczalne.

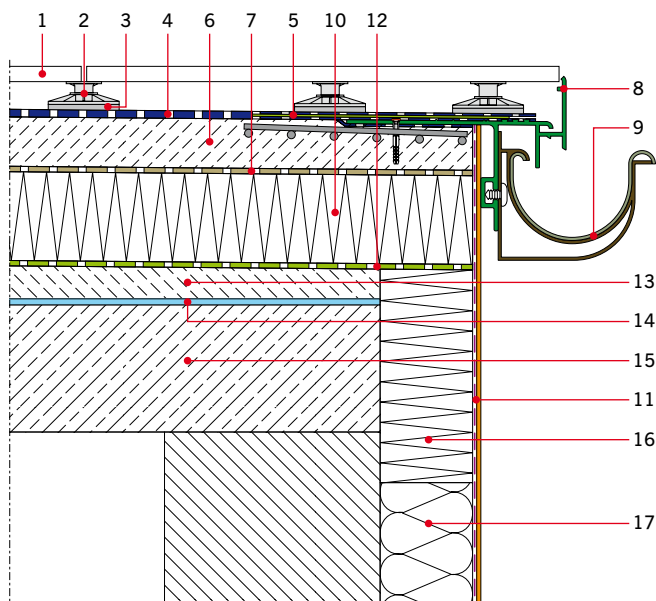
## OKAP

Układ drenażowy zawsze wymaga systemowego wykończenia okapu (porównaj RYS. 6–7), chyba że mamy do czynienia z balustradą pełną (dla wariantów pokazanych na RYS. 2–3 jest to w zasadzie jedyna możliwość). Konieczne jest zabezpieczenie płyt przed wypadnięciem przy zapewnieniu skutecznego odprowadzenia wody. Sytuację utrudnia fakt, że nie da się tego zrobić za pomocą obróbki blacharskiej. Wprawdzie możliwe jest rozwiązanie sposobu mocowania profilu dla układu pokazanego na RYS. 2, jednak wymaga to indywidualnego podejścia do zagadnienia.

Z tego powodu profil okapowy musi być dopasowany do rodzaju warstwy użytkowej (deska tarasowa, płyty na podstawkach dystansowych). Ogranicza to możliwość kształtowania wymaganej wysokości podstawek dystansowych przez wysokość i kształt profilu okapowego. Należy pamiętać, że układ drenażowy umożliwi uzyskanie poziomej warstwy użytkowej przy „schowaniu” spadku w warstwach połaci. Dla niewielkich wymiarów połaci może to nie mieć znaczenia, przy większych ma znaczenie zasadnicze.

Przykładowy detal okapu pokazano na RYS. 6. Jest to detal tarasu naziemnego. Dla porównania RYS. 7 także przedstawia detal tarasu naziemnego (detal pokazuje sposób uszczelnienia systemowego profilu, gdy izolację na jastrychu wykonano ze szlamu). Między »





**RYS. 7. Detal okapu tarasu naziemnego – opis w tekście;** rys.: autor

**1** – podstawka dystansowa, **2** – płyta warstwy użytkowej, **3** – przekładka ochronna, **4** – hydroizolacja z elastycznego szlamu, **5** – taśma uszczelniająca, **6** – jastrych dociskowy zbrojony w strefie okapowej, **7** – hydroizolacja międzywarstwowa, **8** – systemowy profil okapowy, **9** – rynna, **10** – termoizolacja połaci, **11** – warstwa zbrojąca i wyprawa elewacyjna, **12** – paroizolacja, **13** – warstwa spadkowa, **14** – warstwa szczerwona, **15** – płyta konstrukcyjna, **16** – termoizolacja bezpośrednio pod okapem z materiału takiego jak **10**, **17** – termoizolacja ściany

» tymi okapami jest zasadnicza różnica. Na **RYS. 7** w strefie okapu znajduje się podwójna podstawka. Jej obecność wynika z charakteru pracy jastrychu dociskowego. Należy zwrócić uwagę, że pas ocieplenia ściany bezpośrednio pod okapem powinien być wykonany z tego samego materiału termoizolacyjnego co termoizolacja połaci. Ma to na celu zapewnienie możliwie jednorodnego podłoża pod jastrych dociskowy. Grubość ocieplenia ściany może dochodzić do 25 cm. Ściany takie są wykonywane z materiału o zupełnie innej (mniejszej) ściśliwości. Zatem pas jastrychu przy okapie pracuje jako wspornik, stąd jego dodatkowe zbrojenie siatkami w górnej części. Przyjmuje się, że minimalna klasa jastrychu dociskowego to C20 F4 przy grubości minimum 4 cm. W analizowanym przypadku grubość należy zwiększyć minimum do 6,5 cm przy klasie jastrychu F5 lub do 7,5 cm przy klasie F4. Dodatkowa podstawka rozkłada obciążenie od osoby stojącej na pierwszym rzędzie płyt.

Wysokie podstawki wymagają innego wykończenia okapu. Pionowa płytka musi być stabilnie i pewnie zamocowana, nie może również utrudniać odpływu wody. Przedstawiony na **RYS. 8** okap tarasu naziemnego pokazuje, że możliwe jest zamontowanie pionowej płyty okapu o wysokości dostosowanej do wysokości podstawek dystansowych. Płyta musi jednak mieć grubość dostosowaną do profilu.

## LITERATURA

1. Außenbeläge. Belagskonstruktionen mit Fliesen und Platten außerhalb von Gebäuden, ZDB, 2019.

**MACIEJ ROKIEL** – mgr inż., absolwent Wydziału Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska Politechniki Łódzkiej. Rzeczoznawca budowlany SITPMB-NOT ze specjalnością ochrona budynków przed wodą i korozją biologiczną, rzeczoznawca mykologiczny PSMB. Od kilkunastu lat jest związany z branżą chemii budowlanej. Autor wielu opracowań, ekspertyz i opinii,



**RYS. 8. Detal okapu tarasu naziemnego – opis w tekście;** rys.: Renoplast

2. DIN 18560-2:2009-09, „Berichtigung 1:2012-05 – Estriche im Bauwesen- Teil 2: Estriche und Heizestriche auf Dämmschichten (schwimmende Estriche)“.
3. PN ISO 2394:2000, „Ogólne zasady niezawodności konstrukcji budowlanych“.
4. M. Rokiel „Poradnik Hydroizolacje w budownictwie. Projektowanie. Wykonawstwo”, wyd. III, Grupa MEDIUM, Warszawa 2019.
5. PN-EN 13164 +A1:2015-03, „Wyroby do izolacji cieplnej w budownictwie. Wyroby z polistyrenu ekstrudowanego (XPS) produkowane fabrycznie. Specyfikacja“.
6. PN-EN 13163 +A2:2016-12, „Wyroby do izolacji cieplnej w budownictwie – Wyroby ze styropianu (EPS) produkowane fabrycznie – Specyfikacja“.
7. PN-B-20132:2005, „Wyroby do izolacji cieplnej w budownictwie – Wyroby ze styropianu (EPS) produkowane fabrycznie – Zastosowania“.

## ABSTRAKT

Przedmiotem artykułu są zagadnienia konstrukcyjne (termoizolacja i hydroizolacja) związane z tarasami wentylowanymi. Autor rozpatruje je w odniesieniu do tarasów umiejscowionych nad pomieszczeniami ogrzewanymi oraz do tarasów naziemnych i balkonów. Przedstawia związane z tym tematem zagadnienia cieplno-wilgotnościowe, materiały do wykonywania hydroizolacji i termoizolacji oraz problemy związane z wykańczaniem okapów.

This paper concerns structural issues (thermal insulation and waterproofing) regarding ventilated terraces. The author provides an analysis with reference to terraces located over heated rooms as well as overground terraces and balconies. It presents relevant thermal insulation and waterproofing issues, materials suitable for waterproofing and thermal insulation and problems related with installation of eaves fittings.

referatów naukowych oraz licznych publikacji i artykułów dotyczących poprawnych rozwiązań technologiczno-materiałowych hydroizolacji balkonów, tarasów, pomieszczeń mokrych, basenów oraz zagadnień związanych z kompleksową renowacją starych, zawilgoconych i zasolonych budynków.

# OBLICZENIA TERMICZNE DLA ELEWACJI WENTYLOWANYCH – METODY OBLICZENIOWE

W ostatnich latach coraz większą uwagę zwraca się na parametry termiczne elewacji. Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z 5 lipca 2013 r. określone zostały maksymalne wartości współczynnika przenikania ciepła  $U_c$  dla ścian zewnętrznych.

Wartości współczynnika przenikania ciepła podane w TABELI uwzględniają poprawki ze względu na pustki powietrzne w warstwie izolacji oraz łączniki mechaniczne przechodzące przez warstwę izolacyjną. W przypadku elewacji wentylowanych przez łączniki mechaniczne należy rozumieć przede wszystkim kółki mocujące wełnę termoizolacyjną oraz podkonstrukcję pod okładzinę elewacyjną.

Powyższe wymagania należy uwzględnić w fazie projektu, przede wszystkim dobierając wełnę mineralną o odpowiedniej grubości oraz przewodności cieplnej, a także odpowiednie elementy podkonstrukcji o korzystnych parametrach termoizolacyjnych. Spełnienie wymagań rozporządzenia należy potwierdzić wykonując obliczenia termiczne dla zaprojektowanej elewacji. Zgodnie z normą PN-EN 6946 poprawki z uwagi na łączniki mechaniczne należy uwzględnić za pomocą obliczeń szczegółowych opisanych w normie PN-EN ISO 10211. W tym celu niezbędne jest specjalistyczne oprogramowanie umożliwiające modelowanie 3D oraz dokonywanie analizy przestrzennej dla danego elementu. Niestety niewiele firm w Polsce ma obecnie odpowiednie oprogramowanie umożliwiające wykonanie obliczeń termicznych zgodnie z tą normą.

Temperatura w pomieszczeniu	Maksymalny dopuszczalny współczynnik przenikania ciepła $U_{c(max)}$ [W/(m <sup>2</sup> · K)]		
	od 1 stycznia 2014 r.	od 1 stycznia 2017 r.	od 1 stycznia 2021 r. <sup>1)</sup>
$t_i \geq 16^\circ\text{C}$	0,25	0,23	0,20
$8^\circ\text{C} \leq t_i < 16^\circ\text{C}$	0,45	0,45	0,45
$t_i < 8^\circ\text{C}$	0,90	0,90	0,90

TABELA Maksymalne wartości współczynnika przenikania ciepła U zgodnie z rozporządzeniem w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie

$t_i$  – temperatura pomieszczenia ogrzewanego zgodnie z § 134 ust. 2 rozporządzenia

<sup>1)</sup> Od stycznia 2019 r. w przypadku budynków zajmowanych przez władze publiczne oraz będących ich własnością

Z powodu braku odpowiedniego oprogramowania inżynierowie często stosują drugą, uproszczoną metodę obliczeniową, opisaną w normie PN-EN 6946 pkt. D.3.1 jako procedura przybliżona, zgodnie ze wzorem:

$$\Delta U_f = \alpha \frac{\lambda_f A_f n_f}{d_0} = \left( \frac{R_l}{R_{T,h}} \right)^2$$

Liczenie poprawek na konsole według tej metody jest jednak obciążone dużym ryzykiem błędu. Metoda ta dotyczy bowiem elementów o prostym kształcie oraz niezmiennym przekroju na całej długości, co wynika z samego wzoru, który przyjmuje stałą powierzchnię przekroju  $A_f$  elementu. W konsoli natomiast występują różne przekroje, chociażby stopa oraz ramię elementu. Ponadto metoda ta nie uwzględnia części konsoli wystającej z wełny. Ta część jest bardzo istotna z punktu widzenia fizyki cieplnej, gdyż jest ona radiatorom, tzn. powierzchnią stykającą się z otoczeniem i odprowadzającą ciepło do otoczenia. Im większa część wystająca z wełny, tym większy strumień ciepła w elemencie.

Wykonywanie obliczeń termicznych dla elewacji wentylowanej z wykorzystaniem procedury przybliżonej na etapie projektowania jest więc ryzykowne. Dobór odpowiednich elementów elewacyjnych z punktu widzenia termoizolacji oraz błędy obliczeniowe są często weryfikowane przez niezależne audyty termiczne z wykorzystaniem kamer termowizyjnych na etapie użytkowania danej elewacji. Pociąga to za sobą wiele problemów formalnych oraz często konsekwencji finansowych. W związku z powyższym zakłada się, że jedyną właściwą metodą obliczeniową, dzięki której można uniknąć błędów, jest metoda szczegółowa zgodna z normą PN-EN ISO 10211.

Spełnienie wymagań termicznych, stawianych elewacjom wentylowanym można zapewnić poprzez:

- » ograniczenie ilości elementów przebijających warstwę izolacyjną,
- » zastosowanie konsol pasywnych z przekładką termiczną, niwelujących efekt mostków cieplnych,
- » zastosowanie odpowiedniej warstwy termoizolacyjnej o odpowiedniej grubości oraz współczynniku przewodzenia ciepła. ■

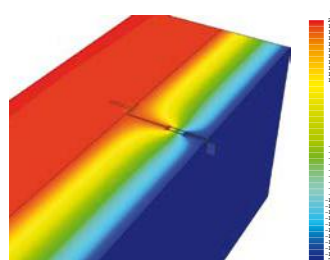
## KONTAKT



BSP Bracket System Polska Sp. z o.o.  
ul. Prochowa 35 lok. 31, 04-388 Warszawa  
www.bspsystem.com



RYS. 1. Podkonstrukcja pasywna BSP KW4 PAS



RYS. 2. Rozkład izoterm dla konsoli pasywnej BSP KW4 PAS

# ELEWACJE WENTYLOWANE – PORÓWNANIE NUMERYCZNE W ZAKRESIE TERMICZNYM

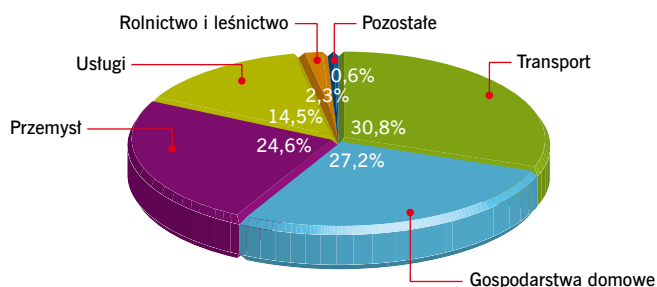
Ventilated façades – numerical comparison of thermal behaviour ABSTRAKT » S. 85

Zwiększające się wymagania stawiane ochronie środowiska, wzmagają rozwój budownictwa zrównoważonego. Elewacje wentylowane mogą stanowić korzystną energetycznie alternatywę dla elewacji standardowych, tj. elewacji w systemie ETICS.

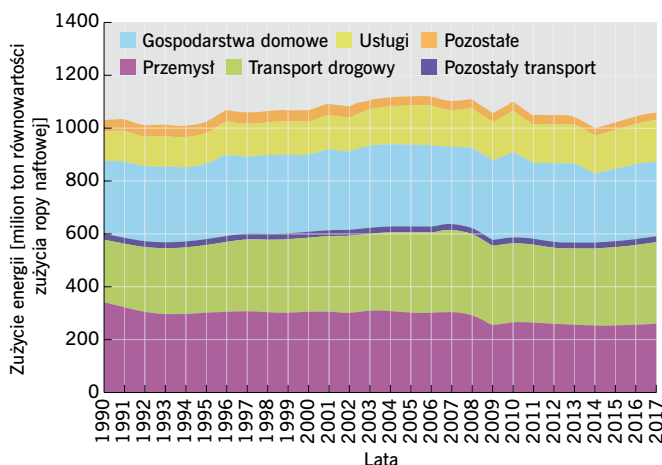
Wiele światowych organizacji w związku z coraz to bardziej postępującymi zmianami w środowisku naturalnym dąży do ograniczania zużycia energii. Na podstawie danych z Eurostatu z 2017 r. [1] sektor budynków odpowiada za 24,8% konsumpcji energii całkowitej, a sektor usług za 13,5% konsumpcji energii całkowitej w Unii Europejskiej. Łącznie stanowi to 39,2% konsumpcji energii całkowitej w UE na sektor związany z budową oraz użytkowaniem budynków, co przedstawiono na RYS. 1. Na potrzeby oceny budownictwa zrównoważonego powstały różne systemy oceny wielokryterialnej budynków, m.in. BREAAAM i LEED. Certyfikacja wymienionych organizacji dotyczy etapu projektowania, realizacji i użytkowania obiektów budowlanych. Na RYS. 2 pokazano całkowitą konsumpcję energii w Unii Europejskiej w podziale na poszczególne lata. Pomimo ciągłego rozwoju w Unii Europejskiej poziom konsumpcji energii w sektorze budownictwa waha się w obrębie kilku punktów procentowych. Jest to zasługą m.in. większej popularności budownictwa zrównoważonego propagowanego przez inwestorów i przyszłych użytkowników.

Bardzo ważnym elementem budownictwa zrównoważonego są elewacje budynków. Są to elementy, które mają największą powierzchnię „styku” ze środowiskiem naturalnym i powinny zabezpieczać budynek przed niskimi i wysokimi temperaturami, nasłonecznieniem, opadami oraz wiatrem. Bardzo korzystną formą elewacji, zapewniającą ochronę przed oddziaływaniami ze strony środowiska naturalnego, są elewacje używające kanałów wentylacyjnych, czyli pustek powietrznych pomiędzy zewnętrzną a wewnętrzną częścią przegrody pionowej. Elewacje te nazywane są elewacjami wentylowanymi.

Elewacje wentylowane (z ang. *ventilated façade*) pozwalają na kształtowanie zewnętrznych paneli z różnych materiałów, struktur, faktur czy kolorów. Analizując kompletny system elewacji wentylowanej od strony środowiska naturalnego, pierwszą warstwę stanowi okładzina elewacyjna (nazywana również okładziną zewnętrzną), która to jest przymocowana za pomocą podkonstrukcji i łączników do części nośnej ściany. Pomiędzy warstwą zewnętrzną i warstwą nośną znajduje się pustka powietrzna, jej szerokość wynosi 20–50 mm [2–3], niektóre źródła podają również większe wartości, np. 40–100 mm [4]. Ze względów technologicznych wyróżnia się dwa typy elewacji wentylowanych: z otwartymi złączami, określane



RYS. 1. Procentowe zużycie energii w różnych sektorach gospodarki; rys.: [1]



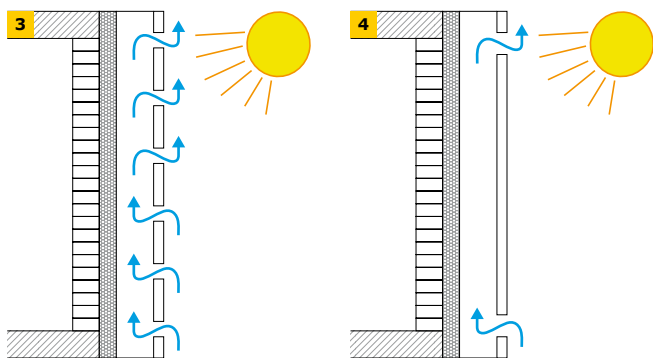
RYS. 2. Ilościowe zużycie energii w różnych sektorach gospodarki w poszczególnych latach; rys.: [1]

jako nieprzeziernie (z ang. *close-joint ventilated façade/opaque ventilated façade*) i zamkniętymi złączami (z ang. *close-joint ventilated façade*). Przykłady takich elewacji wentylowanych zaprezentowano na RYS. 3–4 [4].

Pomimo wielu zalet elewacje wentylowane są mało znanym zestawem wyrobów budowlanych. Szczególnie słabo rozeznana i zbadana jest tematyka związana z zagadnieniami ich termodynamiki. Autorzy niniejszego artykułu podjęli próbę przybliżenia tego zagadnienia.

## PRZEGLĄD LITERATURY

Istnieją opracowania dotyczące elewacji z komorą wentylacyjną, lecz większość z nich odnosi się do tzw. *double skin façade*, czyli elewacji ze szklanymi przegrodami, stosowanych w znacznej większości w budynkach wysokościowych o przeznaczeniu usługowym



RYS. 3–4. Typy elewacji wentylowanych: z otwartymi (3) oraz z zamkniętymi złączami (4); rys.: [4]

lub biurowym. Oczywiście część rozeznaczonych tam zagadnień, w tym niebezpieczeństwa rozwoju pożaru, przepływu powietrza w komorze wentylacyjnej, można adaptować do typowych elewacji wentylowanych w zakresie korzyści energetycznych, przewodnictwa materiałów i konstrukcji ścian, systemy elewacji *double skin façade*, znacząco różnią się od elewacji wentylowanych. Elewacje wentylowane w swojej tradycyjnej odmianie, tzn. z zamkniętymi złączami i z otwartymi złączami, stosowane są w większości w budynkach niskich i średnio wysokich o przeznaczeniu głównie mieszkalnym, a w mniejszości – usługowym i hotelowym. Niewielka jest również liczba opracowań naukowych dla elewacji wentylowanych (z zamkniętymi złączami i z otwartymi złączami) odnoszących się wyników do elewacji bez zastosowania pustki powietrznej. Opracowania naukowe Griffith (2006) [5], Naboni (2007) [6], González [7] prezentują sposoby analizy elewacji wentylowanych w sposób analityczny wraz z objaśnieniem ich wszystkich elementów. Dodatkowo Naboni [6] przedstawił opis zależności termodynamiki w modelu numerycznym elewacji wentylowanej. Na podstawie badań eksperymentalnych dokonano walidacji z numerem numerycznym oraz porównano otrzymane wyniki z wynikami elewacji standardowej (elewacji bez pustki powietrznej). Symulacje numeryczne wykonane przez Naboni [6] były przeprowadzone dla włoskiego miasta Mediolan. Reprezentacyjna była ściana południowa. Wykazano, iż korzyści są zarówno w zimie (wyższa temperatura na wewnętrznej powierzchni ściany), jak i latem (niższa temperatura na wewnętrznej powierzchni ściany). Z kolei Sanjuan [3] poddał analizie zagadnienia termodynamiczne elewacji wentylowanej, odnosząc je do ściany trójwarstwowej z pustką powietrzną. Wyniki przedstawione w [3] pokazują bardzo pozytywne funkcjonowanie elewacji wentylowanych w stosunku do ścian trójwarstwowych z pustką powietrzną, ale bez możliwości wymiany znajdującego się w niej powietrza. Oszczędności w okresie letnim z dużym nasłonecznieniem wynoszą około 26%, a straty ciepła w przypadku strony północnej w okresie zimowym w oddziaływaniu nocnym przekraczają 50%. Model prezentował oddziaływanie dobowe temperatury zewnętrznej na ścianę zewnętrzną w ciągu okresu letniego i zimowego dla rejonu Madrytu w Hiszpanii. Z kolei autorzy

pracy [8] dokonali weryfikacji w zakresie oddziaływania termicznego, wykonując badania eksperymentalne elewacji wentylowanych z zamkniętymi złączami z różnymi wariantami okładzin zewnętrznych.

Ze względu na niewielką ilość artykułów przedstawiających porównania zachowania termicznego elewacji wentylowanych ze elewacjami standardowymi (m.in. ETICS) autorzy niniejszego opracowania zdecydowali zająć się tym zagadnieniem i wykorzystali do tego celu symulacje numeryczne reprezentacyjnych elewacji.

## UTWORZENIE MODELU NUMERYCZNEGO I PRZYJĘCIE ZAŁOŻEŃ DLA SYMULACJI

Analizę numeryczną wykonano wykorzystując oprogramowanie CFD (z ang. *Computational Fluid Dynamic*) i moduł Ansys Fluent bazujący na równaniach Navier-Stokesa. Zasadność wyboru takiego oprogramowania potwierdzają artykuły [9–12], w których przedstawiono podobne zagadnienia rozwiązywane za pomocą tego właśnie oprogramowania. Ponadto w artykule [11] zaprezentowano rezultaty otrzymane dla przeprowadzonej walidacji modelu numerycznego wykonanej również tym oprogramowaniem. Otrzymane wyniki potwierdziły istotną zgodność z badaniem eksperymentalnym. Jako numeryczny model przepływu przyjęto  $\kappa$ - $\epsilon$  (RNG), omówiony przez Launder w pracy [13]. Z kolei Chen [14] wykazał, iż dokładność przyjętego modelu przepływu jest dobra i znajduje zastosowanie przy tego typu zadaniach. Model promieniowania cieplnego na podstawie opracowania Chui [15] został przyjęty jako DO (*Discrete Ordinates*), przedstawiony jako szybki i dokładny.

### Założenia technologiczne i materiałowe modelu numerycznego

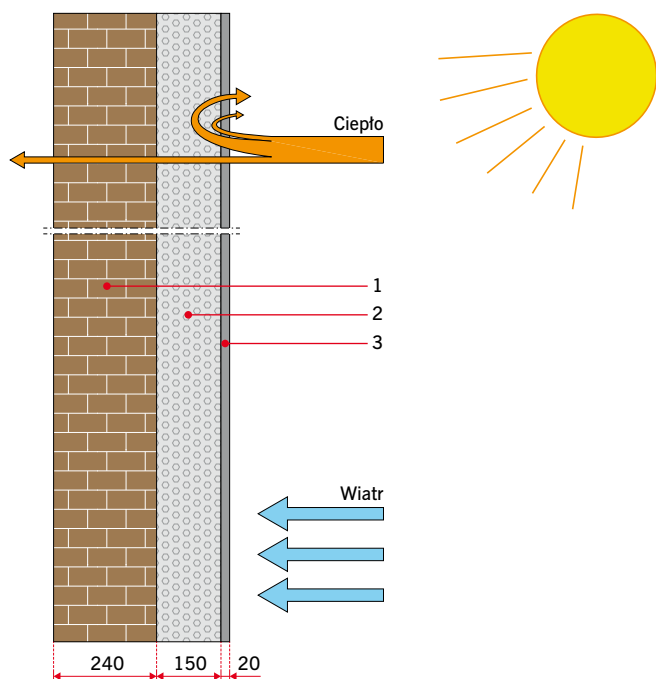
Dla porównania efektywności energetycznej elewacji utworzono trzy modele numeryczne, odwzorowujące następujące typy elewacji: elewację standardową ETICS (bez zastosowania pustki powietrznej), elewację wentylowaną z zamkniętymi złączami, elewację wentylowaną z otwartymi złączami. Wszystkie modele zostały wykonane z jednakowych materiałów. Przyjęto, że ściana nośna została wykonana z bloczków silikatowych o grubości 240 mm, izolacja termiczna z poliuretanu o grubości 150 mm, a okładzina zewnętrzna z płyt włóknisto-cementowych w kolorystyce tzw. ciemnej o grubości 20 mm. Dla jak najlepszego odwzorowania globalnego działania wpływu temperatury zewnętrznej na wewnętrzną przyjęto model odpowiadający wysokości ściany równej 4 m. Charakterystyki wszystkich materiałów przedstawiono w TABELI.

Pierwszy model został przyjęty jako elewacja typu standardowego, gdzie płyty włóknisto-cementowe są umieszczone bezpośrednio na izolacji – ciała stykają się (oznaczone w pracy jako A), tak jak pokazano schematycznie na RYS. 5–7. Kolejne dwa modele zostały przyjęte jako elewacje wentylowane, w dwóch wariantach wykonania:

» elewacja wentylowana z zamkniętymi złączami (z ang. *close-joint ventilated façade/opaque ventilated façade*), oznaczona w pracy jako B,

Materiał	Gęstość [kg/m <sup>3</sup> ]	Ciepło właściwe [J/(kg·K)]	Współczynnik przewodzenia ciepła [W/(m·K)]
Bloczki silikatowe	1900	880	0,800
Polyurethane – izolacja	30	133	0,0207
Płyty włóknisto-cementowe	1800	920	0,400

TABELA. Termodynamiczne parametry materiałów



RYS. 5. Przyjęty schemat elewacji do symulacji numerycznych: A – elewacja standardowa; rys.: autorzy

1 – ściana nośna, 2 – izolacja, 3 – okładzina zewnętrzna

» » elewacja wentylowana z otwartymi złączami (z ang. *open-joint ventilated façade*), oznaczona w pracy jako C.

Modele elewacji wentylowanych (B i C) mają pustkę powietrzną o szerokości 50 mm pomiędzy izolacją a okładziną zewnętrzną płyty włóknisto-cementowej. W przypadku modelu z zamkniętymi złączami (model B) powietrze dostaje się do pustki powietrznej przez dwie szczeliny: na dole i na górze okładziny zewnętrznej, każda o szerokości 30 mm. W przypadku modelu z otwartymi złączami powietrze może dostawać się nie tylko wcześniej wspomnianymi szczelinami, lecz także przez szczeliny dodatkowe, odwzorowujące montaż płyt elewacyjnych, o szerokości 20 mm. Wszystkie przyjęte schematy pokazano na RYS. 5–7.

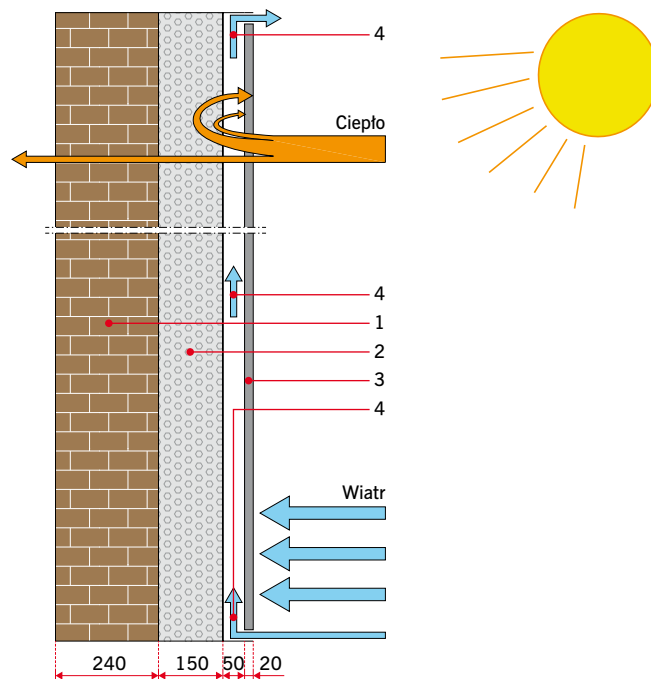
### Założenia klimatyczne modelu numerycznego

Założenia klimatyczne modelu numerycznego wykonano stosując normę PN-EN 1991-1-5:2005: Eurokod 1, „Oddziaływania na konstrukcje. Część 1–5. Oddziaływania ogólne. Oddziaływania termiczne” [2]. Przyjęto najbardziej niekorzystną sytuację obliczeniową związaną z oddziaływaniem temperatury i nasłonecznienia w trakcie okresu letniego. Elewację zlokalizowano w Polsce i usytuowano ją na stronę południową ze względu na największe nasłonecznienie. Założono, że elewacja ta zostanie wykonana w tzw. kolorystyce ciemnej ze względu na największą pochłaniałość promieni słonecznych. Parametry związane z takimi założeniami są następujące:

- » temperatura na zewnątrz 38°C (311,15K),
- » temperatura wewnątrz 20°C (293,15K),
- » dodatkowa różnica temperatur spowodowana nasłonecznieniem 42°C,
- » sumaryczna temperatura działająca na elewację w szczycie 38°C + 42°C = 80°C (353,15K).

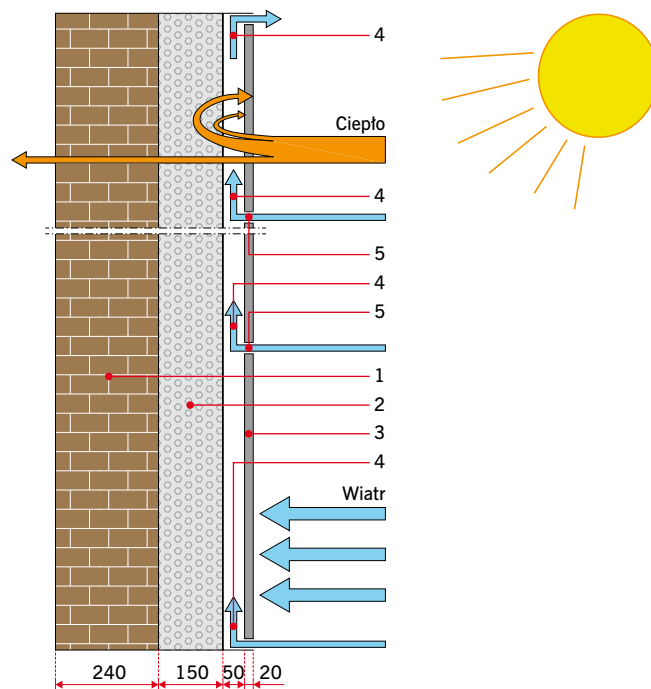
### Model numeryczny

Symulacje numeryczne wykonano dwuwymiarowo (2D) w programie Ansys Fluent, module Ansys Workbench. W celu odwzorowania



RYS. 6. Przyjęty schemat elewacji do symulacji numerycznych: B – elewacja wentylowana z zamkniętymi złączami (6); rys.: autorzy

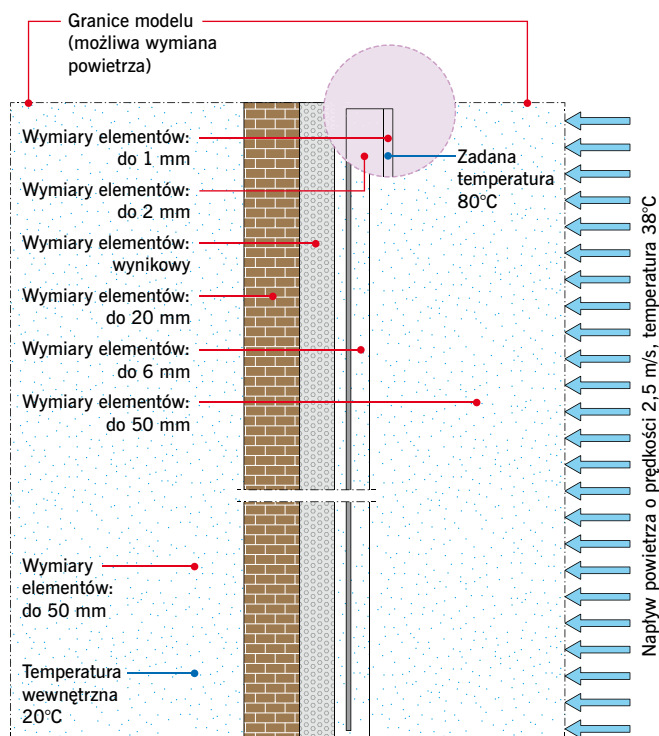
1 – ściana nośna, 2 – izolacja, 3 – okładzina zewnętrzna



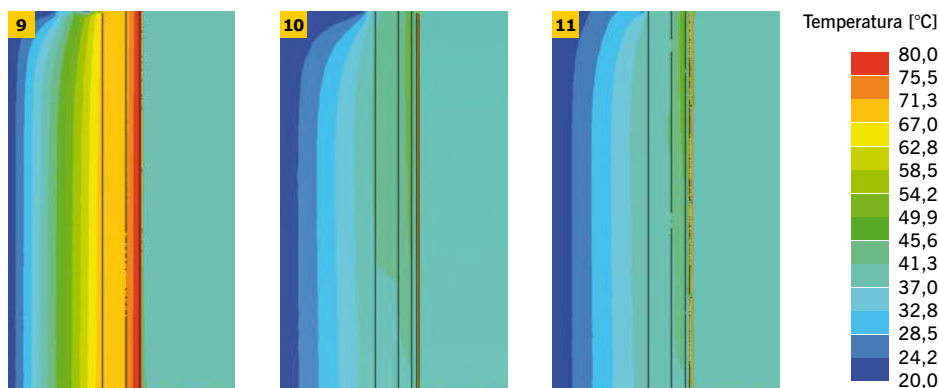
RYS. 7. Przyjęty schemat elewacji do symulacji numerycznych: C – elewacja wentylowana z otwartymi złączami (7); rys.: autorzy

1 – ściana nośna, 2 – izolacja, 3 – okładzina zewnętrzna, 4 – przepływ powietrza, 5 – szczeliny wentylacyjne

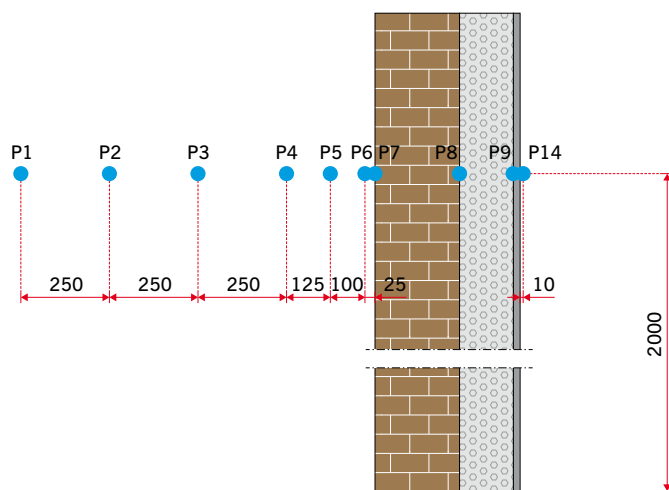
globalnych warunków przepływów i wymiany powietrza oraz przenikania ciepła przyjęto rozmiar modelu o wymiarach: szerokość 2390 mm i wysokość 4000 mm. W środkowym planie modelu zamodelowano ścianę, tak aby po jej prawej i lewej stronie znajdowała się przestrzeń na powietrze. Szczegóły przyjętych parametrów modelu przedstawiono na RYS. 8. Zdaniem autorów tak przyjęty model umożliwi odtworzenie globalnych warunków przepływu



RYS. 8. Schemat przyjętego modelu numerycznego dla elewacji typu B; rys.: autorzy



RYS. 9–11. Mapy rozkładu temperatur elewacji uzyskane podczas symulacji numerycznej: A – elewacja standardowa (9), B – elewacja wentylowana z zamkniętymi złączami (10), C – elewacja wentylowana z otwartymi złączami (11); rys.: autorzy



RYS. 12. Lokalizacja punktów pomiaru temperatury: A – elewacja standardowa; rys.: autorzy

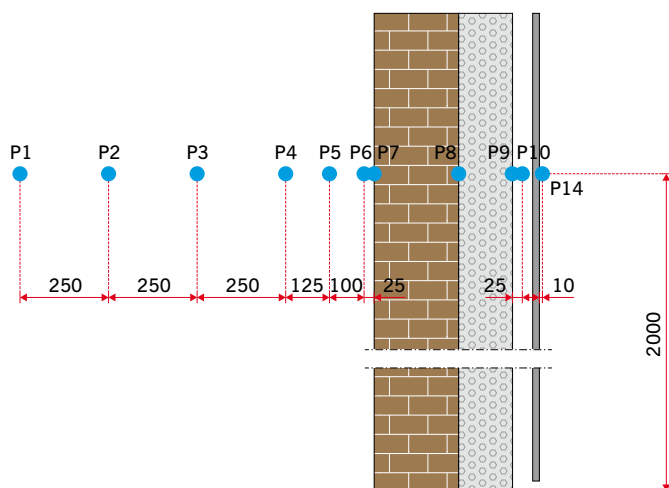
powietrze (na zewnątrz) i wymiany ciepła. Napływ powietrza o zadanym parametrze prędkości równym 2,5 m/s i temperaturze 38°C symuluje wiatr. Dodatkowo zadano odpowiednią temperaturę równą 80°C na zewnętrznej krawędzi płyty włókno-cementowej, symulującą nasłonecznienie. Początkowa prędkość powietrza umożliwia odprowadzanie ciepłego powietrza z pustki powietrznej. Przyjęto, iż warunki wewnątrz budynku są stałe, powietrze wewnątrz ma temperaturę wyjściową 20°C i nie ulega wymianie ani ochładzaniu. Do utworzenia siatki elementów skończonych użyto elementów trójkątnych 3-węzłowych, wymiary poszczególnych elementów skończonych dobrano w zależności od lokalizacji o wielkości 1–50 mm; szczegóły wskazano na RYS. 8. Schematy dla elewacji standardowej oraz elewacji wentylowanej z otwartymi złączami przyjęto analogicznie do przedstawionego schematu elewacji wentylowanej z zamkniętymi złączami na RYS. 8.

## WYNIKI SYMULACJI NUMERYCZNYCH

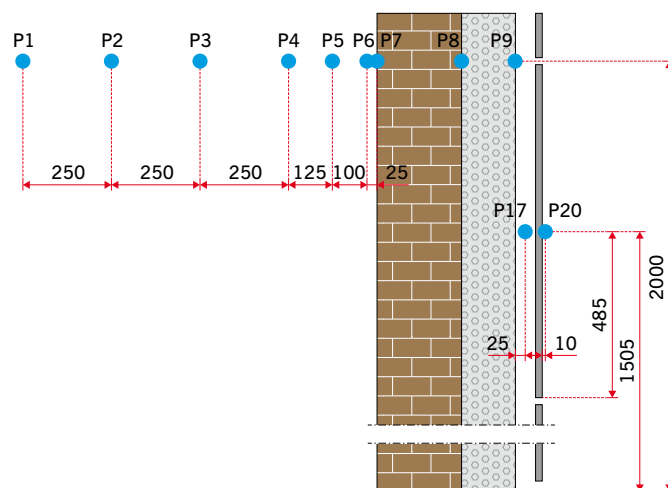
Wyniki symulacji numerycznych zaprezentowano w postaci rozkładu map temperatur pokazanych na RYS. 9–11. Na mapach temperatur wszystkich elewacji widać izolacje w różnych kolorach przedstawiające temperatury w ciałach stałych i gazach. Zewnętrzna część paneli okładzinowych w przypadku wszystkich elewacji A, B i C ma zbliżoną temperaturę, wywołaną głównie promieniowaniem cieplnym. Jak można zaobserwować na RYS. 9–11, zastosowanie elewacji w technologii elewacji wentylowanych znacznie redukuje temperaturę po stronie wewnętrznej (chłodniejszy odcień kolorów na mapach temperatur). Spowodowane jest to ograniczeniem transportu ciepła w sposób bezpośredniego kontaktu ciał stałych i związane jest z ich przewodnictwem. W przypadku elewacji wentylowanej ciepło ze strony zewnętrznej jest przekazywane głównie przez promieniowanie cieplne. W elewacji wentylowanej z otwartymi złączami zauważalne są aberracje w miejscach dodatkowych szczelnic pozwalających na dostawanie się powietrza do pustki powietrznej.

Modele celowo nie uwzględniają pobierania energii przez wewnętrzną krawędź ściany i ochładzania jej przez zimniejsze powietrze znajdujące się wewnątrz pomieszczenia.

W celu dokładniejszego porównania otrzymanych wartości wyniki pokazane na RYS. 9–11 przedstawiono po kolei w postaci wykresu. Należy wyjaśnić, że temperatura była kontrolowana w następujących miejscach: wewnątrz pomieszczenia – 6 punktów kontrolnych, wewnętrzna krawędź ściany nośnej, krawędź ściana nośna–izolacja, krawędź izolacja–okładzina zewnętrzna w przypadku elewacji standardowej, zewnętrzna krawędź izolacji w przypadku elewacji B i C, pustka powietrzna w przypadku elewacji B i C, zewnętrzna krawędź okładziny zewnętrznej. Wysokość, na której kontrolowana była temperatura, to 2000 mm od podłogi, z kilkoma wyjątkami dla elewacji wentylowanej z zamkniętymi złączami. Aberracje wywołane przepływem powietrza w miejscach szczelnic dodatkowych wymusiły kontrolę temperatury dla punktów po stronie zewnętrznej i pustki powietrznej na wysokości 1505 mm. Punkty pomiarowe zilustrowano na RYS. 12–14.



RYS. 13. Lokalizacja punktów pomiaru temperatury: B – elewacja wentylowana z zamkniętymi złączami; rys.: autorzy



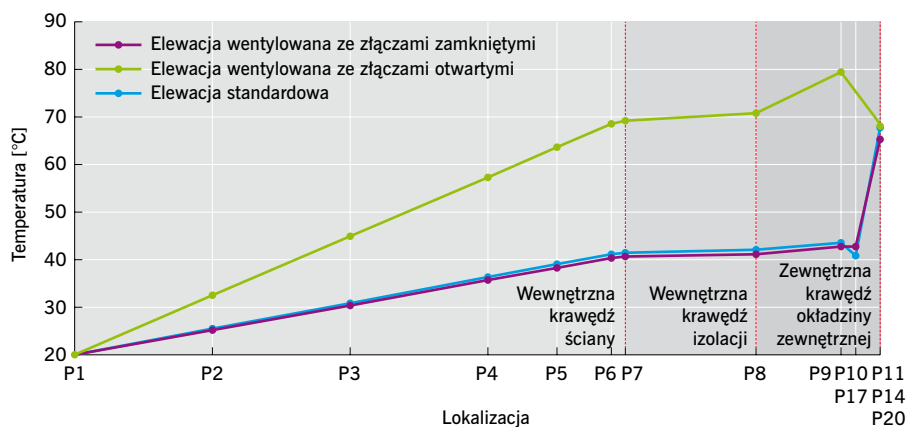
RYS. 14. Lokalizacja punktów pomiaru temperatury: C – elewacja wentylowana z otwartymi złączami; rys.: autorzy

» Na RYS. 15 pokazano wyniki dotyczące kontroli temperatury w danych punktach kontrolnych dla elewacji A, B i C. Linia wykresu elewacji standardowej znacząco się różni – wartości są dużo większe. Linie wykresu dla elewacji wentylowanych z otwartymi i zamkniętymi złączami typu B i C prezentują podobne wartości, z wyjątkiem temperatury wewnątrz pustki powietrznej. Temperatura w pustce powietrznej pomiędzy izolacją a okładziną zewnętrzną w przypadku elewacji wentylowanych z otwartymi złączami jest większa o około 3°C. Spowodowane jest to prawdopodobnie większą liczbą szczelin wentylacyjnych, którymi dostarczane i odprowadzane jest powietrze. Analiza krawędzi wewnętrznej ściany wykazuje, że temperatura w elewacji standardowej wynosi 69,6°C, co stanowi temperaturę o 46,92°C większą niż wewnątrz pomieszczenia, gdzie wynosi ona 20°C. W elewacjach wentylowanych jest to odpowiednio temperatura 41,6°C w przypadku elewacji z zamkniętymi złączami i 40,8°C w przypadku elewacji z otwartymi złączami. Różnica temperatur, jako korzystniejsza wskazująca stosowanie elewacji wentylowanych, wynosi około 28°C, co stanowi wartość o około 44% mniejszą niż temperatura w przypadku elewacji standardowej. Można również zauważyć, iż pomimo wyższej temperatury w pustce powietrznej, w przypadku elewacji wentylowanej o otwartych złączach temperatura na wewnętrznej ścianie nośnej jest niższa, co prawdopodobnie spowodowane jest lepszym odprowadzaniem ciepła w pobliżu izolacji.

## WNIOSKI

Elewacje wentylowane bardzo dobrze wpisują się we wzrastające wymagania stawiane budynkom w zakresie komfortu cieplnego i wygodny ich użytkowania. Elewacje te można stosować nie tylko w regionach świata z wysokimi temperaturami, lecz także w regionach z tzw. klimatem umiarkowanym.

Na podstawie przedstawionych w niniejszym artykule symulacji numerycznych wykazano, że temperatura na wewnętrznej krawędzi ściany jest niższa o około 28°C dla elewacji wentylowanych, czyli o około 44% niższa niż w przypadku elewacji standardowej.



RYS. 15. Zestawienie temperatur dla punktów kontrolnych poszczególnych typów przyjętych elewacji; rys.: autorzy

Wybór technologii elewacji wentylowanej w układzie zamkniętych czy otwartych złączy ma minimalny wpływ na efektywność termiczną całej przegrody – różnica wynosi niecałe 0,85°C. Symulacje numeryczne stanowią bardzo dobrą i tanią metodę badań doświadczalnych i pozwalają kierunkować tendencje dla badanych elementów. Kierunek kolejnych symulacji numerycznych elewacji wentylowanych powinien zdaniem autorów zmierzać w kierunku badania wpływu prędkości przepływu powietrza w pustce powietrznej i wyjaśnienia aberracji w miejscach szczelin dodatkowych.

## LITERATURA

1. Strona internetowa: [#https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Energy\\_statistics\\_-\\_an\\_overview#](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Energy_statistics_-_an_overview) #Final\_energy\_consumption (date of issue 17-02-2020).
2. EN 1991-1-5: Eurocode 1, „Actions on structures. Part 1–5. General actions – Thermal actions”.
3. C. Sanjuan, M.J. Suárez, M. González, J. Pistono, E. Blanco, „Energy performance of an open-joint ventilated façade compared with a conventional sealed cavity façade”, „Solar Energy” 85/2011, p. 1851–1863, DOI:10.1016/j.solener.2011.04.028.
4. M. Ibañez-Puy, M. Vidaurre-Arbizu, J.A. Sacristán-Fernández, C. Martín-Gómez, „Opaque Ventiladed Façades: Thermal and energy performance review”, „Renewable and Sustainable

Energy Reviews”, 2017, vol. 79, p. 180–191, DOI: 10.1016/j.rser.2017.05.059.

5. B. Griffith, „A model for naturally ventilated cavities on the exteriors of opaque building envelopes”, Presented at Simbuild 2006 Conference, Cambridge-Massachusetts, USA.
6. E. Naboni, „Ventilated opaque walls – A performance simulation method and assessment of simulated performance”, „Seminar Notes at Lawrence Berkeley National Laboratory Environmental Energy Technologies Division Berkeley”, May 28 2007, California, USA.
7. M. González, E. Blanco, J.L. Río, J. Pistono, C. San Juan, „Numerical study on thermal and fluid dynamic behaviour of an open-joint ventilated façade”, PLEA 2008 – 25<sup>th</sup> Conference on Passive and Low Energy Architecture, 22–24 October 2008, Dublin, Ireland.
8. M.J. Suárez, C. Sanjuan, A.J. Gutiérrez, J. Pistono, E. Blanco, „Energy evaluation of an horizontal open joint ventilated façade”, „Applied Thermal Engineering” 37/2012, p. 302–313.
9. M. Chereches, N.C. Chereches, S. Hudisteanu, „Numerical modeling of solar radiation inside ventilated double-skin façades”, „International Journal of Heat and Technology” 2015, vol. 33, No. 4, p. 246–254.
10. M. Chereches, N.C. Chereches, S. Hudisteanu, „The influence of different flow velocities on the heat transfer inside a ventilated façade”, „Revista Romana de Inginerie Civila” 2014, Volumul 5, Numeral 1.
11. L. Cirillo, D. Di Ronza, V. Fardella, O. Manca, S. Nardini, „Numerical and experimental investigations on a solar chimney integrated in a building façade”, „International Journal of Heat and Technology” 2015, vol. 33, No. 4, p. 246–254, DOI: 10.18280/ijht.330433.
12. A. Gagliano, F. Nocera, S. Aneli, „Thermodynamic analysis of ventilated façades under different wind conditions in summer period”, Energy and Buildings” 122/2016, p. 131–139.
13. B.E. Launder, D.B. Spalding, „The numerical computation of turbulent flows. Computer Methods”, „Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering” 3/1974, p. 269–289, DOI: 10.1016/0045-7825(74)90029-2.
14. Q. Chen, „Comparison of different  $\kappa$ - $\epsilon$  models for indoor airflow computations”, „Numerical Heat Transfer”, Part B, 28/1995, p. 353–369.
15. E.H. Chui, G.D. Raithby, „Computation of radiant heat transfer on a non-orthogonal mesh using the finite-volume

method”, „Numerical Heat Transfer” 1993, Part B 23, p. 269–288.

16. ANSYS Fluent Theory Guide.
17. ANSYS Fluent User’s Guide.
18. EOTA ETAG 034 Part 2: Cladding Kits comprising Cladding components, associated fixings, subframe and possible insulation layer.
19. M. Mahdavinejad, S. Mohammadi, „Ecological analysis of natural ventilated facade system and its performance in Tehran’s climate”, „Ukrainian Journal of Ecology” 8(1)/2018, p. 273–281, DOI: 10.15421/2018\_212.
20. K. Schabowicz, „Elewacje wentylowane. Technologia Produkcji i metody badania płyt włóknisto-cementowych”, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2018.
21. F. Stazi, G. Ulpiani, M. Pergolini, D. Magni, C. Di Perna, „Experimental Comparison Between Three Types of Opaque Ventilating Facades”, „The Open Construction and Building Technology Journal” 12/2018, p. 296–308. DOI: 10.2174/1874836801812010296.

#### ABSTRAKT

W artykule porównano elewację standardową z elewacjami wentylowanymi w dwóch wariantach: zamkniętych i otwartych złączy. Porównania dokonano za pomocą symulacji numerycznych CFD. Założenia środowiska zewnętrznego do obliczeń oparto o Eurokod, zakładając najbardziej niekorzystne warunki dla Polski w zakresie wysokich temperatur i dużego nasłonecznienia. Wyniki wykazały pozytywne rezultaty ze stosowania elewacji wentylowanych. Wybór wariantu technologicznego elewacji w zakresie zamkniętych lub otwartych złączy ma minimalny wpływ na efektywność termiczną całej przegrody.

The article compares standard façade with ventilated façades in two variants: with closed and open connectors. The comparison has been made by means of the CFD numerical simulations. External environment assumptions for the purposes of the calculations have been made on the basis of Eurocode, considering the most unfavorable conditions for Poland in terms of high temperatures and high solar radiation. The results showed positive benefits of using ventilated façades. The choice of technological variants of ventilated façades (closed or open connector) has minimum impact on thermal efficiency of the entire partition.

**KRZYSZTOF SCHABOWICZ** – specjalista z zakresu budownictwa ogólnego, prawa budowlanego, diagnostyki i utrzymania konstrukcji inżynierskich. Zajmuje się tematyką elewacji wentylowanych, a w szczególności technologią produkcji i badaniem okładziny zewnętrznej z płyt włóknisto-cementowych w zakresie wykrywania, identyfikacji i klasyfikacji procesów degradacji oraz uszkodzeń, a także metodyki tych badań. Prowadzi badania naukowe i prace rozwojowe związane z implementacją urządzeń i technologii diagnostyki nieniszczącej w obiektach budowlanych, w tym z zastosowaniem sztucznej inteligencji. Autor i współautor 5 książek, ponad 200 publikacji i 9 patentów. Ma ponad 500 cytowań w Web of Science. Jest redaktorem w czasopiśmie Materials (MDPI) i członkiem rady naukowej Civil Engineering and Architecture (HRPUB) oraz Nondestructive Testing and Diagnostics (SIMP). Opracował ponad 200 recenzji artykułów do czasopism i konferencji. Członek Polskiego Związku Inżynierów i Techników Budownictwa (PZITB), członek Polskiego Stowarzyszenia Mykologii Budowlanej (PSMB). Jego zainteresowania badawcze obejmują beton, włókno-cement, tomografię ultradźwiękową, metodę echa, metodę odpowiedzi na impuls, GPR i inne badania nieniszczące oraz sztuczną inteligencję. W roku 1996 ukończył z wyróżnieniem studia magisterskie na Wydziale Budownictwa Lądowego i Wodnego Politechniki Wrocławskiej.

W roku 2003 uzyskał z wyróżnieniem stopień doktora nauk technicznych w dyscyplinie budownictwo. Stopień doktora habilitowanego uzyskał w roku 2015, a tytuł profesora w 2020. Obecnie pracuje jako profesor na Wydziale Budownictwa Lądowego i Wodnego Politechniki Wrocławskiej w Katedrze Budownictwa Ogólnego.

**ŁUKASZ ZAWIŚLAK** ukończył Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego Politechniki Wrocławskiej. Posiadając uprawnienia budowlane do projektowania i kierowania, zajmuje się realizacją złożonych obiektów budowlanych. Zawodowo interesuje się nowoczesnymi materiałami budowlanymi, ich wykorzystaniem w realizacji obiektów oraz bezpieczeństwem tychże materiałów, w szczególności w zakresie pożarowym.

**PAWEŁ STANIÓW** ukończył Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego Politechniki Wrocławskiej. Obecnie zajmuje się realizacją złożonych obiektów budowlanych. Zawodowo interesuje się nowoczesnymi materiałami budowlanymi, w tym włóknisto-cementowymi, i ich wykorzystaniem w realizacji obiektów oraz bezpieczeństwem tychże materiałów, w szczególności w zakresie pożarowym.





# ROLOWE MATERIAŁY BITUMICZNE

Reeled bituminous materials ABSTRAKT » S. 90

Bitumiczne materiały rolowe stosuje się do wykonywania hydroizolacji dachów, a także pionowych i poziomych hydroizolacji elementów budowli mających kontakt z otaczającym gruntem. Obecnie na rynku oferowane są różnego rodzaju wyroby tego typu, które mają szczególne cechy i modyfikacje, w zależności m.in. od tego, gdzie są stosowane i kto je produkuje.

Rolowe materiały bitumiczne to **papy i membrany samoprzylepne** składające się z osnowy (wkładki) nasyconej (lub nasyconej i powleczonej) bitumem. Rozróżnić można papy asfaltowe oraz asfaltowe modyfikowane. Te ostatnie występują najczęściej jako papy termozgrzewalne oraz samoprzylepne membrany. Papy mogą być mocowane (klejone) do podłoża za pomocą masy asfaltowej lub lepiku – są to najczęściej papy niemodyfikowane, zgrzewane do podłoża (termozgrzewalne) lub mocowane przez przyklejenie (membrany samoprzylepne).

## WŁAŚCIWOŚCI

W papach modyfikowanych (termozgrzewalnych i samoprzylepnych), jak sama wskazuje nazwa, masa asfaltowa, którą powleczona jest osnowa, najczęściej modyfikowana jest elastomerem SBS lub plastomerem APP. Elastomer SBS nadaje papie stabilność formy, dobrą przyczepność do podłoża oraz znaczną elastyczność nawet w niskich temperaturach (do  $-40^{\circ}\text{C}$ ). Papy tego typu można łączyć z innymi rodzajami pap. Plastomer APP (ataktyczne polipropyleny) z dodatkiem nasyconych elastomerów poliolefinowych oprócz stabilnej formy i dobrej przyczepności zapewnia odporność na działanie kwasów i soli nieorganicznych, ozonu oraz wysokiej temperatury (do  $150^{\circ}\text{C}$ ). Papa natomiast staje się dość sztywna w ujemnych temperaturach ( $-10^{\circ}\text{C}$ ).

Ze względu na osnowę papy asfaltowe można podzielić na:

- » papy na osnowie z tkanin technicznych,
- » papy na welonie z włókien szklanych lub tworzyw sztucznych,
- » papy na włókninie przesywanej,
- » papy na taśmie aluminiowej (stosowane są w zasadzie jako paroizolacja),
- » papy z wkładką miedzianą (stosowane najczęściej na dachach zielonych jako warstwa odpychająca korzenie).

**Uwaga: spotyka się jeszcze tzw. papy na osnowie tekturowej. Nie są one materiałem hydroizolacyjnym i nie mogą być stosowane jako hydroizolacja.**

Na właściwości papy wpływ ma także rodzaj osnowy. Ta wykonana z tkaniny szklanej cechuje się dużą wytrzymałością na zerwanie, jednak jej wadą jest bardzo mała rozciągliwość. Osnowa na bazie włókniny lub tkaniny poliestrowej cechuje się dużą rozciągliwością przy zerwaniu przy jednoczesnej wysokiej wytrzymałości na siły zrywające. Włóknina poliestrowo-szklana wykazuje wysoką odporność

na siły zrywające. Papy termozgrzewalne produkowane są zazwyczaj na osnowie z włókna szklanego lub osnowy poliestrowej, dla samo-przylepnych membran osnową jest zazwyczaj włóknina poliestrowa, welon szklany, welon szklany + siatka, tkanina szklana, jak również tzw. osnowa mieszana.

Elastyczne wyroby asfaltowe na osnowie (papy, membrany samoprzylepne) muszą spełniać wymagania normy PN-EN 13969:2006/A1:2007 „Wyroby asfaltowe do izolacji przeciwwilgociowej łącznie z wyrobami asfaltowymi do izolacji przeciwwodnej części podziemnych – Definicje i właściwości” [1], stosowane przy parciu wody pod ciśnieniem muszą być klasyfikowane jako wyroby do izolacji przeciwwodnej (T), przy wykonywaniu izolacji przeciwwilgociowej jako (A), ewentualnie (przy ograniczonym zastosowaniu) muszą spełniać wymagania normy PN-EN 14967:2007 „Elastyczne wyroby wodochronne – Wyroby asfaltowe do poziomej izolacji przeciwwilgociowej – Definicje i właściwości” [2].

Spełnienie tylko i wyłącznie wymagań normy PN-EN 13969 [1] nie jest wystarczające. Norma ta, podobnie jak inne normy serii PN-EN, definiuje wymagania stawiane konkretnym materiałom poprzez dwie wartości:

- » wartość graniczną producenta oznaczaną symbolem MLV – jest to ustalana przez producenta konkretna, graniczna (minimalna lub maksymalna) wartość (wynik konkretnego badania, wartość konkretnego parametru), która musi być osiągnięta w badaniach,
- » wartość deklarowaną producenta oznaczaną symbolem MDV – jest to deklarowana przez producenta konkretna wartość (wynik konkretnego badania, wartość konkretnego parametru) podawana z założoną tolerancją.

Jedynymi parametrami podanymi obligatoryjnie są: wodoszczelność przy ciśnieniu min. 60 kPa (6 m słupa wody) dla klasy pap (T)/2 kPa (0,2 m słupa wody) dla klasy papy (A) oraz prostoliniowość (20 mm/10 m).

Brak jest w niej informacji, jakimi parametrami musi się charakteryzować konkretny materiał, aby mógł w danych warunkach brzegowych (przy konkretnym obciążeniu wilgocią/wodą, przy konkretnym zastosowaniu itp.) pełnić swoją funkcję. Oznacza to, że deklaracja właściwości użytkowych stanowi jedynie formalny dokument potwierdzający fakt, że materiał może być wprowadzony na rynek zgodnie z prawem. Innym, zdecydowanie ważniejszym zagadnieniem jest określenie właściwości lub minimalnych wymagań, jakie musi spełnić dany wyrób, aby mógł spełniać zamierzoną funkcję. Są to dwie zupełnie różne rzeczy, a z punktu widzenia skuteczności wykonanych prac spełnienie wymagań normowych (deklaracja właściwości użytkowych) może nie mieć żadnego znaczenia. Posiadanie przez dany wyrób formalnego dopuszczenia do stosowania w budownictwie nie oznacza, że dany materiał nadaje się do wykorzystania w konkretnej sytuacji. Należy przeanalizować parametry konkretnego wyrobu i ocenić, czy jest on w stanie przenieść oddziaływające na niego obciążenia (choćby ze względu na obecność agresywnych wód gruntowych, obciążenia mechaniczne, odporność na uszkodzenia itp.).



Właściwości	Termozgrzewalne papy asfaltowe i asfaltowe modyfikowane	Samoprzylepne membrany (papy) asfaltowe modyfikowane	Papy asfaltowe klejone lepikiem do podłoża (na osnowie z welonu szklanego)
<b>Gramatura osnowy [g/m<sup>2</sup>]</b>	Poliestrowa ≥ 180, mieszana ≥ 160, z welonu szklanego ≥ 60, z tkaniny szklanej ≥ 200, zdwojona (przeszywana z tkaniny szklanej i welonu szklanego) ≥ 270	Poliestrowa ≥ 180, mieszana ≥ 160, z welonu szklanego ≥ 60, z welonu i siatki szklanej ≥ 100, z tkaniny szklanej ≥ 200	≥ 60
<b>Zawartość składników rozpuszczalnych [g/m<sup>2</sup>]</b>	≥ 2500		≥ 1200
<b>Giętkość przy przeginaniu na wałku o średnicy</b>	30 mm: niedopuszczalne powstanie na zewnętrznej stronie rys i pęknięć dla pap niemodyfikowanych w temp. do 0°C, pap modyfikowanych SBS do -15°C, dla pap modyfikowanych APP do -5°C	30 mm: niedopuszczalne powstanie na zewnętrznej stronie rys i pęknięć w temp. do -20°C	80 mm: niedopuszczalne powstanie na zewnętrznej stronie rys i pęknięć w temp. do 0°C
<b>Maksymalna siła rozciągająca [N] przy rozciąganiu wzdłuż</b>	Papy na osnowie poliestrowej ≥ 800, mieszanej ≥ 600, z welonu szklanego ≥ 300, z tkaniny szklanej ≥ 900, zdwojonej (przeszywanej z tkaniny szklanej i welonu szklanego) ≥ 900	Papy na osnowie poliestrowej ≥ 800, mieszanej ≥ 600, z welonu szklanego ≥ 300, z welonu i siatki szklanej ≥ 800, z tkaniny szklanej ≥ 900	Średnia przy rozciąganiu z dwóch kierunków ≥ 280
<b>Wydłużenie [%] przy maksymalnej sile rozciągającej</b>	Przy rozciąganiu wzdłuż lub w poprzek papy na osnowie poliestrowej ≥ 40, mieszanej ≥ 2, z welonu szklanego ≥ 2, z tkaniny szklanej ≥ 2, zdwojonej (przeszywanej z tkaniny szklanej i welonu szklanego) ≥ 2	Przy rozciąganiu wzdłuż lub w poprzek membrany na osnowie poliestrowej ≥ 40, mieszanej ≥ 2, z welonu szklanego ≥ 2, z welonu i siatki szklanej ≥ 2, z tkaniny szklanej ≥ 2	Średnia przy rozciąganiu z dwóch kierunków ≥ 2
<b>Wytrzymałość złącza na ścinanie [N/50 mm]</b>	Zerwanie poza złączeniem, ale nie mniej niż wytrzymałość wyrobu	Zerwanie poza złączeniem lub ≥ 150	
<b>Odporność na uderzenie (metoda A i B)</b>	Przy wysokości spadania 500 mm niedopuszczalne przebicie pokrycia powodujące przesiąkanie		Przy wysokości spadania 200 mm niedopuszczalne przebicie pokrycia powodujące przesiąkanie
<b>Wodoszczelność</b>	Brak przecieku przy ciśnieniu 0,2 MPa w ciągu 24 godz.		Brak przecieku przy słupie wody 500 mm w ciągu 100 godz.

TABELA. Wybrane parametry, jakimi powinny się cechować papy stosowane do wykonywania powłok wodochronnych [14]

Według zaleceń ITB Komentarz do normy PN-EN 14967... [3], dotyczących pap stosowanych do poziomej izolacji, papy do wykonywania powłok wodochronnych, oprócz zgodności z odpowiednimi normami, aby mogły pełnić swoją funkcję, powinny się cechować parametrami podanymi w TABELI.

Warto zapoznać się z wymaganiami normy DIN V 20000-203 [6] która stawia minimalne wymagania w zależności od osnowy, zastosowania i stopnia modyfikacji papy. Przykładowo:

» dla pap asfaltowych na osnowie z siatki z włókna szklanego i poliestrowej minimalna gramatura osnowy to 200 g/m<sup>2</sup> przy wodoszczelności 100 kPa przez 24 h i zawartości składników rozpuszczalnych 1600 g/m<sup>2</sup>. Jeżeli papy mają być stosowane do uszczelnień pod ścianami fundamentowymi (w przekroju muru), zawartość składników rozpuszczalnych powinna wynosić 2100 g/m<sup>2</sup>,

» dla termozgrzewalnych pap polimerowo-asfaltowych gramatura osnowy poliestrowej oraz z siatki z włókna szklanego nie powinna być mniejsza niż 200 g/m<sup>2</sup> przy wodoszczelności 200 kPa przez 24 h,

» dla termozgrzewalnych pap polimerowo-asfaltowych z osnową mieszaną (poliester + włókno szklane) gramatura osnowy nie powinna być mniejsza niż 120 g/m<sup>2</sup> przy wodoszczelności 200 kPa przez 24 h,

» dla samoprzylepnych membran bitumicznych z folią HDPE wodoszczelność nie powinna być mniejsza niż 400 kPa przez 24 h.

Zarówno powyższe zalecenia ITB, jak i przywołane w następujących punktach zalecenia normy DIN 18195 [4] oraz DIN 18533 [5], jako że nie mają statusu warunków obligatoryjnych, nie muszą

być spełnione, stanowią jednak zasady ogólnej sztuki budowlanej, których przestrzeganie może mieć zasadniczy wpływ na późniejszą trwałość i skuteczność wykonanych prac hydroizolacyjnych.

Papy, które są mocowane przez klejenie lepikiem do podłoża, mają gorsze parametry, ale i są dużo tańsze. Osnowa (z włókna szklanego) powinna mieć gramaturę przynajmniej 60 g/m<sup>2</sup>, minimalna zawartość składników rozpuszczalnych to 1200 g/m<sup>2</sup>, a jeżeli chodzi o elastyczność, to przy przeginaniu na wałku o średnicy 8 cm w temperaturze do 0°C nie mogą powstawać rysy i spękania.

Pokazuje to wyraźnie, że minimalne wymagania dla pap klejonych lepikami są dużo niższe niż dla pap termozgrzewalnych lub samoprzylepnych membran (trudniejsze jest także wykonawstwo tego typu powłok), dlatego powinny być one stosowane jedynie jako izolacja przeciwwilgociowa.

## ZASTOSOWANIE

Zasadniczo bitumiczne materiały rolowe stosuje się do wykonywania pionowych i poziomych hydroizolacji elementów budowli mających kontakt z otaczającym gruntem.

Papy modyfikowane stosowane są do pionowych i poziomych izolacji przeciwwodnych i przeciwwilgociowych. Pap modyfikowanych APP nie należy stosować razem z papami modyfikowanymi SBS-em (ich wadą jest też gorsza przyczepność do wyrobów niemodyfikowanych APP.

» Pap asfaltowych na welonie z włókien szklanych nie wolno zagiąć i wywijać na powierzchni pionowej. Mogą one stanowić tylko jedną warstwę w wielowarstwowej (min. trzywarstwowej) powłoce.

Zaletą pap termozgrzewalnych i membran samoprzylepnych jest łatwość uzyskania żądanej grubości nakładanej warstwy i możliwość niemal natychmiastowego zasypiania wykopu. Trudniejsze jest natomiast uszczelnianie dylatacji i przejść rurowych (min. konieczność docinania i zachowania ściśle określonej kolejności układania kształtek), dlatego chętnie stosuje się je do uszczelniania płaskich, równych powierzchni (niedopuszczalne są ostre krawędzie i wystające wtrącenia, jak również ubytki w podłożu (wymusza to w niektórych sytuacjach konieczność stosowania warstw wyrównawczych). Niewralgiczne mogą być także miejsca łączenia ze sobą poszczególnych pasów.

## PODŁOŻE

Generalnie papy i membrany samoprzylepne można stosować na podłoża, takie jak:

- » otynkowane mury z cegły, pustaków lub bloczków ceramicznych, z kamienia, bloczków betonowych, betonu komórkowego, bloczków silikatowych itp. (w przypadku murów z elementów drobnowymiarowych o wysokiej dokładności wykonania tynkowanie nie musi być wykonywane),
- » beton/żelbet,
- » tynki tradycyjne, cementowe, ewentualnie cementowo-wapienne,
- » jastrychy cementowe.

Membrany samoprzylepne mogą być także nakładane na szlam uszczelniający, o ile do gruntowania podłoża nie stosuje się preparatów na bazie rozpuszczalników. Grubość warstwy szlamu na krawędzi musi być w takiej sytuacji sprowadzona do zera. Wariant ten nie może być stosowany w przypadku pap termozgrzewalnych

Zawsze konieczna jest ocena stanu podłoża, usunięcie luźnych i niezwiązanych cząstek oraz wszelkich innych substancji mogących pogorszyć przyczepność.

Jednak podstawową różnicą pomiędzy materiałami rolowymi (papy, membrany samoprzylepne) a bezspoinowymi jest konieczność zapewnienia równego podłoża. Dlatego zawsze należy starannie ocenić równość podłoża, które musi być bez ostrych krawędzi i nierówności, wystających wtrąceń itp. Wystające wypukłości należy skuć. Naroża wyoblić łukiem o promieniu przynajmniej 3 cm lub szfować pod kątem 45° w odległości przynajmniej 4–5 cm od krawędzi.

Wszelkie ubytki i wyłomy muszą być wypełnione zaprawami odpowiednimi do rodzaju podłoża. Nie należy stosować tu tylko tradycyjnych zapraw cementowych, niezbędne jest używanie jako

modyfikatora emulsji polimerowej. Alternatywą mogą być gotowe zaprawy naprawczo-reprofilacyjne, jeżeli to niezbędne, na systemowej warstwie szpachlowej. Prace uszczelniające można przeprowadzać po wyschnięciu materiału reprofilacyjnego.

Na murach z porowatych materiałów lekkich (np. beton komórkowy) konieczne jest dodatkowo podjęcie pewnych czynności mających na celu zamknięcie porów na uszczelnianej powierzchni. Może to być szpachlowanie cementową zaprawą z dodatkiem polimerów lub zagruntowanie powierzchni systemowym preparatem gruntującym.

Podobnie należy przygotować powierzchnię tynku. Większe ubytki trzeba uzupełnić i odczekać, aż materiał zwiąże. Podłoża betonowe oczyścić, wyrównać, usunąć mleczko cementowe, nacieki (jeżeli występują) i pozostałości innych materiałów mogące pogorszyć przyczepność. Krawędzie fundamentów i narożniki zewnętrzne szfować.

Papy i membrany samoprzylepne można nakładać na istniejące materiały uszczelniające tylko wtedy, gdy są one kompatybilne ze sobą (np. brak możliwości zgrzania papy termozgrzewalnej do szlamu ze względu na brak odporności polimerów znajdujących się w szlamie na działanie otwartego ognia). W razie wątpliwości starą izolację należy usunąć, a także wszelkie istniejące materiały uszczelniające na bazie smoły. W wewnętrznych narożach wykonać klin.

Szczególną uwagę zwracać trzeba na wilgotność podłoża, nie powinna ona przekraczać 4–6% (masowo, taką wartość przyjmuje się za bezpieczną).

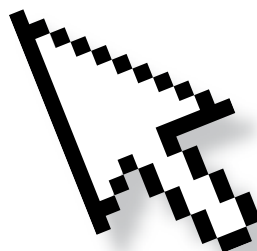
## APLIKACJA

Papy mogą stanowić zarówno izolację przeciwwilgociową, jak i przeciwwodną. Wyznacznikiem do stosowania, oczywiście oprócz zaleceń producenta, jest rodzaj papy i liczba warstw. Dla izolacji przeciwwilgociowej wystarczy wykonanie jednej warstwy z papy termozgrzewalnej lub samoprzylepnej membrany bitumicznej, jak również jednej warstwy z papy klejonej lepikiem do podłoża. Oprócz wymagań ze względu na szczelność istotne jest zapewnienie odpowiedniej odporności na uszkodzenia mechaniczne, dlatego np. na ławach fundamentowych czy pod płytą denną stosuje się zazwyczaj dwie warstwy papy.

Inaczej wygląda sytuacja dla izolacji przeciwwodnej – wymagane jest stosowanie minimum dwóch warstw polimerowej papy termozgrzewalnej. Norma DIN 18195 [4] zaleca:

- » wykonanie minimum dwuwarstwowej powłoki wodochronnej z papy termozgrzewalnej na osnowie z siatki lub poliestru.

PROMOCJA





FOT. 1–2. Błędne wykonanie izolacji poziomej – pas papy wystaje poza lico ściany o 1–2 cm (powinien wystawać min. o 6 cm); fot.: autor

Przy zagłębieniu od 4 m do 9 m wymagane jest wykonanie trzywarstwowej powłoki lub zastosowanie na ostatnią warstwę (od strony naporu wody) papy z wkładką miedzianą (papa na osnowie z siatki lub poliestru + papa z wkładką miedzianą),

» przy zagłębieniu powyżej 9 m wymagane jest stosowanie dwóch warstw papy termozgrzewalnej na osnowie z siatki lub poliestru oraz jednej warstwy papy z wkładką miedzianą.

Aktualna norma DIN 18533-2 [5] w podobny sposób definiuje wymagania stawiane rodzajom i ilościom warstw materiałów rolowych przy wykonywaniu powłok wodochronnych:

» dla izolacji przeciwwilgociowych niezbędne jest wykonanie minimum jednowarstwowej powłoki z polimerowo-bitumicznej papy termozgrzewalnej lub samoprzylepnej membrany bitumicznej,

» dla izolacji przeciwwodnej, gdy stosuje się papy bitumiczne lub polimerowo-bitumiczne klejone do podłoża:

- przy zagłębieniu do 4 m wymagane jest zastosowanie minimum 2 warstw papy,
- przy zagłębieniu powyżej 4 m do 9 m wymagane jest zastosowanie albo minimum 3 warstw papy albo 2 warstw, w tym jednej z wkładką miedzianą,
- przy zagłębieniu powyżej 9 m wymagane jest zastosowanie minimum 3 warstw papy, w tym jednej z wkładką miedzianą,
- » dla izolacji przeciwwodnej, gdy stosuje się termozgrzewalne papy polimerowo-bitumiczne:

- przy zagłębieniu nie większym niż 9 m wymagane jest zastosowanie minimum 2 warstw, w tym jednej na osnowie poliestrowej,
- przy zagłębieniu powyżej 9 m wymagane jest zastosowanie minimum 3 warstw, w tym jednej na osnowie poliestrowej,
- » dla izolacji przeciwwodnej, gdy stosuje się samoprzylepne polimerowo-bitumiczne membrany na osnowie:

- przy zagłębieniu nie większym niż 9 m możliwe jest zastosowanie jako dolna warstwa w 2-warstwowym układzie, gdy na warstwę wierzchnią stosuje się polimerowo-bitumiczną papę termozgrzewalną,
- przy zagłębieniu powyżej 9 m możliwe jest zastosowanie jako dolna warstwa w 3-warstwowym układzie, gdy na warstwę następną stosuje się polimerowo-bitumiczną papę termozgrzewalną.

Minimalne wymagania dla pap klejonych lepikami są dużo niższe niż dla pap termozgrzewalnych lub samoprzylepnych membran, trudniejsze jest także wykonawstwo tego typu powłok, dlatego powinny być one stosowane jedynie jako izolacja przeciwwilgociowa. Jeżeli jednak izolacja przeciwwodna miałaby być wykonana z pap klejonych lepikami, to według normy DIN 18195 [4] wymagane jest wykonanie minimum trzywarstwowej powłoki wodochronnej z papy klejonej do podłoża (ostatnia warstwa papy musi zostać pokryta masą asfaltową), przy zagłębieniu powyżej 4 m (do 9 m) konieczne

jest wykonanie czterowarstwowej powłoki. Dla izolacji z pap klejonych do podłoża wymagane jest wykonanie ścianki (warstwy) dociskowej. Ilość masy asfaltowej bez wypełniaczy lub z wypełniaczami wykorzystywanej do przyklejenia pasa papy nie może być mniejsza niż, odpowiednio 1,5 kg/m<sup>2</sup> lub 2,5 kg/m<sup>2</sup>.

Przy stosowaniu materiałów rolowych na ławach często popeł-

niany jest podstawowy błąd związany z szerokością pasa klejonego na ławach. Jako że grubość ścian często wynosi 24–25 cm, rolkę papy tną się na cztery części, tak że krawędź wypada dokładnie w lico ściany lub wystaje na blisko 1 cm. To zdecydowanie za mało, aby wykonać szczelne połączenie z izolacją pionową lub podpoadzkową – FOT. 1–2. Pas papy powinien wystawać poza lico ściany o minimum 6 cm (z każdej strony).

Po sprawdzeniu i oczyszczeniu podłoża należy je zagruntować dedykowanym bitumicznym roztworem gruntującym. Wykonywanie właściwej powłoki można rozpocząć po wyschnięciu preparatu gruntującego. Temperatura aplikacji powinna zawierać się w przedziale od 0°C do +30°C dla pap modyfikowanych SBS-em, dla innych rodzajów pap za minimalną temperaturę przyjmuje się +5°C (o ile producent nie mówi inaczej).

Podłużne zakładki powinny mieć szerokość 8–15 cm i być wykonywane zgodnie z kierunkiem spływu wody, zakład poprzeczny nie powinien być mniejszy niż 8–10 cm. Przy dwóch warstwach przesunięcie zakładów ma połowę szerokości pasa, przy trzech – 1/3 szerokości pasa.



**NOŻE CERAMICZNE** **slice®**

**INNOWACYJNE,  
BEZPIECZNE W DOTYKU  
OSTRZE**

**JESTEŚ ZAINTERESOWANY OFERTĄ?  
SKONTAKTUJ SIĘ Z NAMI!**

**JUSKY**

Profesjonalne narzędzia tnące dla przemysłu, logistyki, handlu i usług.

Tel: 71 793 40 70  
Email: info@jusky.pl  
Web: www.jusky.pl

REKLAMA

» Na powierzchniach pionowych prace trzeba tak zaplanować, aby rozpocząć je od najniższego punktu konstrukcji – arkusze papy/membrany należy tak układać, aby woda spływała z arkusza położonego wyżej na arkusz położony niżej (zgodnie z zasadami układania dachówek).

Przed rozpoczęciem układania papy lub membraną należy rozwinąć i ułożyć na płaskiej, twardej powierzchni, a po rozprostowaniu się materiału dociąć do żądanych wymiarów i ponownie zrolować. Jednocześnie należy dociąć kształtki do uszczelnienia naroży i krawędzi.

Przy układaniu pap termozgrzewalnych płomień powinien podgrzewać zarówno podłoże, jak i papę na całej szerokości rolki. Masa na spodniej powierzchni papy powinna ulec roztopieniu, wówczas należy przesunąć palnik, a rolkę papy docisnąć do podłoża (papa powinna „topić się” w roztopionym asfalcie, a przed rolką tworzyć się warstwa płynnego asfaltu o szerokości 8–10 cm), wyciskając jednocześnie jego nadmiar na boki na szerokość 2–6 cm. Nie wolno jednak dopuścić do zniszczenia (spalenia) papy, płomień powinien być sukcesywnie przesuwany, tak aby jego działanie było krótkotrwałe. Zakłady w celu poprawnego połączenia zaleca się docisnąć np. za pomocą wałka silikonowego. Brak wypływu masy bitumicznej spod krawędzi pasa papy przy zgrzewaniu świadczy o nieprawidłowym zgrzaniu papy do podłoża.

Końcówkę arkusza należy nadtopić od spodu małym palnikiem i przykleić do podłoża. Nie wolno zostawiać nieprzyklejonej końcówki pasa papy, aby później pod nią wkleić kolejny arkusz. Należy wówczas wykonać tzw. styk odwrotny: arkusz aż do samego końca przykleić do podłoża. Przy wznawianiu robót pas styku (o szerokości ok. 20 cm) starannie oczyścić, gdy zanieczyszczenia są znaczne, należy nadtopić palnikiem masę asfaltową na zanieczyszczonej powierzchni i za pomocą metalowej szpachelki usunąć zanieczyszczenia wraz z nadtopioną masą. Na tak przygotowanej powierzchni przykleić nowy arkusz.

W przypadku membran samoprzylepnych z początku pasa trzeba ostrożnie oderwać papier ochronny (zalecane jest jego zrolowanie) i starannie przykleić odsłonięty pas membrany do podłoża tak, aby nie powstały pęcherze (dociskać za pomocą szmat, szczotek, wałków itp. narzędzi od osi pasa membrany ku krawędziom). Zakłady starannie docisnąć np. wałkiem silikonowym. Na koniec całą powierzchnię jeszcze raz docisnąć do podłoża.

Do klejenia pap stosuje się lepik na gorąco lub na zimno. Temperatura lepiku na gorąco powinna wynosić 160–180°C. Na powierzchniach poziomych lub lekko pochylonych lepik nakłada się na przygotowaną powierzchnię za pomocą szczotki (ewentualnie wylewa i rozprowadza szczotką) i całopowierzchniowo wkleja pas papy. Aby uzyskać sklejenie, konieczne jest natychmiastowe dociśnięcie wstęgi, używając szczotek, wałków itp., od osi ku krawędziom. Na powierzchniach pionowych lepik nakładać zarówno na podłoże, jak i spodnią część pasa papy. Należy zwrócić uwagę, żeby lepik nakładać tylko na taką powierzchnię, która umożliwi zespolenie się materiałów (lepik musi być wystarczająco „klejący się”). Trzeba tu przestrzegać zaleceń producenta.

Dodatkowo do chwili wyschnięcia warstwy lepiku, który pokrywa ostatnią warstwę papy, powłokę hydroizolacyjną, należy chronić

przed zbyt silnym wpływem ciepła (intensywne nasłonecznienie), przesuszeniem (silny wiatr), deszczem, mrozem, wodą, np. stosując siatki, folie, maty itp.

## KONTROLA WYKONYWANEJ POWŁOKI USZCZELNIAJĄCEJ

Bezwzględnie wymagane jest sprawdzenie wyglądu zewnętrznego materiałów (równość cięcia, stan krawędzi – to przed zgrzewaniem lub klejeniem), jak również dokładność sklejenia i szerokość zakładów. Uwaga: brak wypływu masy bitumicznej spod krawędzi pasa papy przy zgrzewaniu świadczy o nieprawidłowym zgrzaniu papy do podłoża.

## LITERATURA

1. PN-EN 13969:2006, PN-EN 13969:2006/A1:2007, „Elastyczne wyroby wodochronne. Wyroby asfaltowe do izolacji przeciwwilgociowej łącznie z wyrobami asfaltowymi do izolacji przeciwwodnej części podziemnych. Definicje i właściwości”.
2. PN-EN 14967:2007, „Elastyczne wyroby wodochronne. Wyroby asfaltowe do poziomej izolacji przeciwwilgociowej. Definicje i właściwości”.
3. „Komentarz do normy PN-EN 14967, «Elastyczne wyroby wodochronne. Wyroby asfaltowe do poziomej izolacji przeciwwilgociowej. Definicje i właściwości» wraz z zaleceniami ITB dla wyrobów objętych normą”, ITB, 2010.
4. DIN 18195, Bauwerksabdichtung:
  - Teil 3, „Anforderungen an den Untergrund und Verarbeitung der Stoffe, Ausgabe 2011–12”,
  - Teil 4, „Abdichtungen gegen Bodenfeuchte (Kapillarwasser, Haftwasser) und nichtstauendes Sickerwasser an Bodenplatten und Wänden, Bemessung und Ausführung, Ausgabe 2011–12”,
  - Teil 5, „Abdichtungen gegen nichtdrückendes Wasser auf Deckenflächen und in Nassräumen, Bemessung und Ausführung, Ausgabe 2011–12”,
  - Teil 6, „Abdichtungen gegen von außen drückendes Wasser und aufstauendes Sickerwasser, Bemessung und Ausführung, Ausgabe 2011–12”.
5. DIN 18533-2:2017-07, „Abdichtung von erdberührten Bauteilen – Teil 2: Abdichtung mit bahnenförmigen Abdichtungstoffen”.
6. DIN V 20000, „Anwendung von Bauprodukten in Bauwerken – Teil 203”.

## ABSTRAKT

W artykule omówione zostało zagadnienie stosowania rolowych materiałów bitumicznych, do których należą papy i membrany samoprzylepne. Autor dokonał charakterystyki obu tych grup produktów. Omówione ponadto zostały kwestie zastosowania tych materiałów wraz z objaśnieniem, jak należy je aplikować.

The paper concerns the application of reeled bituminous materials, including tar paper and self-adhesive membranes. The author characterises both product groups and describes the method of application of both materials.

**MACIEJ ROKIEL** – mgr inż., absolwent Wydziału Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska Politechniki Łódzkiej. Rzeczoznawca budowlany SITPMB-NOT ze specjalnością ochrona budynków przed wodą i korozją biologiczną, rzeczoznawca mykologiczny PSMB. Od kilkunastu lat jest związany z branżą chemii budowlanej. Autor wielu opracowań, ekspertyz i opinii,

referatów naukowych oraz licznych publikacji i artykułów dotyczących poprawnych rozwiązań technologiczno-materiałowych hydroizolacji balkonów, tarasów, pomieszczeń mokrych, basenów oraz zagadnień związanych z kompleksową renowacją starych, zawilgoconych i zasolonych budynków.



Rejestracja on-line  
Imiennej Gwarancji  
Jakości Icopal



System nagrodzony  
Złotym Medalem  
MTBiA Budma 2018

# Flagowe Papy Icopal



Flagowe Papy Icopal  
w Technologii  
Szybki Profil® SBS

- Polbit Extra
- Polbit
- Extradach
- Junior
- Alfa



Flagowe Papy Icopal  
w Technologii  
Szybki Syntan® SBS

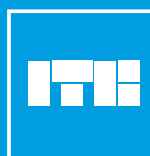
- Extra Wentylacja
- Wentylacja
- Termik



Flagowe Papy Icopal  
w Systemie Bezpieczny  
Fundament Icopal

- Fundament
- Fundament Antyradon

Parametry pap tylko na plus,  
brak ujemnych tolerancji  
Gwarantowane parametry  
pap pod stałą kontrolą ITB



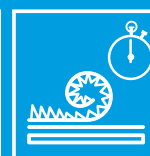
Gwarantowane  
parametry



Bezpieczeństwo  
zastosowania



Trwałość  
na lata



Szybkość  
aplikacji

**BMI** icopal

[bmigroup.com/pl](http://bmigroup.com/pl)  
[flagowepapy.icopal.pl](http://flagowepapy.icopal.pl)

# BEZINWAZYJNY SYSTEM OSUSZANIA AQUAPOL – STUDIUM PRZYPADKU

Wilgoć znajdująca się w przegrodach budowlanych jest wyzwaniem dla specjalistów zajmujących się problematyką osuszania. Skutków zawilgocenia murów, takich jak uszkodzenia powłok malarskich, odpadanie tynków oraz pleśnie, nie należy ignorować.

Jedną z głównych przyczyn destrukcji przegród jest wilgoć podciągana kapilarnie. Większość materiałów budowlanych ma budowę kapilarno-porowatą, co umożliwia wilgoci wnikanie w strukturę muru i transport w jego wyższe partie. Taka sytuacja ma miejsce zawsze wtedy, gdy elementy muru mają bezpośredni kontakt z gruntem na skutek braku powłok hydroizolacyjnych. Kapilarne podciąganie wilgoci ma związek ze średnicą porów i ich kształtem. Literatura naukowa wyróżnia kilka rodzajów porów. Jest to związane z ich średnicą oraz możliwością penetracji wilgoci pod różnymi postaciami. Istotna jest zarówno wielkość porów, jak i stopień ich wypełnienia wilgocią. Pory kapilarne charakteryzują się swobodną penetracją przez wilgoć kapilarną. Przez mikropory możliwy jest ruch wilgoci pod postacią pary wodnej.

Nie każda z oferowanych na rynku metod pozwala na skuteczne i trwałe osuszenie obiektu. Pojawia się zatem pytanie, co i w jaki sposób należy zrobić podczas procesu osuszania, aby doprowadzić ściany do stanu umożliwiającego przeprowadzenie

niezbędnych napraw, a w konsekwencji normalną eksploatację.

Tradycyjne metody likwidacji podciągania kapilarnego (iniekcja chemiczna) bazują na tym samym założeniu, to jest dążeniu do wytworzenia bariery blokującej transport kapilarny. Do skutecznego wykonania blokady poprzez wprowadzenie preparatu iniekcyjnego w strukturę muru istotna jest zarówno wielkość porów, jak i stopień ich wypełnienia wilgocią oraz sposób, w jaki preparat iniekcyjny przerywa podciąganie kapilarne. Dlatego też rozkład porów o różnej średnicy jako struktura porowatości, ma zasadniczy wpływ na wybór właściwej metody i materiału do iniekcji. Drugim istotnym parametrem jest ich całkowita objętość. Mamy zatem do czynienia z tzw. czynnikami niepewności, do których dodatkowo dodać trzeba rysy i pustki w murze. Mechaniczne metody odtwarzania przepony poziomej (podcinanie muru, wbijanie blach) powodują dodatkowo dezintegrację muru. Obie te metody, ze względów czysto technicznych, mają także ograniczenia w postaci grubości muru oraz stopnia skomplikowania jego kształtu.

Z tego powodu alternatywą jest technologia bezinwazyjnego systemu osuszania Aquapol, który został zastosowany między innymi w budynku kościoła pw. św. Macieja we Wrocławiu, przy pl. Nankiera 17a (FOT.). Jest to gotycki kościół z cegły, zbudowany na planie krzyża, jednonawowy z transeptem i wieżą. Historia kościoła sięga początków XIII wieku. Powstał on wówczas jako kaplica dworska związana z dworem Henryka Brodatego. Kościół ten składał się z dwuprzęsłowej nawy oraz również dwuprzęsłowego, węższego i dłuższego prezbiterium. Był wielokrotnie przebudowywany, a w 1945 r. uszkodzony podczas walk we Wrocławiu. Odbudowany został w latach 60. ubiegłego wieku. Obecnie pełni funkcję rzymskokatolickiego kościoła rektoralnego.

## WDROŻENIE BEZINWAZYJNEGO SYSTEMU OSUSZANIA

System osuszania Aquapol wdrożono w budynku kościoła pw. św. Macieja we Wrocławiu 5 maja 2006 roku. Skutkiem działania systemu Aquapol jest obniżenie wilgotności muru poprzez niedopuszczanie do transportu kapilarnego wilgoci gruntowej przez porowaty materiał konstrukcyjny muru. Od momentu uruchomienia AQUAPOL pełni skuteczną funkcję izolacji poziomej przeciwwilgociowej, chroniąc przed dalszym zawilgoceniem murów jako następstwa kapilarnego podciągania wilgoci. Woda, która na skutek braku skutecznej izolacji przedostała się do muru, przemieszcza się ku dołowi i równocześnie poprzez odparowanie do otoczenia, co skutkuje osuszeniem murów z wilgoci kapilarnej.

Mury w obszarze nienarażonym na inne rodzaje zawilgocenia (jak np. zalewanie, oddziaływanie wody gruntowej pod ciśnieniem w obszarze kondygnacji podziemnej, kondensację wilgoci wywołaną warunkami cieplno-wilgotnościowymi, czy wilgoć higroskopijną np. na skutek zasolenia murów) wysychają do osiągnięcia tzw. wilgotności równowagowej.

Standardem zastosowania systemu Aquapol w każdym przypadku jest szeroka diagnostyka obiektu, w której ramach wykonano:

» analizę stanu technicznego budynku pod względem zawilgocenia oraz wymaganych zabezpieczeń przeciwwilgociowych i systemu odprowadzenia wód deszczowych. Ma to na celu



FOT. Budynek kościoła pw. św. Macieja we Wrocławiu, przy pl. Nankiera 17a, gdzie została zastosowana technologia bezinwazyjnego systemu osuszania Aquapol

## KONTAKT



AQUAPOL POLSKA CPV  
ul. S. Żeromskiego 12, 58-160 Świebodzice  
tel. 74 664 71 30, 74 854 58 91  
infolinia 800 808 828  
e-mail: aquapol@aquapol.pl  
www.aquapol.pl

Profil	Wysokość pobierania próbki [cm]	Zawilgocenie [%]		Różnica zawilgocenia [%]
		Wdrożenie 5.05.2006	Badanie 13.05.2009	
M1	30	10,22	8,28	-1,94
	60	4,21	3,31	-0,90
	90	2,79	<1	1,79
M2	30	10,40	1,75	-8,65
	60	6,01	1,00	-5,01
	90	4,93	1,00	-3,93
	120	2,81	1,00	1,81
M3	30	14,73	9,94	-4,79
	60	11,47	7,70	-3,77
	90	12,32	7,17	-5,15
	120	14,85	10,05	-4,80
	150	10,68	15,40	4,72
M4	30	3,62	2,47	-1,15
	60	1,00	4,48	3,48
	90	1,00	1,17	0,17
M5	50	5,76	2,73	-3,03
	80	2,86	<1	1,86
	110	2,26	<1	-1,26
M6	50	11,09	12,97	1,88
	100	11,54	15,47	3,93
	150	14,84	18,05	3,21
	180	5,80	3,24	-2,56
M7	50	14,55	13,26	-1,29
	100	7,84	20,18	12,34
	150	9,67	1,03	-8,64
	180	5,85	5,68	-0,17
M8	30	3,07	1,00	-2,07

TABELA 1. Porównanie wilgotności masowej w punktach pomiarowych w dniu instalacji systemu oraz po 3 latach. Profile od M6 do M8 w obszarze zawilgocenia na skutek napływu wody (poza obszarem działania systemu Aquapol)

zidentyfikowanie innych niż podciąganie kapilarne wilgoci, źródeł zawilgocenia,

» badanie stanu zawilgocenia murów *in-situ* z wykorzystaniem wagosuszarki w wybranych (reprezentatywnych dla zdefiniowania stanu budynku) profilach pomiarowych (pionowych i poziomych), według procedur stanowiących podstawę metody bezpośredniej i wymagań ÖNORM B3355-1). Badanie profili poziomych służy zdefiniowaniu zjawiska poziomej penetracji wilgoci w murze, badanie profili pionowych określa stopień zawilgocenia muru i zasięg zjawiska podciągania kapilarnego. Powyższe badanie ma charakter inwazyjny i polega na wykonaniu odwiertów i pobraniu próbek materiału murów w ustalonych punktach). Wilgotność masową muru określono za pomocą wzoru:

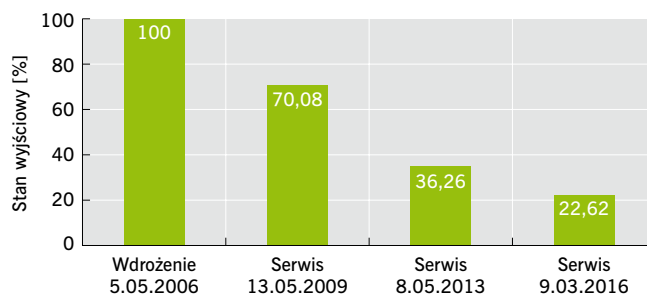
$$W_m = \frac{M_m - M_s}{M_s} \cdot 100\%$$

gdzie:

$W_m$  – wilgotność masowa [%],

$M_m$  – masa próbki mokrej [g],

$M_s$  – masa próbki wysuszonej [g].



RYS. Spadek zawilgocenia masowego muru w kolejnych serwisach dla profilu M3 (średnie w procentach dla całego profilu, jako 100% stanu wyjściowego przy wdrożeniu)

Badanie próbek muru w celu określenia zawartości i rodzajów soli z zastosowaniem pasków analitycznych (w zakresie: chlorki, siarczany, azotany):

- » oznaczenie pH muru i tynku,
- » badanie różnicy potencjałów elektrycznych w układzie poziomym i pionowym identyfikujące procesy transportu wilgoci w murze,
- » analiza parametrów i zjawisk ciepło-wilgotnościowych w celu określenia i wyeliminowania niebezpieczeństwa kondensacji wilgoci.

Na etapie badań diagnostycznych wykonano 8 tzw. profili pionowych rozkładu zawilgocenia masowego muru, w których wiertarką wolnoobrotową z głębokości 15–20 cm co 30 cm od podłoża odwiercano próbki materiału muru z zachowaniem wymogu międzyoperacyjnej kontroli temperatury wiertła. Przedmiotowe badanie oparte jest na austriackiej normie ÖNORM B 3355-1 i zostało jako procedura firmy AQUAPOL podane certyfikacji TUV Austria. Umieszczenie profili (miejsc pomiarowych) dokonano w następujący sposób:

- » profil M1 – ściana zewnętrzna ponad poziomem gruntu przy wejściu do kościoła,
- » profil M2 – ściana zewnętrzna ponad poziomem gruntu w południowej części transeptu,
- » profil M3 – ściana zewnętrzna ponad poziomem gruntu w zakrystii, pod wieżą,
- » profil M4 – ściana zewnętrzna ponad poziomem gruntu pomieszczenia konferencyjnego,
- » profil M5 – ściana wewnętrzna ponad poziomem gruntu pomieszczenia konferencyjnego,
- » profil M6 – ściana zewnętrzna poniżej poziomu gruntu, pod wieżą w krypcie,
- » profil M7 – ściana zewnętrzna poniżej poziomu gruntu w pomieszczeniu technicznym krypty,
- » profil M8 – ściana wewnętrzna poniżej poziomu gruntu – filar w krypcie.

Punkty pomiarowe na profilach (osiach) od M1 do M5 dotyczą ścian zewnętrznych nad poziomem gruntu, natomiast punkty pomiarowe na profilach (osiach) od M6 do M8 dotyczą ścian zewnętrznych pod poziomem otaczającego gruntu, czyli w miejscach, gdzie głównym źródłem zawilgocenia nie było podciąganie kapilarne. Taki dobór punktów pomiarowych miał na celu zapewnienie możliwości sprawdzenia skuteczności działania systemu Aquapol w obszarze zawilgocenia na skutek podciągania kapilarnego.

## BADANIA KONTROLNE

Badania kontrolne w tych samych punktach wykonano w maju 2009 roku. Umieszczenie punktów i zestawienie wyników pokazano na RYS. oraz w TABELI 1. Dodatkowo, na życzenie inwestora, »



Profil	Wysokość pobierania próbki [cm]	Zawilgocenie [%]		Różnica zawilgocenia [%]
		Wdrożenie 5.05.2006	Badanie 8.05.2013	
M2	30	10,40	2,01	-8,39
	60	6,01	1,26	-4,75
	90	4,93	<1	-3,93
M3	30	14,73	5,25	-9,48
	60	11,47	4,76	-6,71
	90	12,32	5,01	-7,31
	120	14,85	6,12	-8,73
	150	10,68	4,39	-6,29
M7	180	18,19	4,29	-13,90
	50	14,55	20,67	6,12
	100	7,94	10,30	2,36
	150	9,67	1,65	-8,02
	180	5,85	3,33	-2,52

TABELA 2. Dodatkowe pomiary wilgotności masowej w wybranych profilach w maju 2013 r. oraz w czerwcu 2016 r. Profil M7 w obszarze zawilgocenia na skutek napływu wody (poza obszarem skutecznego osuszenia systemu Aquapol)

» w maju 2013 r. oraz w czerwcu 2016 r. wykonano dodatkowe oznaczenia wilgotności masowej w wybranych punktach pomiarowych. Wyniki pokazano w TABELI 2. Z kolei w sierpniu 2017 r. wykonano dodatkowe oznaczenia wilgotności masowej w punktach od S1 do S4 (TABELA 3).

Literatura techniczna uważa za mur suchy przegrodę z cegły o wilgotności masowej nie większej niż 3%. Faktycznie stan równowagowy muru w praktyce często obciążonego zasoleniem, często jest wyższy, stąd dla prac renowacyjno-naprawczych za akceptowalny przyjmuje się przedział od 3 do 6% (masowo). Mur mokry to mur o wilgotności większej niż 12% (masowo). Natomiast nasiąkliwość (maksymalna wilgotność) muru ceglanego może sięgać dwudziestu kilku procent.

Analiza TABEL 1–3 wskazuje na skuteczność oraz trwałość osuszenia systemem Aquapol. Podciąganie kapilarne w obszarze nad poziomem gruntu zostało skutecznie zablokowane. W obszarach zawilgocenia w obszarze piwnic (na skutek braku pionowych powłok

Profil	Wysokość pobierania próbki [cm]	Zawilgocenie [%]		Różnica zawilgocenia [%]
		Wdrożenie 5.05.2006	Badanie 9.03.2016	
M3	30	14,73	6,14	-8,59
	60	11,47	4,47	-7,00
	90	12,32	<1	-11,32
	120	14,85	2,43	-12,42
	150	10,68	3,56	-7,12
	180	18,19	<1	-17,19

TABELA 3. Dodatkowe pomiary wilgotności masowej w sierpniu 2017 r. w zupełnie innych miejscach obiektu

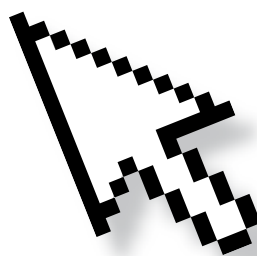
wodochronnych – profile od M6 do M8) w celu uzyskania trwałego efektu konieczne jest wykonanie pionowych powłok wodochronnych.

Bezwinny system osuszenia Aquapol z powodzeniem zastępuje inwazyjne metody likwidowania podciągania kapilarnego, jest kompatybilny z metodami wykonywania wtórnych izolacji pionowych oraz systemem tynków renowacyjnych w przypadku dodatkowego obciążenia szkodliwymi solami.

#### LITERATURA:

1. F. Frössel, „Osuszanie murów i renowacja piwnic”, Polcen 2007.
2. J. Karyś (red), „Ochrona przed wilgocią i korozją biologiczną w budownictwie”, Grupa MEDIUM, Warszawa 2014.
3. M. Rokieli, „Poradnik Hydroizolacje w budownictwie. Projektowanie. Wykonawstwo”, wyd. III, Grupa MEDIUM, Warszawa 2019.
4. ÖNORM B 3355-1, „Trochsenlegung von Feuchten Mauerwerk. Teil 1: Bauwerksdiagnose und Plaunggrundlagen”.
5. WTA Merkblatt 4-10-15, „Injektionsverfahren mit zertifizierten Injektionsstoffen gegen kapillaren Feuchttransport”.
6. WTA Merkblatt 4-11-16, „Messung des Wassergehalts bzw. der Feuchte bei mineralischen Baustoffen”.
7. WTA Merkblatt 4-6-14, „Nachträgliche Abdichten erdberuehrter Bauteile”.
8. WTA Merkblatt 4-7-15, „Nachträgliche mechanische Horizontalsperre”.

PROMOCJA



 MGR INŻ. BARTŁOMIEJ MONCZYŃSKI

# TYNKI STOSOWANE NA ZAWILGOCONYCH PRZEGRODACH – TYNKI OFIARNE



## HYDROIZOpedia

czyli renowacja zawilgoconych  
budynków w praktyce

**CZ.17**

Plasters used on wet partitions – sacrificial plasters **ABSTRAKT » S. 100**

W budynkach, których mury zawierają znaczne ilości wilgoci oraz szkodliwych soli budowlanych, trwałe i stabilne tynkowanie przy użyciu tynków tradycyjnych z reguły nie jest możliwe – tynki wapienne na tego typu podłożach w krótkim czasie ulegają uszkodzeniu, z kolei zastosowanie tynków cementowych (z uwagi na ich szczelność i wysoką wytrzymałość) prowadzi do uszkodzenia otynkowanego muru lub przylegających elementów budynku.

Do ochrony uszkodzonych przez wilgoć murów oraz do pokrywania zawilgoconych elementów budowlanych obok tynków renowacyjnych stosowane są tzw. tynki ofiarne. Historia ich zastosowania sięga okresu rzymskiego, gdy w celu zabezpieczenia przed wpływami zewnętrznymi, szczególnie wilgocią, pokrywano mury cienką warstwą szlamu wapiennego, która była „poświęcana” w celu ochrony właściwego muru [1]. Klasyfikacja oraz charakterystyka obecnie dostępnych tynkarskich rozwiązań systemowych stosowanych w roli tynków ofiarnych opisana została w instrukcji WTA nr 2-10/06/D [2].

Zadaniem wszystkich tynków, również tych o funkcji estetycznej, jest ochrona muru. Okres użytkowania tynku zazwyczaj szacuje się



FOT. Mury o ekstremalnym stopniu zasolenia wymagają odpowiednich działań osłonowych; fot.: autor

na kilkadziesiąt lat, a w wyjątkowych sytuacjach może on wynosić nawet lat kilkaset. Jeśli jednak tynk jest zaprojektowany i przeznaczony do krótkotrwałej ochrony muru – od kilku miesięcy do kilku lat – tynk taki, niezależnie od składu, określany jest mianem tynku »

## STOP wilgoci kapilarnej!

Hydroizolacja i osuszanie istniejących budynków z użyciem hydroizolacji krystalizujących





Szczelny tynk do zabezpieczenia ścian fundamentowych, który dodatkowo doszczelnia podłoże poprzez krystalizację.



Osuszanie budynków z użyciem iniekcji beciśnieniowych: bez odkopywania fundamentów i specjalistycznego sprzętu.



Skontaktuj się z regionalnym Doradcą w celu omówienia konkretnego zagadnienia technicznego.

Szkoła hydroizolacji, projekty i porady

**HYDRO STOP**

[www.hydrostop.pl](http://www.hydrostop.pl)

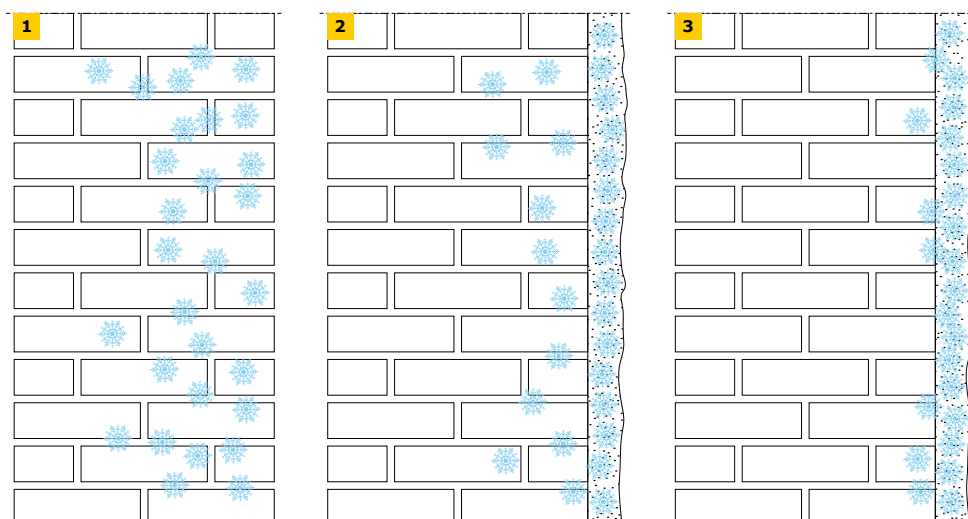
REKLAMA

» ofiarne. Powodem stosowania tynków ofiarnych są działania zaradcze lub ich rola ochronna – z jednej strony mają zapewnić odprowadzenie wilgoci oraz soli z podłoża bez jego uszkodzenia, z drugiej chronić otynkowaną powierzchnię przed wpływami zewnętrznymi (np. temperaturą, wilgocią lub obciążeniami mechanicznymi).

Podstawowym zadaniem tynków ofiarnych jest zmniejszenie obciążenia otynkowanej konstrukcji (m.in. w celu jej późniejszej konserwacji) poprzez „przejęcie” czynnika destrukcyjnego, tj. przeniesienie procesów powodujących uszkodzenie muru do struktury tynku (RYS. 1–3). To one, zamiast cennych powierzchni starych (często zabytkowych) murów, pochłaniają wodę oraz szkodliwe sole i temu właśnie zawdzięczają swoją nazwę. Obok ochrony przed wilgocią i solami zabezpieczają również przed warunkami atmosferycznymi, ścieraniem mechanicznym czy brudem. Mogą być stosowane zarówno wewnątrz, jak i na zewnątrz, we wszystkich obszarach budownictwa zarówno pod-, jak i nadziemnego, czyli równie dobrze na ścianach fundamentowych, jak i na murach kondygnacji nadziemnych. Mimo że ich funkcja jest tymczasowa, pozwalają na użytkowanie obiektu w normalny sposób, również po zakończeniu prac budowlanych i przywróceniu budynku do przewidzianej eksploatacji.

Z uwagi na ograniczony czas użytkowania oraz zakładaną „odwracalność” zastosowania powinny być łatwe do usunięcia, przy czym nie może to mieć wpływu na wymaganą, niezbędną dla migracji wilgoci oraz soli, powierzchnię kontaktu między tynkiem a podłożem. Jeśli tynki ofiarne zostały specjalnie zaprojektowane jako zaprawy o podwyższonej zdolności pochłaniania soli, nazywane są tynkami kompresowymi.

Pod kątem redukcji zasolenia (odsalania) powierzchni tynki ofiarne zajmują położenie pośrednie między klasycznymi kompresami a systemami tynków renowacyjnych. Kompresy stosowane są przez bardzo krótki czas – z reguły od kilku dni do kilku tygodni, natomiast okres użytkowania tynków renowacyjnych może



RYS. 1–3. Schemat działania (redukcja zasolenia) tynku ofiarnego: przed zastosowaniem tynku (1) oraz po jego nałożeniu (2–3); rys.: [3]

obejmować nawet dziesięciolecia (zobacz [4]). Dlatego też tynki ofiarne określane są czasem jako rozwiązanie średnioterminowe.

Z uwagi na fakt zastosowania w różnych warunkach i do różnych celów różnią się kilka typów tynków ofiarnych, o zróżnicowanym składzie chemicznym i właściwościach fizycznych (TABELA 1), przy czym mają tu zastosowanie wymagania określone w normie europejskiej PN-EN 998-1 [5]. Rodzaj i czas zastosowania tynku ofiarnego powinien zostać zaplanowany na etapie projektu.

Z uwagi na znacznie odbiegający od standardowego okres użytkowania nie stawia im się zazwyczaj specjalnych wymagań estetycznych, takich jak struktura czy kolor, ani też dotyczących trwałości (nie są objęte gwarancją).

### OP-I – TYNK OFIARNY PRZECIWDZIAŁAJĄCY WPŁYWOM Z WNĘTRZA BUDYNKU LUB ELEMENTU

Zmiana zawartości wilgoci w materiałach budowlanych może wywoływać procesy skurczu i pęcznienia, a także – w obecności szkodliwych soli budowlanych – naprężenia związane z krystalizacją lub hydratacją.

Jeśli element budynku jest narażony na wpływy pochodzące z wnętrza jego struktury, takie jak wilgoć czy sole, tynk ofiarny powinien chronić powierzchnie elementu przed dalszą destrukcją poprzez

Typ	Charakterystyka pod kątem zastosowania
OP-I	Tynk ofiarny (niem. <i>Opferputz</i> ) mający za zadanie chronić podłoże przed destrukcyjnym wpływem wilgoci oraz soli zawartych w wewnętrznej (niem. <i>Inneren</i> ) strukturze muru lub elementu. Strefa parowania/krystalizacji zostaje przesunięta z powierzchni elementu do wnętrza lub na powierzchnię tynku ofiarnego.
OP-I-S tynk kompresowy	Tynk kompresowy jest specjalną formą tynku ofiarnego. Jest przeznaczony do pochłaniania (magazynowania) soli (niem. <i>Salzeinlagerung</i> ) i może być również stosowany na podłożach o bardzo wysokim stopniu zawilgocenia.
OP-I-F	Tynk ofiarny stosowany do tymczasowego tynkowania podłoży, które przez krótki czas są narażone na silne obciążenie wilgocią (niem. <i>Feuchte</i> ). Ten rodzaj tynku nie wspomaga jednak wysychania przegrody ani też nie może być traktowany jako tynk uszczelniający.
OP-I-A	Tynk ofiarny mający za zadanie ochronę zdegradowanych oraz wrażliwych na uszkodzenia powierzchni przed warunkami zewnętrznymi (niem. von <i>außen</i> ). Przy wystarczającej grubości zapewnia on ochronę przed warunkami atmosferycznymi (wilgoć, temperatura), zanieczyszczeniem (kurz, spaliny, woda rozbrzygowa) oraz obciążeniami mechanicznymi lub biologicznymi.

TABELA 1. Definicja tynków ofiarnych [2]



Typ tynku ofiarnego		Zadanie	Profil zastosowania	Wartości charakterystyczne
OP-I		Przeniesienie strefy krystalizacji soli; ograniczenie zachodzenia krystalizacji w podłoże	Szybka migracja soli do tynku oraz na jego powierzchnię; relatywnie krótki okres trwałości	porowatość > P gęstość obj. ≤ P $w > 1 \text{ kg/m}^2\text{h}^{0,5}$ $E < P$ $R_G < 0,5 \text{ N/mm}^2$ oraz < 50% P
OP-I-S tynk kompresowy		Przeniesienie strefy krystalizacji soli; ograniczenie zachodzenia krystalizacji w podłoże; redukcja zasolenia	Stosować wyłącznie na silnie obciążonych solami powierzchniach muru z widocznymi uszkodzeniami oraz wyłącznie wewnątrz budynku lub w połączeniu z hydrofobowymi powłokami malarskimi	porowatość > 60% obj. gęstość obj. ≤ 1,0 kg/cm <sup>3</sup> $\mu < 10$ $w > 1 \text{ kg/m}^2\text{h}^{0,5}$ $R_C < 5 \text{ N/mm}^2$ $R_G < P$ $E < P$ wysychanie > 1 kg/m <sup>2</sup> d 0,05 N/mm <sup>2</sup> < $R_G$ < 0,5 N/mm <sup>2</sup> oraz < 50% P
OP-I-F		Wysoka efektywność transportu wilgoci	Powierzchnie uszkodzone przez wodę, przy obciążeniu wodą pod ciśnieniem (podtopienia) lub mur w strefie przyziemia	porowatość > 40% obj. $\mu < 15$ $w > 1 \text{ kg/m}^2\text{h}^{0,5}$ $R_C < P$ oraz < 5 N/mm <sup>2</sup> $R_G < P$ $E < P$ wysychanie > 2 kg/m <sup>2</sup> d 0,05 N/mm <sup>2</sup> < $R_G$ < 0,5 N/mm <sup>2</sup> oraz < 50% P
OP-A	OP-A-PT	Warstwa buforowa (niem. <i>Pufferschicht</i> ) przeciw wpływom higrotermicznym	Zmniejszenie częstotliwości i intensywności procesów skurczu/pęcznienia, zamarzania/rozmarzania oraz zawilgacania/wysychania	porowatość > P; > 50% obj. gęstość obj. ≤ 1,2 kg/cm <sup>3</sup> $\mu < 15$ $w < P$ ; < 1 kg/m <sup>2</sup> h <sup>0,5</sup> $R_C < P$ oraz < 5 N/mm <sup>2</sup> $R_G < P$ $E < P$ , < 5 kN/mm <sup>2</sup> wysychanie > 1 kg/m <sup>2</sup> d minimalna grubość 15 mm przewodność cieplna ≤ P
	OP-A-PS	Warstwa buforowa przeciw zewnętrznym zanieczyszczeniom (niem. <i>Schadstoffe</i> ) powodowanym przez sole, gazy reaktywne, pył i sadzę oraz mikroorganizmy	Ograniczenie obciążeń środowiska oraz warunków atmosferycznych	$\mu < 15$ $w < P$ ; < 0,5 kg/m <sup>2</sup> h <sup>0,5</sup> $R_C < P$ oraz < 5 N/mm <sup>2</sup> $R_G < P$ $E < P$ , < 5 kN/mm <sup>2</sup> minimalna grubość 15 mm
	OP-A-PM	Warstwa buforowa przeciwko obciążeniom mechanicznym	Ochrona strefy cokołowej, przejść, stref wejściowych, obszarów w miejscach o dużym natężeniu ruchu publicznego lub przed erozją powodowaną wiatrem	$w < P$ $R_C < P$ oraz 7–10 N/mm <sup>2</sup> $R_G < P$ $E < 10 \text{ kN/mm}^2$ minimalna grubość 20 mm

TABELA 2. Wymagania dla tynków ofiarnych [2]

Objaśnienia:

P – podłoże,  $\mu$  – współczynnik oporu dyfuzyjnego,  $w$  – współczynnik absorpcji kapilarnej,  $R_D$  – wytrzymałość na ściskanie,  $R_G$  – wytrzymałość na zginanie, E – moduł odkształcalności liniowej (moduł Younga)

przeniesienie strefy powstawania uszkodzeń (odparowywania i krystalizacji) do struktury tynku lub na jego powierzchnię.

Wymagania: tynk musi umożliwiać kapilarny transport wilgoci i magazynowanie soli, jak również posiadać parametry dopasowane do parametrów podłoża (TABELA 2).

### OP-I-S – TYNK KOMPRESOWY

Ten typ tynków ofiarnych charakteryzuje się podwyższoną zdolnością do magazynowania szkodliwych soli budowlanych, przez co przyczynia się do zmniejszenia zawartości soli (odsalania) w podłożu. Zdolność kompensacji soli winna być na tyle duża, by w długim okresie czasu zabezpieczyć chronione podłoże przed uszkodzeniem.

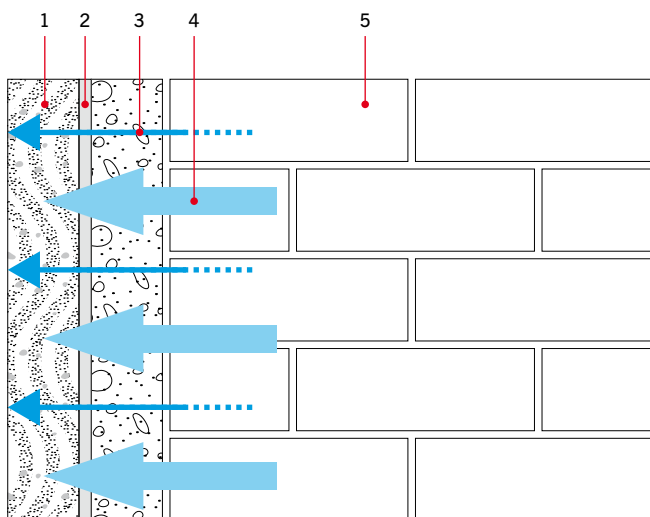
Wymagania: Tynk kompresowy musi być oparty na spoiwie odpornym na działanie soli oraz charakteryzować się nie tylko wysoką porowatością, lecz także odpowiednim rozkładem porów (wysoką

wartością stosunku zawartości porów kapilarnych i powietrznych). Wytrzymałość tynku winna być ograniczona zarówno z góry, jak i od dołu (TABELA 2).

### OP-I-F – TYNK OFIARNY DO TYMCZASOWEGO TYNKOWANIA PODŁOŻY

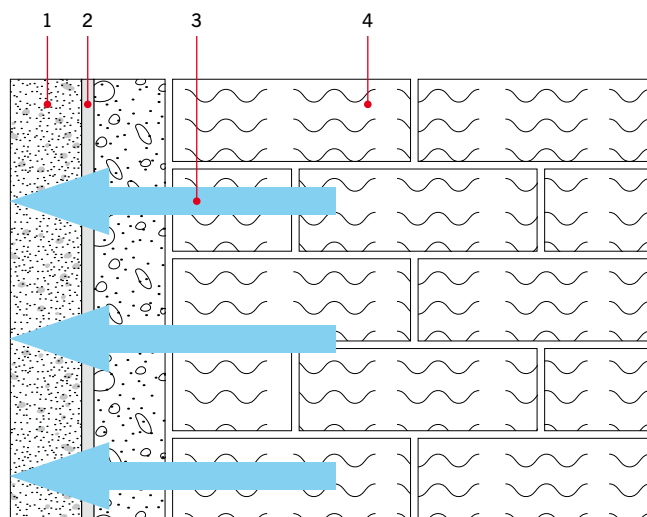
Tynki ofiarne znajdują również zastosowanie w przypadku podłoży silnie zawilgoconych, ale zawierających niewielkie ilości szkodliwych soli budowlanych (lub też niezawierających ich wcale) – np. przegród w budynkach dotkniętych powodzią.

Ponieważ każda warstwa tynku w mniejszym lub większym stopniu utrudnia suszenie, również tynk ofiarny nie przyspiesza wysychania muru (wbrew stosowanemu niekiedy „zabiegom marketingowym” ani ten, ani żaden inny rodzaj tynku nie może być nazywany „tynkiem osuszającym”) – powinien jednak ograniczać wysychanie w stopniu »



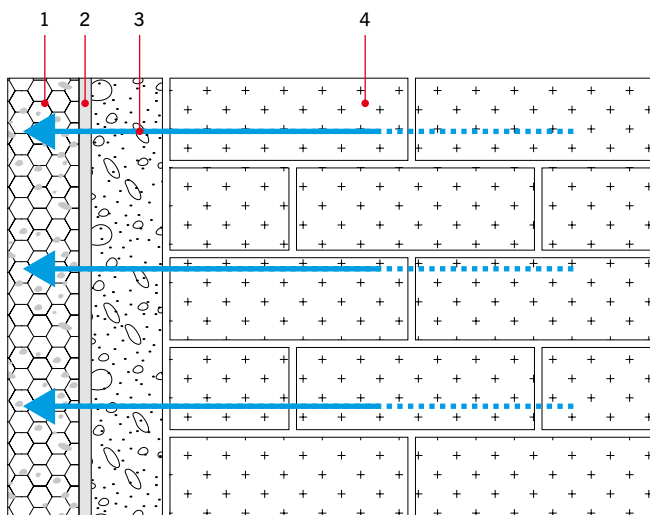
RYS. 4. Zasada działania tynku ofiarnego typu OP-I; rys.: [2]

1 – tynk ofiarny, 2 – chroniona powierzchnia, 3 – transport soli, 4 – transport wody, 5 – zawilgocony oraz zasolony mur



RYS. 6. Zasada działania tynku ofiarnego OP-I-F; rys.: [2]

1 – tynk ofiarny o wysokiej przepuszczalności wilgoci, 2 – chroniona powierzchnia, 3 – transport wilgoci, 4 – silnie zawilgocony mur



RYS. 5. Zasada działania tynku ofiarnego typu OP-I-S; rys.: [2]

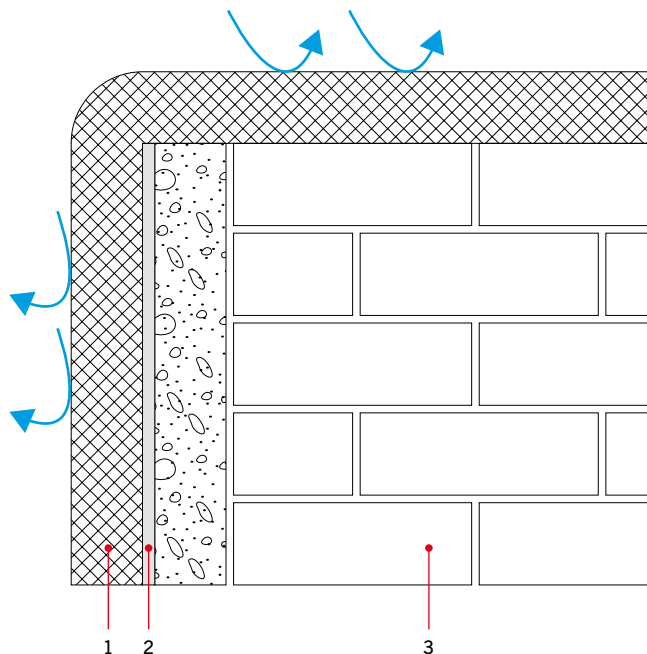
1 – tynk ofiarny o podwyższonej zdolności magazynowania soli, 2 – chroniona powierzchnia, 3 – transport soli, 4 – silnie zasolony mur

» na tyle małym, na ile tylko jest to możliwe. Celem jego zastosowania jest natomiast uniknięcie szkód wynikających ze zmian zawilgoconia podłoża, takich jak przebarwienia, powstawanie osadów wapiennych czy uszkodzenia mikrobiologiczne. Tynk ofiarny tego typu ma za zadanie poprawę wyglądu powierzchni ścian i zapewnia szybsze wykorzystanie powierzchni wewnętrznych.

Wymagania: zastosowane spoiwo musi umożliwiać wiązanie zaprawy przy dużym zawilgoconiu, a stwardniały tynk musi wykazywać wysoką efektywną przepuszczalność wilgoci (TABELA 2).

### OP-A – TYNKI OFIARNE PRZECIWDZIAŁAJĄCE WPŁYWOM ZEWNĘTRZNYM

Tynki ofiarne mogą pełnić rolę warstwy zabezpieczającej przed uszkodzeniem lub wietrzeniem podłoża. Jako warstwa buforowa tynk ofiarny może być stosowany do ochrony podłoża przed ekstremalnymi, naprzemiennymi wpływami warunków klimatycznych oraz środowiska (chemicznymi i biologicznymi). Gdy natomiast istnieje ryzyko



RYS. 7. Zasada działania tynku ofiarnego typu OP-A; rys.: [2]

1 – tynk ofiarny o wysokiej odporności na wilgoć, temperaturę, zabrudzenia oraz energię mechaniczną, 2 – chroniona powierzchnia, 3 – mur

mechanicznego (fizycznego) uszkodzenia powierzchni, może on pełnić rolę warstwy ścieralnej.

Cele aplikacji (zobacz również: TABELA 2):

- » redukcja naprzemiennych obciążeń higrotermicznych powierzchni (typ OP-A-PT),
- » ograniczenie dostępu szkodliwych substancji, takich jak zanieczyszczona solą woda rozbryzgowa, spaliny i gazy reaktywne, kurz i brud, aerozole, mikroorganizmy (typ OP-A-PS),
- » ochrona przed uszkodzeniami mechanicznymi w wyniku uderzenia, wstrząsów, ścierania itp. (typ OP-A-PM).

Wymagania w zależności od celu aplikacji:

- » ograniczona chłonność, podwyższona izolacyjność termiczna (typ OP-A-PT),

- » niska chłonność (typ OP-A-PS),
- » wystraszająca wytrzymałość mechaniczna (typ OP-A-PM).

Zgodnie z ogólnie przyjętymi zasadami tynkowania wytrzymałość mechaniczna tynku ofiarnego powinna być nie wyższa niż wytrzymałość podłoża (TABELA 2).

Wybór odpowiedniego typu tynku ofiarnego wymaga posiadania ogólnych informacji na temat struktury i stanu powierzchni muru, właściwości charakterystycznych materiałów, a także stosunku występujących obciążeń do wytrzymałości konstrukcji (stopnia wyężenia). Informacje te można ustalić poprzez ukierunkowane, specyficzne dla obiektu badania diagnostyczne [6] i/lub zaczerpnąć z literatury. Opcjonalnie można je również ocenić empirycznie (bazując na doświadczeniu).

Należy przede wszystkim odpowiedzieć na następujące pytania:

- » Jak wysokie jest obciążenie solami (stopień zasolenia) w istniejącym tynku i murze?
- » Jak wysokie jest obciążenie wilgocią (stopień zawilgocenia) w istniejącym tynku i murze?
- » Jaka jest jakość powierzchni oraz warstw przypowierzchniowych muru (rodzaj powierzchni, materiał, stan, wytrzymałość, nośność, chłonność)?
- » Czy występują powierzchnie cenne pod kątem konserwacji, takie jak malowidła ścienne, profile i/lub elementy dekoracyjne itp.?
- » Jakie są przyczyny występujących szkód (środowisko, obciążenia)?
- » Jakie oczekiwane obciążenia mechaniczne i/lub chemiczne mogą działać na powierzchnię tynków ofiarnych?

Ponieważ stosowanie tynków ofiarnych jest ograniczone w czasie, należy przeprowadzić nie tylko badania wstępne, ale również towarzyszące (podczas aplikacji) oraz kontrolne (po użyciu). Wstępną

ocenę stanu konstrukcji można przeprowadzić na podstawie prostych testów wykonywanych *in situ* i na ich podstawie podjąć decyzję, czy zastosowanie tynków ofiarnych jest zasadne. Dalsze badania mają na celu rejestrację i obserwację konkretnych czynników destrukcyjnych oraz wybór odpowiedniego typu tynku ofiarnego.

Badania towarzyszące pozwalają oszacować czas stosowania względnie zaplanować moment usunięcia tynku ofiarnego. Głównym celem ich wykonywania jest ocena stanu (stopnia uszkodzenia) tynku ofiarnego w trakcie jego użytkowania. Odstęp między poszczególnymi badaniami uzależniony jest w głównej mierze do celu aplikacji tynku oraz specyficznych warunków występujących w budynku lub jego elemencie. Przeprowadzenie pierwszych badań towarzyszących zalecane jest w możliwie krótkim okresie po jego nałożeniu, a następnie określenie czasu kolejnych kontroli na podstawie uzyskanych wyników. Kontrola taka wykonywana jest przede wszystkim przez obserwację wzrokową i proste badania nieniszczące (np. dla tynków typu OP-I szczególnie istotne jest określenie, czy nie występują odspojenia – tzw. głuche tynki). W zależności od wyciągniętych wniosków konieczne może się okazać przeprowadzenie dalszych badań.

Badania kontrolne z kolei wykonuje się po to, aby wykazać, czy cel zastosowania tynku ofiarnego został osiągnięty, czy też konieczne jest jego kolejne zastosowanie. W oparciu o wyniki badań kontrolnych można podjąć bardziej ukierunkowaną decyzję dotyczącą dalszego postępowania.

## PODSUMOWANIE

Tynki ofiarne używane są z reguły na starych i uszkodzonych, ale często cennych (zabytkowych) elementach konstrukcji budynków. »



# ksiegarniatechniczna.com.pl

## Książki z dziedziny:

- ..... budownictwa
- ..... chłodnictwa
- ..... ciepłownictwa i ogrzewnictwa
- ..... gazownictwa
- ..... instalacji sanitarnych
- ..... ochrony środowiska
- ..... wentylacji i klimatyzacji
- ..... instalacji elektrycznych
- ..... informatyki
- ..... zarządzania i obsługi nieruchomości
- ..... oraz programy, słowniki, poradniki



elektrotechnika  
instalacje  
budownictwo

## Księgarnia Techniczna Grupa MEDIUM

ul. Karczewska 18, 04-112 Warszawa  
tel.: 22 512 60 60, faks 22 810 27 42  
e-mail: eib@ksiegarniatechniczna.com.pl

[www.ksiegarniatechniczna.com.pl](http://www.ksiegarniatechniczna.com.pl)

» Ich zastosowanie jest zatem najczęściej stosunkowo złożone i wymaga odpowiedniego przygotowania. Szczególnie powierzchnie objęte nadzorem konserwatorskim wymagają dokładnych badań wstępnych w celu skoordynowania działań ostonowych (np. w celu zabezpieczenia przed odspojeniem się powłok malarskich) oraz doboru typu tynku ofiarnego.

Przed zastosowaniem tynków ofiarnych należy przede wszystkim nie tylko określić stopień zasolenia i zawilgocenia, ale również rozpoznać źródła oraz drogi transportu wilgoci i soli, a następnie wykonać stosowne zabezpieczenia (np. hydroizolacje wtórne – [7–12]).

W przypadku konwencjonalnego muru przed nałożeniem tynku ofiarnego obowiązują standardowe zasady przygotowania podłoża [4]. W przypadku powierzchni cennych architektonicznie – takich jak sztukaterie, kolorowe dekoracje, malowidła ściennie itp. – koncepcja renowacji musi zostać opracowana na podstawie oceny istniejących uszkodzeń oraz właściwości zastosowanego tynku ofiarnego.

Powłoki malarskie należy przed nałożeniem tynku ofiarnego w odpowiedni sposób zabezpieczyć, np. przez wzmocnienie istniejących tynków i powłok oraz uzupełnienie. Należy unikać kontaktu istniejących wymalowań z tynkiem ofiarnym w trakcie jego aplikacji. Aby uniknąć przypadkowego zabrudzenia tynkiem, jak również umożliwić późniejsze łatwe usunięcie tynku, istniejące powłoki malarskie należy w odpowiedni sposób odizolować, np. przez zastosowanie warstw pośrednich z chłonnego papieru, materiałów tekstylnych itp. Należy zagwarantować kompatybilność wszystkich użytych materiałów warstw rozdzielających, klejów, tynków ofiarnych, np. pod kątem odczynu pH.

W przypadku malowideł ściennych należy zwrócić szczególną uwagę, aby:

- » działania były prowadzone przez doświadczonych i wyspecjalizowanych konserwatorów, pod odpowiednią kontrolą,
- » obszary, pod którymi ukryte są szczególnie cenne powierzchnie, były w odpowiedni sposób dokumentowane,
- » spełnienie założonej funkcji tynku bez szkody dla podłoża zostało potwierdzone w wyniku próbnego tynkowania.

Niemalowane powierzchnie kamienne przed nałożeniem tynku należy zabezpieczyć standardowymi metodami konserwacji kamienia. Trzeba mieć na uwadze, że tynków mineralnych praktycznie nie da się usunąć bez pozostałości z szorstkich i porowatych powierzchni kamienia naturalnego. W razie konieczności przed nałożeniem tynku ofiarnego jego powierzchnie należy zatem w odpowiedni sposób odizolować, np. laminatem papierowym. Stosowanie laminatów na dużą skalę wymaga użycia tynku podkładowego. W przypadku stosowania tynków ofiarnych typu OP-I rodzaj zastosowanego tynku podkładowego nie może znacząco wpływać na transport wilgoci oraz soli.

Czas użytkowania tynków ofiarnych uzależniony jest od wyników badań towarzyszących oraz/lub stanu nałożonego tynku. W trakcie usuwania tynku ofiarnego należy zwrócić szczególną uwagę, aby nie uszkodzić chronionej powierzchni. Dla uniknięcia ponownego zanieczyszczenia obciążony solami materiał należy bezzwłocznie usunąć z otoczenia obiektu. W zależności od wytrzymałości podłoża drobne pozostałości tynku należy usuwać ręcznie lub mechanicznie.

Powodzenie zastosowania tynku ofiarnego należy sprawdzić i odpowiednio udokumentować, w zależności od jego typu.

## LITERATURA

1. F. Frössel, „Mauerwerkstroekenlegung und Kellersanierung. Wenn das Haus nasse Füße hat”, wyd. 3., Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart 2012.
2. WTA Merkblatt 2-10-06/D, „Opferputze”. Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e.V., München 2006, s. 16.
3. M. Balak, A. Pech, „Mauerwerkstroekenlegung: Von den Grundlagen zur praktischen Anwendung”, Birkhäuser Verlag GmbH, Basel 2017.
4. B. Monczyński, „Tynki stosowane na zawilgoconych przegrodach – tynki renowacyjne”, „IZOLACJE” 6/2020, s. 80–88.
5. PN-EN 998-1:2016-12E, „Wymagania dotyczące zaprawy do murów. Zaprawa do tynkowania zewnętrznego i wewnętrznego”.
6. B. Monczyński, „Diagnostyka zawilgoconych konstrukcji murowych”, „IZOLACJE” 1/2019, s. 89–93.
7. B. Monczyński, „Wtórna hydroizolacja przyziemnych części budynków”, „IZOLACJE” 4/2019, s. 120–125.
8. B. Monczyński, „Uszczelnienie od zewnątrz odsoniętych elementów istniejących budynków”, „IZOLACJE”, 5/2019, s. 109–115.
9. B. Monczyński, „Uszczelnianie istniejących budynków od wewnątrz”, „IZOLACJE” 6/2019, s. 92–98.
10. B. Monczyński, „Wtórne hydroizolacje poziome wykonywane w technologii iniekcji”, „IZOLACJE” 7/8/2019, s. 104–114.
11. B. Monczyński, „Mechaniczne metody wykonywania wtórnych hydroizolacji poziomych”, „IZOLACJE”, 9/2019, s. 104–108.
12. B. Monczyński, „Wtórne hydroizolacje wykonywane metodą iniekcji uszczelniających”, „IZOLACJE” 10/2019, s. 96–100.

## ABSTRAKT

Przedmiotem artykułu jest stosowanie tynków ofiarnych na zawilgoconych przegrodach. Autor omawia zadania technologiczne stawiane wobec tynków ochronnych, a następnie charakteryzuje poszczególne typy. Omawia tynk ofiarny przeciwdziałający wpływom z wnętrza budynku lub elementu (OP-I), tynk kompresowy (OP-I-S), tynk ofiarny do tymczasowego tynkowania podłoża (OP-I-F), tynki ofiarne przeciwdziałające wpływom zewnętrznym (OP-A). Charakteryzuje także miejsca stosowania poszczególnych rodzajów tynków ofiarnych oraz sposoby zabezpieczania powierzchni przed zabrudzeniami tynkiem.

The subject of this paper is the usage of sacrificial plasters on wet partitions. The author discusses technical works required for protective plasterwork and characterises individual types of plasters. Sacrificial plaster against factors from building or element interior (OP-I), desalination plaster (OP-I-S), sacrificial plaster for temporary base plastering (OP-I-F) and sacrificial plasters against external factors (OP-A) are distinguished. The paper also describes areas of application of individual sacrificial plaster types and the methods of surface protection against soiling with plaster.

**BARTŁOMIEJ MONCZYŃSKI** jest absolwentem Wydziału Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska Politechniki Łódzkiej i doktorantem na Wydziale Inżynierii Lądowej i Transportu Politechniki Poznańskiej. Od kilkunastu lat

związany z branżą chemii budowlanej. Jest autorem i współautorem szeregu publikacji na temat hydroizolacji w budownictwie, renowacji zawilgoconych budynków oraz budownictwa ekologicznego.

# NEXLER BITFLEX – NOWA GENERACJA HYDROIZOLACJI

Firma Izohan, działająca w strukturach Grupy Atlas, wprowadza całkowicie nową, wyróżniającą się unikalnymi właściwościami izolacyjnymi linię produktów Nexler BITFLEX. Jest to możliwe dzięki wdrożeniu niedostępnej dotąd w Polsce technologii produkcji mas bitumicznych opartych na emulsji drobnocząsteczkowej.

*Staliśmy się pierwszym w Polsce i drugim w Europie producentem wyrobów bitumicznych opartych na tej technologii. Rozpoczęliśmy proces przechodzenia na zupełnie nowy, zdecydowanie wyższy poziom jakości wyrobów. To właściwie całkiem nowa technologiczna liga – mówi prezes zarządu Witold Szczukocki.*

Bazą nowych produktów Izohan jest innowacyjna emulsja drobnocząsteczkowa o unikalnych właściwościach.

*Mniejszy rozmiar cząstek to o wiele większa stabilność emulsji, lepsza penetracja asfaltu w głąb podłoża, a także wyższa przyczepność wykonanej powłoki do podłoża. W znaczący sposób polepszają się również właściwości hydroizolacyjne wyrobów – tłumaczy dr inż. Dawid Dębski, dyrektor ds. badań i rozwoju w firmie Izohan.*

## MASY, KTÓRE ROBIĄ RÓŻNICĘ

Dzięki nowej technologii Izohan wprowadza na rynek kilkanaście nowych produktów. W pierwszej kolejności są to masy KMB, grunt anionowy oraz innowacyjne, wręcz rewolucyjne, powłoki izolacyjne.

Masy KMB, czyli grubowarstwowe powłoki bitumiczne modyfikowane polimerami, to produkty wykorzystywane m.in.



przy hydroizolacji podziemnych części budynków (np. fundamentów) i w budownictwie komunikacyjnym.

Produkty pod marką Nexler BITFLEX wyróżniają się zwiększoną wodoszczelnością, elastycznością i trwałością. Nie bez znaczenia jest także fakt przyspieszenia czasu wiązania wyrobów dwuskładnikowych. Pozwoli to na istotne skrócenie czasu pomiędzy aplikacją kolejnych warstw. Przyspieszenie wiązania oznacza także zwiększenie odporności produktu na występowanie niekorzystnych warunków atmosferycznych po aplikacji – niskich temperatur, wysokiej wilgotności czy opadów deszczu.

Linia Nexler BITFLEX to także masy KMB z wypełnieniem polistyrenowym, którego zastosowanie obniża gęstość wyrobów. Ma to niebagatelny wpływ na ich parametry robocze, jakość i wydajność pracy. Produkty te wyróżniają się bardzo wygodną aplikacją – możliwe jest nanoszenie grubszej warstwy wyrobu w jednym cyklu roboczym – ograniczenie czasu i nakładów pracy. Izohan oferuje produkty zarówno w wariacie dwuskładnikowym – Nexler BITFLEX 2KP, jak i jednoskładnikowym, od razu gotowym do użycia – Nexler BITFLEX 1KP.

Kolejnym produktem, który powstał na bazie emulsji drobnocząsteczkowej, jest Nexler BITFLEX PRIMER, szybko schnący grunt anionowy stosowany zarówno pod izolację z mas bitumicznych, jak i pap zgrzewalnych oraz samoprzylepnych. Nexler BITFLEX PRIMER umożliwia zgrzewanie papy już nawet po 30 minutach od aplikacji. Jest to produkt bezzapachowy i bezpieczny w kontakcie ze styropianem.

## NOWE PRODUKTY, INNOWACYJNE ROZWIĄZANIA

Wdrożone zostały także zupełnie nowe rozwiązania. Nexler BITFLEX QUICK SPRAY to ekstremalnie szybka i ekstremalnie elastyczna bitumiczno-lateksowa emulsja aplikowana natryskowo. Produkt ten pozwala uzyskać, bez gruntowania, izolację odporną na deszcz natychmiast po aplikacji, co jest absolutną rewolucją w świecie bitumicznych materiałów bezspoinowych. Dodatkowo bardzo wysoki poziom modyfikacji wyrobu polimerami zapewnia niespotykaną pośród innych dostępnych na rynku wyrobów elastyczność, z wydłużeniem sięgającym 1000%.

Gama nowych produktów Nexler BITFLEX:

- » **BITFLEX PRIMER** – szybko schnący grunt bitumiczno-anionowy,
- » **BITFLEX EMULSJA ANIONOWA** – bitumiczno-lateksowa emulsja anionowa,
- » **BITFLEX 1K** – jednoskładnikowa, modyfikowana polimerami, masa hydroizolacyjna grubowarstwowa (KMB),
- » **BITFLEX 1KP** – jednoskładnikowa, modyfikowana polimerami, masa hydroizolacyjna grubowarstwowa (KMB) z wypełnieniem polistyrenowym,
- » **BITFLEX 2K** – dwuskładnikowa, modyfikowana polimerami, masa hydroizolacyjna grubowarstwowa (KMB),
- » **BITFLEX 2KP** – dwuskładnikowa, modyfikowana polimerami, masa hydroizolacyjna grubowarstwowa (KMB) z wypełnieniem polistyrenowym,
- » **BITFLEX QUICK SPRAY** – ekstremalnie szybka i ekstremalnie elastyczna bitumiczno-lateksowa emulsja do stosowania z koagulantem.

Więcej informacji na temat nowej linii produktów znaleźć można na [www.izohan.eu](http://www.izohan.eu). ■

KONTAKT

**IZOHAN**®

IZOHAN sp. z o.o.  
ul. Łużycka 2, 81-963 Gdynia  
tel./faks: 58 781 45 85  
info@izohan.eu, www.izohan.eu



DR RYSZARD JURKIEWICZ

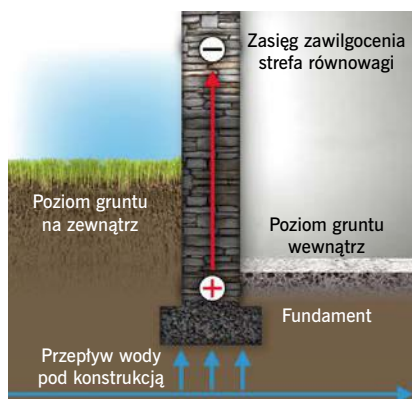
# ELEKTRONICZNE OSUSZANIE MURÓW

Technologia elektronicznego osuszania murów powstała w Szwajcarii na początku lat 80. XX w., w trakcie prac badawczych nad wpływem atmosfery zawilgoconych pomieszczeń na zdrowie ludzi. Zauważono wówczas, że zastosowanie określonych fal elektromagnetycznych może być użyteczne w rozwiązaniu tego problemu. Naturalną konsekwencją okazało się późniejsze przeniesienie prowadzonych badań na problematykę osuszania murów.

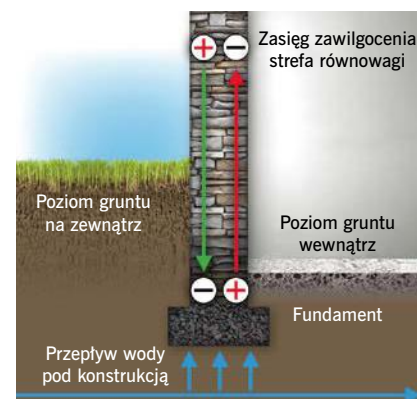
Możliwość interwencji pola elektrycznego w zawilgocony mur od wielu lat była już znana, czego wynikiem było stosowanie takich metod, jak elektroosmoza, elektroforeza itd. Szwajcarski patent pozwolił na opracowanie aparatów emitujących fale elektromagnetyczne oddziaływające na zawilgocony mur, a zatem technologii w efekcie pozwalającej na osuszanie murów.

Do Polski pierwszy tego typu aparat produkcji szwajcarskiej Rondon trafił w 1988 r. i został zainstalowany w aptece „Pod Słoniem” przy ul. Grodzkiej w Krakowie. Problemem w aptece była wysoka wilgotność powietrza utrzymująca się w magazynowych pomieszczeniach piwnicznych. Efekt zmniejszenia wilgotności powietrza, która zawsze utrzymywała się powyżej 80%, uzyskano już po upływie kilku tygodni, a kolejnym dowodem na skuteczność aparatu Rondon był osypujący się ze stropu suchy pył.

Od początku lat 90. XX w. zabezpieczono kilkadziesiąt obiektów, w których urządzenia funkcjonują do dzisiaj. Jednym z charakterystycznych obiektów zabezpieczonych



RYS. 1. Zawilgocony mur – naładowany elektrycznie



RYS. 2. Neutralizacja pola elektrycznego w zawilgoconym murze

w 1992 r. jest minibrówar „Spiz”, zlokalizowany na rynku Starego Miasta we Wrocławiu. W obiekcie tym zrezygnowano z wykonania izolacji pionowej i jedynym sposobem zabezpieczenia podziemnej części budynku był funkcjonujący do dzisiaj aparat Rondon.

Na przestrzeni ostatnich kilkudziesięciu lat systemy Rondon produkcji szwajcarskiej oraz Mur-tronic produkcji francuskiej zastosowano w kilkudziesięciu obiektach zabytkowych w Polsce, na Ukrainie i Białorusi.

## ZASADY DZIAŁANIA SYSTEMU

Wyjaśnienie zasad funkcjonowania systemu wymaga zwrócenia uwagi na samo zjawisko, jakim jest podciąganie kapilarnie wody w murach, na jego przyczyny i zjawiska towarzyszące.

Obecność wody w strefie fundamentu w postaci zwierciadła, podziemnych źródeł czy żył wodnych, wraz z występującymi anomaliami geologicznymi zakłóca naturalne, ziemskie pole magnetyczne i generuje powstanie pól elektromagnetycznych. Pola te w konsekwencji ładują mur elektrycznie (RYS. 1).

Pola elektromagnetyczne posiadają określoną częstotliwość. Poprzez wygenerowanie kontr pola o częstotliwości zdefazowanej o 180° uzyskuje się neutralizację ładunków elektrycznych w murze. Zasada tej metody polega zatem na modyfikacji ładunków elektrycznych w kapilarach. Przez oddziaływanie na te same procesy, które ładują mury elektrycznie metodą wytworzenie pola o przeciwnej fazie, doprowadzamy do neutralizacji zjawiska, czyli siła elektromotoryczna wznosząca molekuly wody w murze zostaje zlikwidowana.

Aparaty emitujące fale elektromagnetyczne są stosunkowo łatwe w montażu. Prezentowany na FOT. 1 aparat Mur-tronic po zainstalowaniu nie wymaga żadnej obsługi, gdyż jest zasilany ziemskim polem magnetycznym, nie ma zatem potrzeby podłączania przewodów lub baterii. Kontrola systemu sprowadza się do kontroli jego skuteczności, polegającej na okresowym sprawdzaniu stopnia zawilgocenia osuszanych murów. W przypadku tego aparatu istnieje możliwość zainstalowania np. poprzez wmurowanie w osuszaną ścianę.

Dobór aparatu do danego obiektu sprowadza się do ustalenia zasięgu wynikającego z jego geometrii.

Aparaty produkowane są w zasięgach od 8 m do 50 m. W poszczególnych przypadkach można wprowadzać większą ilość aparatów, różnicując ich usytuowanie. Zasadą jest instalowanie aparatu w centralnym punkcie, tak aby w 100% wykorzystać jego zasięg.



FOT. 1. Aparat Mur-tronic

## KONTAKT

**BTM**  
DR JURKIEWICZ

BTM – dr Jurkiewicz  
Badania. Technologie. Materiały  
ul. Bartoszką 4/3, 00-710 Warszawa  
tel./faks: 22 651 58 23, tel.: 602 134 273  
biuro@btmjurkiewicz.pl, www.btmjurkiewicz.pl



FOT. 2. Biblioteka Narodowa



FOT. 3. Muzeum Narodowe w Warszawie

technologii jest nieefektywne ekonomicznie lub niemożliwe z technicznego punktu widzenia.

Omawiana technologia jest bezinwazyjna, ponieważ nie wymaga ingerencji w substancję muru. Bez wierceń czy podcinania uzyskujemy spodziewany rezultat. Jest też ekologiczna, bo wykonywana jest bez wprowadzania substancji chemicz-

nych. Kolejną i bardzo ważną zaletą tej metody jest jej odwracalność, czyli możliwość odstąpienia od przyjętego rozwiązania bez żadnych konsekwencji.

Przydatność tej technologii w pracach konserwatorskich potwierdziły między innymi badania przeprowadzone w ramach pracy doktorskiej „Problemy zwalczania zawilgocenia kapilarnego malowideł ściennych w Polsce i w warunkach klimatu tropikalnego w Kambodży”. W pracy wykonanej w UMK w Toruniu przez Solidę Lima potwierdzona została skuteczność metody elektronicznej w zabezpieczeniu fresków w krużgankach odpustowych przy kościele pw. Wniebowzięcia NMP w Kcyni. Obserwacje prowadzono w okresie 10 lat.

## EKONOMICZNE ROZWIĄZANIE

Elektroniczny system osuszania jest instalowany głównie w celu zabezpieczenia obiektu przed podciąganiem kapilarnym, czemu służą również inne technologie takie jak iniekcje, podcinanie murów itd. Metody wymieniane jako konkurencyjne zawsze są metodami inwazyjnymi o uwarunkowaniach, które w przypadkach obiektów zabytkowych nie zawsze mogą być spełnione.

Wykonywanie odwiertów w murach z kamienia, murach o kilkumetrowej grubości oraz próby wykonania przegrody iniekcyjnej w murach warstwowych po prostu mijają się z celem.

Proponowany system elektroniczny jest technologią odwracalną, tzn. w przypadku ograniczonej skuteczności można ją wymienić. Pod względem kosztów technologia ta nie ma sobie równej i z reguły jest kilkakrotnie tańsza od pozostałych.

## EUROPEJSKIE DOŚWIADCZENIA

Stosowanie technologii szwajcarskiej (Rondom) i francuskiej (Mur-tronic) odbywa się w Polsce w ścisłej współpracy z producentami urządzeń. Skala zastosowań na terenie Europy to kilkadziesiąt tysięcy obiektów. We Francji na przestrzeni lat przy użyciu aparatów Mur-tronic zabezpieczonych zostało ok. 15 000 obiektów.

Technologia Mur-tronic jest objęta na terenie Francji systemem kontroli QUALICONCONSULT, który polega na ciągłej obserwacji losowo wybieranych obiektów i przeprowadzaniu w nich badań skuteczności procesu osuszania.

Nasze krajowe doświadczenia to kilkaset obiektów, często o wyjątkowej wartości, zabezpieczonych w ostatnich dziesięcioleciach. Technologia elektronicznego osuszania była przez lata poddawana nieuzasadnionej i nieudowodnionej krytyce, w ramach której mówiono o tajemniczych skrzynkach, magii itd. Krytycy wtórowały również środowiska akademickie – zupełnie niezainteresowane dotarciem do zasad funkcjonowania, a często reprezentujące interesy firm konkurencyjnych. Bardzo liczne porażki rozwiązań konkurencyjnych otwierają w ostatnich latach pole działania dla tej technologii – zwłaszcza w środowiskach konserwatorów i architektów. ■

## SKUTECZNOŚĆ TECHNOLOGII

Udokumentowana skuteczność elektronicznego osuszania murów jest konsekwencją opisanych zasad funkcjonowania, tzn. bezpośredniego oddziaływania na przyczynę zjawiska, czyli podciągania kapilarnego. Wykonanie szczelnej przegrody blokującej podciąganie kapilarne innymi metodami jest w przypadku murów obiektów zabytkowych bardzo trudne, a czasami wręcz niemożliwe.

Metoda elektronicznego osuszania była wielokrotnie stosowana w przypadkach, w których stanowi jedyne skuteczne rozwiązanie.

Jednym z takich przykładów było zastosowanie tej metody w Rundzie Najświętszej Marii Panny na Wawelu (2006 r.). Po wyłożeniu płytami dziedzica Zamku Wawelskiego zmieniły się warunki wilgotnościowe w tej partii wzgórza i w Kaplicy pojawiła się wilgoć w postaci wilgotnych plam na posadzkach. Zainstalowany system Rondom zablokował przemieszczanie się wilgoci, a monitorowana wilgotność powietrza zmniejszyła się po upływie kilku tygodni. Uzyskane efekty zostały potwierdzone w otrzymanej rekomendacji.

Kolejnym przykładem skuteczności metody było osuszenie podziemi Kościoła pw. Św. Trójcy w Nieświeżu na Białorusi. W podziemiach kościoła mieści się nekropolia Radziwiłłów. Przed podjęciem prac w podziemiach utrzymywała się bardzo wysoka wilgotność, prowadząca do uszkodzeń zarówno trumien, jak i ścian. W ramach prac ujęto i odprowadzono wody opadowe, a następnie wprowadzono zabezpieczenie przed wilgocią, instalując system Mur-tronic, który przejął funkcję zarówno izolacji poziomej, jak i pionowej. Mury podziemia nie zostały odsłonięte, a rolą systemu jest między innymi zabezpieczenie przed podciąganiem kapilarnym niedostępnych ścian wewnętrznych podziemia. Prace przeprowadzone zostały w 2006 r., a ostatnia wizyta kontrolna w lipcu zeszłego roku potwierdza skuteczność funkcjonowania systemu.

Jedną z ostatnich znaczących realizacji było zabezpieczenie przed wilgocią niektórych partii budynków Muzeum Narodowego w Warszawie, w których zainstalowano dwa aparaty Mur-tronic o łącznym zasięgu ok. 80 m. Chronione partie to głównie części podziemne i ściany o utrudnionym dostępie, w których zastosowanie innych technologii byłoby utrudnione. Obserwacja zabezpieczonych ścian wskazuje na skuteczność metody, a miejsca w których od lat utrzymywało się zawilgocenie zostały osuszone.

## TECHNOLOGIA PRAWDZIWIE KONSERWATORSKA

Wśród sposobów zabezpieczania murów przed podciąganiem kapilarnym metoda elektronicznego osuszania jest z pewnością najbardziej odpowiednia do konserwacji obiektów zabytkowych. Może być bowiem stosowana bez względu na grubość i konstrukcję murów. Jak wiemy z praktyki konserwatorskiej, stosunkowo rzadko w obiektach zabytkowych spotykamy mury jednorodnie o niewielkiej grubości. Bardzo często oprócz murów kilkuwarstwowych mamy do czynienia z murami z kamienia, w których stosowanie innych

 NICOLA HARIASZ

# ZALETY ZASTOSOWANIA SYSTEMU MOCUJĄCEGO W POSTACI KOTEW CHEMICZNYCH

Kotwy to specjalne łączniki, pozwalające na uzyskanie trwałego połączenia różnego rodzaju elementów budowlanych. Służą do mocowania elementów stalowych, aluminiowych czy drewnianych do podłoży betonowych i murowych. Wyróżnia się kotwy mechaniczne (wykorzystujące siłę rozporu kotwy) oraz kotwy chemiczne (zwane również wklejanymi).

Kotwy chemiczne stosuje się najczęściej podczas modernizacji obiektów w celu połączenia nowej konstrukcji z już istniejącą. Jeszcze w latach 60. XX wieku, aby połączyć stare i nowe zbrojenie betonu należało odkuć beton w miejscu łączenia i je zespawać. Metoda kotwienia chemicznego została po raz pierwszy zastosowana w 1972 r. podczas przebudowy Stadionu Olimpijskiego w Monachium. Jest to bardzo popularna, a czasem wręcz niezastąpiona metoda, przeznaczona do szczególnie obciążonych zamocowań.

Wklejanie kotwy rozpoczyna się od wykonania i oczyszczenia otworu montażowego, który następnie wypełnia się masą żywiczną. Potem umieszcza w nim pręt kotwy. Systemy kotwień chemicznych są stosowane w wielu obszarach budownictwa – od konstrukcji budynków i lądowych obiektów inżynieryjnych, przez drogownictwo i mostownictwo, aż po budownictwo podziemne, np. przy budowie tuneli. Kotwy chemiczne znajdują zastosowanie przy przedłużaniu płyt i belek stropowych, wykonywaniu balkonów, łączeniu ścian wielowarstwowych oraz przy mocowaniu filarów, słupów czy wsporników. Ten rodzaj mocowania jest również coraz częściej stosowany przy montażu cięższych elementów wyposażenia, takich jak ościeżnice, bramy czy ceramika sanitarna. Kotwy wklejane idealnie sprawdzą się do mocowania elementów narażonych na obciążenia dynamiczne (silny wiatr lub drgania) oraz wilgoć i wodę np. markiz czy barierki. To rozwiązanie można stosować zarówno podczas budowy nowych obiektów, jak i remontów oraz renowacji starych budynków, w których często podłoże jest już bardzo zniszczone.

System mocujący kotwy chemicznej składa się z elementu profilowanego z metalu lub tworzywa. Do kotew stosuje się pręty gwintowane lub zbrojone ze stali i stali nierdzewnej, a elementy z tworzywa lub metalu czyli tuleje są elementem uzupełniającym. Elementem kotwy jest chemicznie wiążąca masa na bazie żywicy i utwardzaczka.

Głównymi zaletami kotew chemicznych są nieskomplikowany montaż, niewysoki koszt w porównaniu z innymi metodami oraz możliwość zastosowania w przypadku podłoży o niskiej nośności. Podstawą tej metody kotwienia jest proces wiązania masy żywicznej, podczas którego dochodzi do jej trwałego połączenia się z wewnętrzną powierzchnią otworu oraz z elementami kotwiącymi. Między zżelowaną żywicą a mikrocząsteczkami na ściankach mikroszczelin pobocznic otworów (ich wewnętrzną powierzchnią) dochodzi do wiązań kształtowych (są to tzw. miejsca zazębień kształtowych).



FOT. 1. Zastosowana w praktyce kotwa chemiczna; fot.: Torggler

Pojawiają się one także na tzw. zamocowaniach klinowych, czyli na styku utwardzonej żywicy i elementu kotwionego, które zapobiegają jego wysunięciu z otworu. W celu zwiększenia trwałości takiego połączenia ściankom elementów kotwionych nadaje się odpowiednie ukształtowanie. Takim przykładem są gwintowane pręty stalowe, żebrowane pręty zbrojeniowe, elementy z nacięciami, elementy karbowane czy elementy specjalnie profilowane. Jednak w wypadku elementów kotwionych z podcięciem, obciążenie przenoszone przez spoinę chemiczną wspomaganą jest blokadą mechaniczną elementu w podciętych otworze. W przypadku elementów kotwionych z kontrolowanym momentem dokręcania, obciążenia przenoszone przez siły kotwienia chemicznego w otworze cylindrycznym wspomaganą są dodatkowymi obciążeniami wynikającymi ze specjalnej konstrukcji elementu kotwionego (np. siłami rozprężania trzpienia).

## ZALETY KOTWIEŃ CHEMICZNYCH

Zaletą tego systemu kotwienia jest szerokość zastosowania – kotwy chemiczne można wykorzystywać w wielu podłożach, takich jak beton, kamień, cegła pełna, cegła dziurawka, kratówka czy pustak ceramiczny. W ceglach i pustakach ceramicznych możliwości kotwy chemicznej znacznie przekraczają możliwości tradycyjnych zamocowań. Spoiny po okresie utwardzania są w stanie przenosić duże siły obciążające, często większe niż podłoże, do którego zostały zastosowane. Wytrzymałość takiego mocowania jest wtedy zdeterminowana przez jakość podłoża, a nie możliwości samej kotwy. Kotwy chemiczne mają również zdolność do przenoszenia dużych obciążeń w betonie (porównywalną do kotew stalowych). Dodatkowo powłoka z żywicy zapewnia dużą szczelność połączenia, co chroni spoinę przed wnikiem w nią powietrza atmosferycznego, wody i wilgoci

### Zalety kotew chemicznych (wklejanych):

- » nieskomplikowany montaż,
- » niewysoki koszt w porównaniu z innymi metodami,
- » możliwość zastosowania w przypadku wielu rodzajów podłoża (o niskiej nośności, podłoża pełne i z pustkami, beton spękany i niespękany),
- » możliwość zmniejszenia odległości osiowej pomiędzy kotwami,
- » bezpieczne kotwienie blisko naroży i krawędzi,
- » brak wstępnych naprężeń w podłożu,
- » wytrzymałość połączenia – zalecane do bardzo wysokich obciążeń,
- » szczelne i trwałe mocowanie,
- » nieograniczona długość użytkowa kotwy.

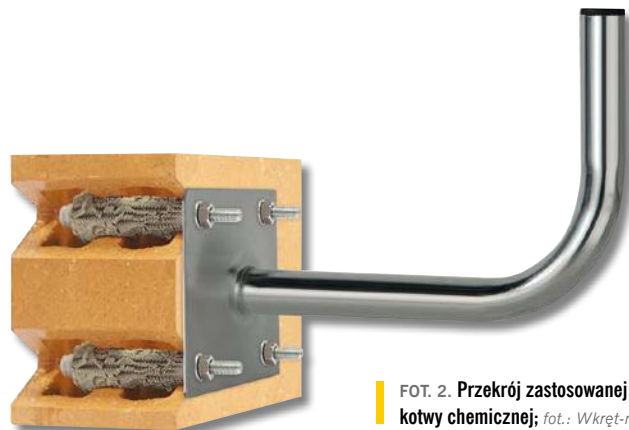
(także pod wpływem ciśnienia). Dzięki temu na stykach połączenia spoiny z elementem kotwionym i pobocznica maleje ryzyko kondensacji wilgoci, a powierzchnia mocowania jest chroniona przed pojawianiem się pęknięć i szczelin. Ta właściwość zapewnia trwałość połączenia i jest istotna np. przy kotwieniach w betonie, gdzie w strefach stykowych z metalowymi elementami kotwionymi zmniejsza się ryzyko pojawienia się lokalnych wysadzin betonu i niebezpiecznych procesów odspajania się kotwionego elementu od podłoża.

### PORÓWNANIE SYSTEMU KOTWIENIA CHEMICZNEGO I MECHANICZNEGO

Kotwy mechaniczne wykorzystują najczęściej klinowy (tarciowy) schemat pracy w podłożu. Kotwy chemiczne pracują natomiast w podłożu w oparciu o dwa schematy: kształtowy (klinowy) i zamocowania adhezyjnego (tzw. wiązaniowego). Poprawnie wykonane systemy kotwienia chemicznego eliminują lub znacznie redukują negatywny wpływ niektórych obciążeń charakterystycznych dla kotwień mechanicznych. Przykładem może być występowanie naprężeń montażowych przenoszonych na pobocznicę otworów. W przypadku kotew chemicznych naprężenia osadzania w podłożu są znacznie niższe, co ogranicza występowanie szkodliwych zjawisk, takich jak rozszczepienia podłoża czy oberwania ich krawędzi. Właściwość ta jest szczególnie istotna na etapie projektowania, ponieważ pozwala zmniejszyć odległość osiową pomiędzy kotwami oraz umożliwia bezpieczne kotwienie blisko naroży i krawędzi, czego nie można tak łatwo wykonać przy użyciu konwencjonalnych kotew. W przeciwieństwie do kotew mechanicznych pozwalają również na osiągnięcie nieograniczonej długości użytkowej kotwy. Do wad kotwień chemicznych należy jednak brak możliwości obciążania bezpośrednio po zamocowaniu (w przypadku kotew mechanicznych jest to możliwe) oraz wymagana precyzja przy wykonywaniu otworów montażowych (w szczególności przy oczyszczeniu otworu, by zapewnić pełen kontakt między żywicą a materiałem podłoża). W przypadku pozostawienia pyłu lub brudu w otworze nośność łączenia może ulec obniżeniu.

### JAK DOBRAĆ ŻYVICĘ DO KOTWY?

Żywica do montażu kotew występuje w formie gotowych fabrycznych opakowań (tub z wyciskaczami, kartuszy z mieszaczami), kapsułek (ampulek) szklanych oraz opakowań z aluminium lub PE. Masę można również sporządzić ze składników dostarczanych luzem i mieszanych przed użyciem w określonych proporcjach. Wybór formy aplikacji żywicy powinien zależeć od dostępności akcesoriów



FOT. 2. Przekrój zastosowanej kotwy chemicznej; fot.: Wkręt-met

oraz ilości planowanych zamocowań. Kartridże i ładunki foliowe dają możliwość wykonania wielu zamocowań z jednego opakowania oraz pracy z przerwami. Nie wymagają też określenia rozmiaru kotwy przed montażem. Otwory nie muszą być ściśle dopasowane do łącznika, ponieważ poprawnie wprowadzona żywica całkowicie je wypełni. Jednak w przypadku ładunków foliowych niezbędna będzie specjalna pompka z zabudowaną komorą. Żywica w tubie o objętości 165 i 300 ml może być zaaplikowana za pomocą zwykłego pistoletu do silikonu, a przy niestandardowych wielkościach należy wyposażyć się w odpowiedni dozownik. Najmniej akcesoriów wymaga zastosowanie żywicy w szklanych ampułkach. Do jej aplikacji potrzebna jest jedynie wiertarka. Po wykonaniu otworu należy umieścić w nim ampułkę z żywicą o odpowiedniej wielkości. Dotem pręta kotwy rozbijamy bańkę z powietrzem ampułki i umieszczamy kotwę w otworze.

Podczas zakupu kotwy chemicznej należy upewnić się, że w jej składzie nie znajduje się styren. Jest to związek chemiczny w postaci bezbarwnej lub żółtawej cieczy, mający negatywny wpływ na ludzki organizm. Najczęściej przedostaje się do organizmu człowieka przez układ oddechowy lub rzadziej – przez skórę. Opary styrenu w małych stężeniach mogą wywołać łzawienie oczu i metaliczny smak w ustach, w stężeniach ok. 800 mg/m<sup>3</sup> – ból i zaczerwienienie spojówek, a w większych – kaszel, zawroty głowy, zmęczenie czy nerwowość.

### PODZIAŁ KOTEW CHEMICZNYCH

Kotwy chemiczne ze względu na rodzaj żywicy dzielimy na:

- » Kotwy epoksydowe: ich bazę stanowi wolnowiążąca żywica epoksydowa. Ten rodzaj kotwy jest przeznaczony do bardzo wysokich obciążeń. Niestety nie nadaje się do stosowania w przyjemnej temperaturze.
- » Kotwy hybrydowe/winyloestrowe: zastosowana żywica jest związkiem chemicznym o średniej gęstości, zapewniającym relatywnie krótki czas wiązania. Kotwy winyloestrowe przenoszą wysokie obciążenia. Są często stosowane przy podłożach betonowych. Do ich dużych zalet należy możliwość stosowania w temperaturze poniżej -10°C.
- » Kotwy poliestrowe: w przeciwieństwie do kotew epoksydowych i hybrydowych/winyloestrowych charakteryzują się mniejszą wytrzymałością, dlatego stosuje się je przy niskich i średnich obciążeniach. Żywica poliestrowa charakteryzują się sporą gęstością, jest również szybko schnąca. Ten rodzaj kotew jest często stosowany do mocowania w pustakach.

Niezależnie od wybranej żywicy należy zapoznać się z oznaczeniem jej czasu żelowania, umieszczonym na opakowaniu lub w karcie technicznej produktu. Jest to czas pomiędzy aplikacją masy żelowej a zamocowaniem pręta, który wynosi zwykle od 2 do 3 minut. Mocowanie nie powinno być wykonane po upływie tego czasu. ■

# NOWE KOTWY CHEMICZNE TORGGLER

Poprawnie wykonane systemy kotwienia chemicznego eliminują lub redukują negatywne wpływy niektórych obciążeń charakterystycznych dla kotwień mechanicznych.

Kotwy chemiczne wywierają opcjonalnie niższe naprężenia osadzania w podłożu. Eliminacja tego czynnika lub osłabienie jego oddziaływania w sytuacjach krytycznych zawęża zakres przyczyn występowania szkodliwych zjawisk (możliwych rozszczepień podłoża i oberwań ich krawędzi oraz wszelkich tego konsekwencji).

## ZASTOSOWANIE KOTWIEŃ CHEMICZNYCH

Systemy kotwień chemicznych stosowane są w budownictwie podziemnym, np. przy budowie tuneli, a także naziemnym: od konstrukcji budynków i lądowych obiektów inżynierskich, aż po drogownictwo i mostownictwo, gdzie tą metodą wykonuje się zamocowania i zaczepy w statycznie obciążonych elementach konstrukcji na różnych podłożach (najczęściej betonowym zbrojonym i niezbrojonym betonie zarysowanym i niezarysowanym, ceramice pełnej i poryzowanej, pustakach, ustrojach z betonu komórkowego i innych).

Takie systemy służą do zabezpieczania wielowarstwowych sklepień łukowych, łatek ścian wielowarstwowych, mocowań i podcziepień instalacji świetlnych, sprawdzają się w naprawach nadproży, gzymsów i wykuszy itp. Mogą być również wykorzystywane do mocowania elementów stalowych

konstrukcji słupowych do podłoża, barier ochronnych, postumentów maszyn i urządzeń, szyn, przewodnic, ram stolarki okiennej, konstrukcji drewnianych, krat, zawiasów, łączników rur, ciągów kablowych itd.

## NOWE KOTWY CHEMICZNE

**XTREME GRIP EPOXY.** Dwuskładnikowa kotwa chemiczna na bazie żywicy epoksydowej bez styrenu, do wysokowytrzymałych mocowań konstrukcyjnych, do kotwień w elementach betonowych w strefach ściskania (opcja 7) i rozciągania (opcja 1) pełnej cegle, murach kamiennych i drewnie. Można stosować w mokrych podłożach, nawet pod wodą (czas wiązania nie ulega wydłużeniu). Ma certyfikat do zastosowań w strefach sejsmicznych C2. Dzięki optymalnym czasom wiązania można wykonywać mocowania konstrukcyjne (o długości nawet powyżej 1 m), mocowania z wykorzystaniem prętów gwintowanych i zbrojeniowych-żebrowanych. Nadaje się do zamocowań izolowanych elektrycznie, pozwala na wykonanie zakotwienia o dużej izolacyjności dielektrycznej, niwelując wpływ prądów błądzących. Posiada certyfikat niskiej emisji LZO A+.



**XTREME GRIP VINYLESTER.** Dwuskładnikowa kotwa chemiczna na bazie żywicy winyloestrowej bez styrenu, do wysokowytrzymałych mocowań konstrukcyjnych, do kotwień w elementach betonowych w strefach ściskania (opcja 7) i rozciągania (opcja 1) pełnej cegły i dziurawce, pustakach, murach kamiennych i drewnie. Można ją stosować w mokrych podłożach, nawet po wodą (czas wiązania ulega dwukrotnemu wydłużeniu). Umożliwia kotwienie w ekstremalnych temperaturach od -10 do +40°C. Posiada certyfikat do zastosowań w strefach sejsmicznych C1 i C2 spełnia wymagania odporności ogniowej R240 dla połączeń. Mocowania z wykorzystaniem prętów gwintowanych i zbrojeniowych-żebrowanych. Posiada certyfikat niskiej emisji LZO A+.



**CA VINYL.** Dwuskładnikowa kotwa chemiczna na bazie żywicy epoksydowo-akrylowej bez styrenu do mocowania dużych obciążeń, do kotwień w elementach betonowych w strefach ściskania (opcja 7), pełnej cegły i dziurawce, pustakach, betonie komórkowym, murach kamiennych i drewnie. Do użytku w połączeniu z prętami gwintowanymi i prętami zbrojeniowymi-żebrowanymi. Można ją stosować w podłożach wilgotnych. Charakteryzuje się szybkim wiązaniem. Posiada certyfikat niskiej emisji LZO A+.



**CA POLY.** Dwuskładnikowa kotwa chemiczna na bazie żywicy poliestrowej bez styrenu do mocowania średnich i lekkich obciążeń, do kotwień w elementach betonowych w strefach ściskania (opcja 7), pełnej cegły i dziurawce, pustakach, betonie komórkowym, murach kamiennych i drewnie. Do użytku w połączeniu z prętami gwintowanymi. Charakteryzuje się szybkim wiązaniem. Posiada certyfikat niskiej emisji LZO A+.

## KONTAKT

# Torggler

TORGLER Polska Sp. z o.o.  
ul. Sadowa 6, 95-100 Zgierz  
Dział Doradztwa Technicznego:  
techniczny@torggler.pl  
www.torggler.pl



## SERIA „B”

Popularna seria tworzona przez tych, którzy o budownictwie wiedzą najwięcej



## TV-IZOLACJE

Relacje z wydarzeń branżowych, wywiady, filmy instruktażowe



## NEWSLETTER

Najbardziej aktualne informacje w skrzynce e-mailowej



## KONFERENCJA IZOLACJE

Jedyna tego typu platforma wymiany wiedzy i doświadczeń dla specjalistów z branży



# IZOLACJE

budownictwo | przemysł | ekologia

Unikalne treści  
Bogata i rzetelnie opracowana zawartość  
Autorzy – reprezentanci środowisk naukowych i wybitni specjaliści w branży  
Czasopismo punktowane przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego



## E-BOOK

Praktyczne poradniki w postaci książek elektronicznych



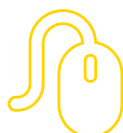
## WYDANIA SPECJALNE

Wydania tematyczne – bezpłatne dla prenumeratorów



## IZOLACJE.COM.PL

Dostęp do wartościowych i wiarygodnych treści w każdym miejscu i czasie, możliwość komentowania i współtworzenia informacji



# ZABEZPIECZENIA BUDYNKÓW Z WIELKIEJ PŁYTY

## COPY-ECOII system wzmacniania budynków wielkopłytowych



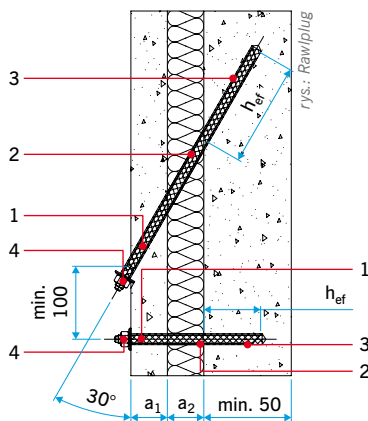
foto: Rawlplug

### Opis systemu

Innowacyjny system wzmocnień COPY-ECOII przeznaczony do wykonywania wzmocnień budynków wielkopłytowych.

### Cechy szczególne

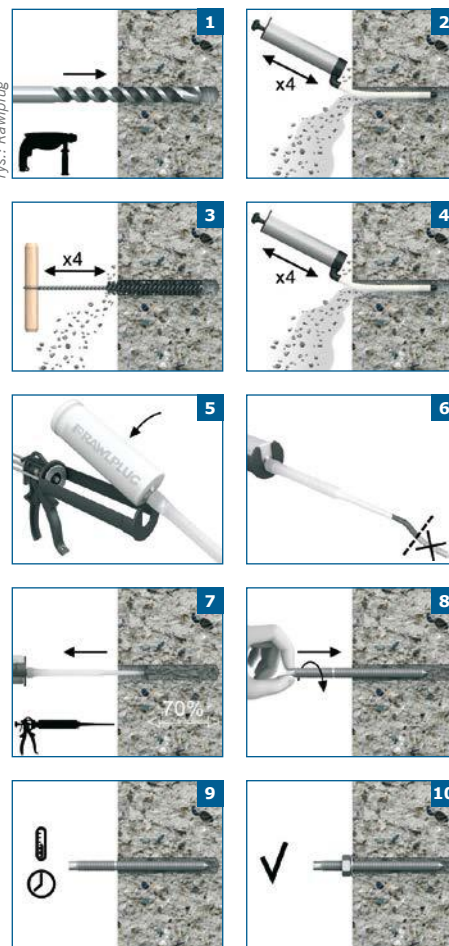
Wymagana odporność antykorozyjna łączników to stal nierdzewna A2 (zalecana stal A4) lub stal w ocynku płatkowym. Wybór łącznika uzależniony jest od grubości płyty nośnej, ciężaru płyty fakturowej, ciężaru ocieplenia między płytą fakturową a konstrukcyjną, ciężaru docieplenia zewnętrznego, siły ssącej i dociskającej wiatru. Zalety systemu: odtworzenie projektowanych pierwotnie wieszaków, szybki montaż za pomocą standardowych dostępnych na budowie narzędzi, małe średnice wierconych otworów. Wysoką jakość wzmocnienia potwierdza Krajowa Ocena Techniczna ITB-KOT-2020/1166.



### Betonowa ściana warstwowa z osadzonymi łącznikami wklejonymi COPY-ECO. Parametry montażu:

1. Nagwintowany pręt stalowy R-STUDS-A2 (A4) – FL.
  2. Stalowa tuleja siatkowa.
  3. Zaprawa żywiczna.
  4. Nakrętka z podkładką.
- $h_{ef}$  Minimalna głębokość kotwienia.  
 $a_1$  Grubość warstwy fakturowej betonowej ściany warstwowej.  
 $a_2$  Grubość warstwy izolacyjnej betonowej ściany warstwowej.

### Instalacja:



Rawlplug S.A.  
 ul. Kwidzyńska 6, 51-416 Wrocław  
 tel. 71 32 60 100, 71 37 26 111  
 www.rawlplug.com, info@rawlplug.com

## R-KER II Kotwa hybrydowa

### Opis produktu

Kotwa hybrydowa o wysokiej wytrzymałości i wszechstronnym zastosowaniu w betonie, także w systemie wzmacniania wielkiej płyty – COPY-ECO.

### Cechy szczególne

Duża nośność żywicy. Możliwość stosowania w podłożach suchych i mokrych. Zastosowanie zimowej wersji żywicy umożliwia skrócenie czasu wiązania. Możliwość stosowania w niskich temperaturach (do -20°C) pozwala na stosowanie przez cały rok. Dozownik ze skalą i przedłużonym mieszaczem zapewnia komfort pracy i właściwe proporcje mieszanki. Nadaje się do wielokrotnego użytku. Produkt częściowo wykorzystany może być ponownie aplikowany po uprzedniej instalacji nowej dyszy.



foto: Rawlplug

### Aplikacje

System wzmacniania wielkiej płyty – COPY-ECO, systemy rurociągowie i systemy przewodów, ściany osłonowe, balustrady i poręcze, zadaszenia, ogrodzenia i bramy, instalacja wodociągowa/podpory przewodów wentylacyjnych, platformy, windy osobowe.



Rawlplug S.A.  
 ul. Kwidzyńska 6, 51-416 Wrocław  
 tel. 71 32 60 100, 71 37 26 111  
 www.rawlplug.com, info@rawlplug.com

## ejotherm STR U 2G

### Opis produktu

ejotherm STR U 2G jest najbezpieczniej-  
szym rozwiązaniem, które zapewnia pewne  
mocowanie mechaniczne systemu ociepleń  
(ETICS) w każdym podłożu (A/B/C/D/E),  
również w cienkich płytach betonowych tzw.  
wielkiej płyty. Gwarantuje 100% kontrolę  
poprawności zakotwienia, tj. każdy łącznik  
zagłębiony w izolacji jest wyrobem poprawnie  
zamocowanym oraz przenoszącym obciążenia  
na deklarowanym poziomie zgodnie z opaten-  
towaną zasadą STR.



### Cechy szczególne

Wkręcany montaż łączników do mocowania  
termoizolacji fasadowych to najwyższe bez-  
pieczeństwo i wysokie parametry odporności  
na wyrwanie z podłoża, co potwierdza  
ETA-04/0023. Ponadto, wysoka sztywność  
talerzyka (0,6 kN/mm), gwarantuje odpowied-



ni docisk termoizolacji do podłoża. Dodatkowo,  
w świetle aktualnych ustaw, istotnym paramet-  
rem ejotherm STR U 2G jest niski współczyn-  
nik przenikania ciepła w punkcie (0,001 W/K),  
zagłębienie łącznika w izolacji oraz zakrycie  
talerzyka systemową zaślepką z EPS lub MW,  
co zapewnia zarówno ograniczenie strat ciepła  
do minimum (tzw. punktowe mostki termiczne),  
jak i estetykę wykonanej elewacji (równa  
powierzchnia ocieplanych ścian).

# EJOT®



EJOT Polska Sp. z o.o. Sp. k.  
ul. Jeżowska 9, 42-793 Ciasna  
tel. 34 351 06 60, faks: 34 353 54 10  
www.ejot.pl

## EJOT TRIO

### Opis produktu

TRIO to uniwersalna i zoptymalizowana  
grupa łączników wbijanych, przeznac-  
zonych do fasadowych systemów  
ociepleń. Jest to jedyny wyrób w ofercie  
EJOT o średnicy 10 mm.

### Cechy szczególne

W zależności od rodzaju mocowanej  
termoizolacji do wyboru są trzy ro-  
dzaje trzpienia: trzpień tworzywy  
(TRIO TT), trzpień stalowy (TRIO TG)  
lub stalowy z główką z obtryskaną  
tworzywem (TRIO TO). Łącznik dopusz-  
czony do wszystkich podłoży (A/B/C/D/E),  
a cechą wyróżniającą jest zmienna strefa  
rozporu (30/60 mm), która stanowi spore  
ułatwienie w przypadku mocowania  
termoizolacji na nierównych podłożach.  
Elastyczny talerzyk o średniej klasie sztyw-  
ności (0,2 kN/mm) zapewnia prawidłowe



zlicowanie się z termoizolacją w przy-  
padku mocowania powierzchniowego.  
Możliwy montaż zagłębiony z zastosowa-  
niem dedykowanej zaślepki, co wskazuje  
również Krajowa Ocena Techniczna ITB.

# EJOT®

EJOT Polska Sp. z o.o. Sp. k.  
ul. Jeżowska 9, 42-793 Ciasna  
tel. 34 351 06 60, faks: 34 353 54 10  
www.ejot.pl

## EJOT WSS PLUS

### Opis produktu

WSS PLUS to renowacyj-  
ne kotwy mechaniczne  
przeznaczone do wzmacniania  
betonowych ścian warstwowych  
budynków wznoszonych w tzw.  
technologii wielkopłytywowej. Jest  
to rozwiązanie dedykowane  
do stosowania przed termomo-  
dernizacją tych obiektów.

### Cechy szczególne

Kotwy WSS to wyrób znany  
i ceniony od lat, nie tylko



na rynku polskim, ale i europejskim. Wysokie  
parametry wytrzymałościowe, a przede  
wszystkim możliwość montażu zarówno  
na standardowej, jak i zredukowanej głębo-  
kości zakotwienia zapewnia szerokie spektrum  
mocowań i dostosowanie się do różnorodnych  
typów płyt, jakie były produkowane. Montaż  
wyróbu możliwy jest niezależnie od tempe-  
ratury zewnętrznej. Użycie dedykowanego  
szablunu montażowego zapewnia powtarzal-  
ność wykonanych zakotwień, a przenoszenie  
obciążeń następuje natychmiast po zamoco-  
waniu. Kotwy EJOT WSS PLUS wykonane  
są ze specjalnej stali nierdzewnej (gat. A2

lub A4), co zapewnia długoletnie i bezpiec-  
zne użytkowanie obiektu.

# EJOT®

EJOT Polska Sp. z o.o. Sp. k.  
ul. Jeżowska 9, 42-793 Ciasna  
tel. 34 351 06 60, faks: 34 353 54 10  
www.ejot.pl

PRZEGLĄD ZABEZPIECZEŃ BUDYNKÓW Z WIELKIEJ PŁYTY



# MATERIAŁY I TECHNOLOGIE DO WYKONYWANIA DACHÓW PŁASKICH

## BauderTHERMOPLAN T

### Opis produktu

Folie FPO są wysokiej klasy foliami z tworzyw sztucznych wzmocnionymi wkładką nośną z włókien syntetycznych. Zapewnia to im stabilność wymiarową, wysoką wytrzymałość na rozdzieranie, jak również doskonałe dopasowanie do danych zastosowań.

### Cechy szczególne

BauderTHERMOPLAN T dostępne są w grubościach od 1,5 do 2,0 mm. Nadają się do wszystkich konstrukcji nośnych lekkich dachów, również do dachów zielonych. Folie są zgodne z bitumem i odporne na przenikanie korzeni zgodnie z wytycznymi FLL. Są odporne na promieniowanie UV, działanie warunków atmosferycznych oraz starzenia.



Jako system FPO bez płynnych zmiękczaczy BauderTHERMOPLAN T nie wydzielają szkodliwych substancji i zgrzewają się bez dymu ani zapachu. Temperatura zgrzewania: 380–420°C. Nadają się do recyklingu. Wymiary: 500, 750, 1500×2000 mm (szer.×długość), grubość 1,5 mm (T 15), 1,8 mm (T 18), 2,0 mm (T 20).

# BAUDER

tworzymy bezpieczne dachy

Bauder Polska Sp. z o.o.  
ul. Kutrzeby 16 G, 61-719 Poznań  
tel.: 61 885 79 00  
info@bauder.pl, www.bauder.pl  
www.plaskidachnawigator.pl

## BauderPIR FA

### Opis

Płyta z obustronną warstwą z aluminium i frezem została zaprojektowana specjalnie do termoizolacji lekkich dachów przemysłowych. Dzięki dobrym właściwościom izolującym poliuretanu możliwe jest znaczne zmniejszenie grubości warstwy ocieplenia. W połączeniu z niewielką gęstością uzyskuje się lekką konstrukcję utworzoną z płyt o dużym formacie. Płyty charakteryzują się wysoką wytrzymałością termiczną oraz dobrą stabilnością wymiarową. Poliuretan jest odporny na działanie gorącego bitumu i może być kryty papami bitumicznymi. Płyty nie ulegają korozji, są odporne na pleśnienie i gnicie.



### Cechy szczególne

Wymiary płyt: 2400×1200 mm (powierzchnia krycia: 2385×1185 mm). Reakcja

na ogień: klasa E według DIN EN 13501-1, B2 według DIN 4102-1. Wytrzymałość na ściskanie:  $\geq 120$  kPa ( $\geq 0,12$  N/mm<sup>2</sup>). Grubość: 60, 80, 100, 120, 140, 160, 180, 200, 220 i 240 mm.

# BAUDER

tworzymy bezpieczne dachy

Bauder Polska Sp. z o.o.  
ul. Kutrzeby 16 G, 61-719 Poznań  
tel.: 61 885 79 00  
info@bauder.pl, www.bauder.pl  
www.plaskidachnawigator.pl

## BauderKARAT AIR+

### Opis produktu

TOP – polimerobitumiczna papa zgrzewalna z ekstremalnie wytrzymałą i bardzo stabilną wymiarowo wkładką poliestrową w połączeniu z wysokowartościową recepturą bitumu, redukująca ilość tlenu azotu w powietrzu. Górna warstwa papy modyfikowana jest plastomerami APP (dla zwiększenia odporności na działanie podwyższonych temperatur), dolna – elastomerami SBS.

### Cechy szczególne

Do stosowania w wielowarstwowym układzie bitumicznej hydroizolacji dachów płaskich, jako alternatywa dla dachów zielonych oraz w celu redukcji szkodliwych substancji w powietrzu. Jasna



posypka i bardzo wysoki współczynnik odbicia promieniowania słonecznego rozszerzają obszar zastosowania do użycia pod urządzenia oraz w obszarach zimnych dachów Cool-Roof. Minimalne nachylenie dachu 2%. Wymiary: 1000×5000 mm (szer.×długość), grubość 5,2 mm. Reakcja na ogień: klasa E wg EN 13501-1.

# BAUDER

tworzymy bezpieczne dachy

Bauder Polska Sp. z o.o.  
ul. Kutrzeby 16 G, 61-719 Poznań  
tel.: 61 885 79 00  
info@bauder.pl, www.bauder.pl  
www.plaskidachnawigator.pl

## System EPDM AlphaThor



fot.: Alpha Dam

### Opis produktu

Solidna i stabilna trójwarstwowa membrana wodochronna na bazie kauczuku syntetycznego, zbrojona włóknem szklanym, do hydroizolacji dachów płaskich, tarasów i balkonów. Mocowana mechanicznie lub na klej do praktycznie każdego rodzaju podłoża. Wewnętrzna warstwa z włókna szklanego nadaje membranie unikalną wytrzymałość na zerwanie i stabilność wymiarową nawet w ekstremalnych warunkach pogodowych.

AlphaThor można łatwo łączyć, zgrzewając pasy membrany gorącym powietrzem, co zapewnia wodoszczelną i bezpieczną hydroizolację.

### Cechy szczególne

- » Jednorodny neutralny skład użytego surowca EPDM nie wchodzi w reakcje z innymi materiałami budowlanymi. Brak przeszkód w projektowaniu i uwarstwianiu dachu i konieczności stosowania dodatkowych przekładek dla oddzielenia warstw pokrycia.
- » Nieograniczona wodoszczelność daje możliwość projektowania dachów z min. spadkiem – 1,5%, wystarczającym, aby odprowadzić wodę do odpowiednich punktów zrzutowych.

- » Niezwykła odporność na promieniowanie UV sprawia, że nie ma konieczności stałej konserwacji dachu.
- » Jest produktem bezpiecznym – nierozprzestrzeniający ognia; spełnia klasyfikację ognioową NRO.
- » Lepiej przenosi naprężenia pomiędzy szczelinami, więc jest skuteczniejsza od tradycyjnych hydroizolacji z pap.
- » Ma zastosowanie w dachach zielonych.
- » Możliwość układania na wilgotnych powierzchniach.
- » Zastosowanie do pokryć nowych i renowacji starych – wykonanych z pap czy folii PVC.

# alphadam

Alpha Dam sp. z o.o.  
87-207 Dębowa Łąka 45  
info@alphadam.com, www.alphadam.com



fot.: Alpha Dam



fot.: Alpha Dam



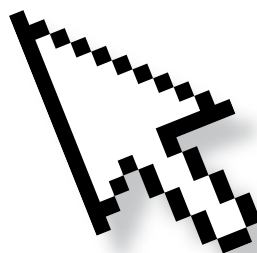
fot.: Alpha Dam



PROMOCJA

# IZOLACJE.com.pl

budownictwo | przemysł | ekologia



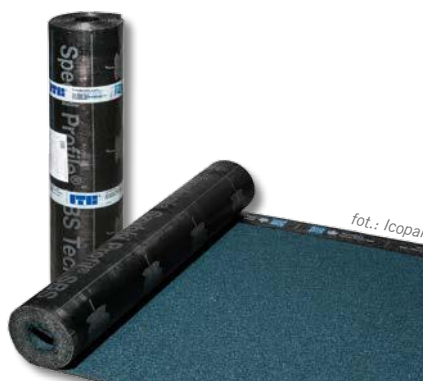
## POLBIT EXTRA Top 5,6 Szybki Profil SBS

### Opis produktu

Papa zgrzewalna wierzchniego krycia do jedno- i wielowarstwowych wodochronnych pokryć dachowych, z gwarancją jakości 25 lat, na osnowie ze stabilizowanej włókniny poliestrowej o gramaturze 300 g/m<sup>2</sup> z obustronną powłoką z masy asfaltowej: z asfaltu modyfikowanego SBS z wypełniaczem mineralnym. Strona wierzchnia pokryta jest gruboziarnistą posypką mineralną oraz wzdłuż jednej krawędzi nałożony jest pasek folii o szerokości ok. 80 mm, strona spodnia jest profilowana i zabezpieczona folią z tworzywa sztucznego. Papa produkowana jest według technologii „SZYBKİ PROFIL”.

### Cechy szczególne

Wymiary: 1000×5000 mm (szerokość×długość), grubość: min. 5,6 mm (5,6–6,0 mm).



fot.: Icopal

Reakcja na ogień: klasa E według DIN EN 13501-1. Wodoszczelna przy ciśnieniu do 400 kPa. Wytrzymałość złączy na ścinanie

wzdłuż/w poprzek: 900/1200 N/5 cm. Maksymalna siła rozciągająca wzdłuż/w poprzek: min. 1100/900 N/50 mm, wydłużenie przy rozciąganiu wzdłuż/w poprzek: 55/60%. Papa z grupy FLAGOWYCH PAP ICOPAL podlegająca comiesięcznej kontroli jakości przez Instytut Techniki Budowlanej.



BMI Icopal Sp. z o.o.  
ul. Łaska 169/197, 98-220 Zduńska Wola  
[www.icopal.pl](http://www.icopal.pl), [www.flagowepapy.icopal.pl](http://www.flagowepapy.icopal.pl)

## EXTRADACH Top 5,2 Szybki Profil SBS

### Opis produktu

Papa zgrzewalna wierzchniego krycia do jedno- i wielowarstwowych wodochronnych pokryć dachowych, z gwarancją jakości 15 lat, na osnowie z włókniny poliestrowej o gramaturze 250 g/m<sup>2</sup> z obustronną powłoką z masy asfaltowej: z asfaltu modyfikowanego SBS z wypełniaczem mineralnym. Strona wierzchnia pokryta jest gruboziarnistą posypką mineralną oraz wzdłuż jednej krawędzi nałożony jest pasek folii o szerokości ok. 80 mm, strona spodnia jest profilowana i zabezpieczona folią z tworzywa sztucznego. Papa produkowana jest według technologii „SZYBKİ PROFIL”.

### Cechy szczególne

Wymiary: 1000×5000 mm (szerokość×długość), grubość: min. 5,2 mm (5,2–5,6 mm).



fot.: Icopal

Reakcja na ogień: klasa E według DIN EN 13501-1. Wodoszczelna przy ciśnieniu do 400 kPa. Wytrzymałość złączy na ścinanie

wzdłuż/w poprzek: 800/1000 N/5 cm. Maksymalna siła rozciągająca wzdłuż/w poprzek: min. 950/750 N/50 mm, wydłużenie przy rozciąganiu wzdłuż/w poprzek: 50/50%. Papa z grupy FLAGOWYCH PAP ICOPAL podlegająca comiesięcznej kontroli jakości przez Instytut Techniki Budowlanej.



BMI Icopal Sp. z o.o.  
ul. Łaska 169/197, 98-220 Zduńska Wola  
[www.icopal.pl](http://www.icopal.pl), [www.flagowepapy.icopal.pl](http://www.flagowepapy.icopal.pl)

## EXTRA WENTYLACJA Top 5,2 Szybki Syntan SBS

### Opis produktu

Papa aktywowana termicznie wierzchniego krycia do jednowarstwowych pokryć dachowych z systemem wentylacji zawilgoczonego podłoża, z gwarancją 27 lat, na osnowie z włókniny poliestrowej o gramaturze 250 g/m<sup>2</sup>, wzmocnionej i stabilizowanej siatką szklaną, z obustronną powłoką z masy asfaltowej: z asfaltu modyfikowanego SBS z wypełniaczem mineralnym. Strona wierzchnia pokryta jest gruboziarnistą posypką mineralną oraz wzdłuż jednej krawędzi nałożony jest pasek folii o szerokości ok. 80 mm, strona spodnia pokryta jest czerwoną powłoką akrylową (SYNTAN) na którą nałożone są wzdłużne profilowane pasma klejowe z masy asfaltowej modyfikowanej SBS i żywicami, zabezpieczone folią z tworzywa sztucznego. Papa produkowana jest według technologii „SZYBKİ SYNTAN SBS”.



fot.: Icopal

### Cechy szczególne

Przeznaczona do wykonywania warstwy wierzchniej w nowych lub podlegających renowacji wodochronnych pokryciach dachowych, w systemie jednowarstwowym. Wymiary: 1000×5000 mm (szerokość×długość), grubość: min. 5,2 mm (5,2–5,6 mm). Reakcja na ogień: klasa E według DIN EN

13501-1. Wytrzymałość złączy na ścinanie wzdłuż/w poprzek: 800/1000 N/5cm. Maksymalna siła rozciągająca wzdłuż/w poprzek: min. 1000/800 N/50 mm, wydłużenie przy rozciąganiu wzdłuż/w poprzek: 50/50%. Papa z grupy FLAGOWYCH PAP ICOPAL podlegająca comiesięcznej kontroli jakości przez Instytut Techniki Budowlanej.



BMI Icopal Sp. z o.o.  
ul. Łaska 169/197, 98-220 Zduńska Wola  
[www.icopal.pl](http://www.icopal.pl), [www.flagowepapy.icopal.pl](http://www.flagowepapy.icopal.pl)

## POLBIT BAZA 5,0 Szybki Profil SBS

### Opis produktu

Papa zgrzewalna podkładowa o grubości 5,0 mm, z gwarancją jakości 18 lat, na osnowie z włókniny poliestrowej o gramaturze 250 g/m<sup>2</sup> z obustronną powłoką z masy asfaltowej: z asfaltu modyfikowanego SBS z wypełniaczem mineralnym. Strona wierzchnia pokryta jest cienką włókniną polipropylenową oraz wzdłuż jednej krawędzi nałożony jest pasek folii o szerokości ok. 80 mm, strona spodnia jest profilowana i zabezpieczona folią z tworzywa sztucznego. Papa produkowana jest według technologii „SZYBKI PROFIL”.

### Cechy szczególne

Przeznaczona do wykonywania warstwy podkładowej w wielowarstwowych wodochronnych pokryciach dachowych. Wymiary: 1000×5000 mm (szerokość×długość), grubość: min. 5,0 mm (5,0–5,4 mm). Reakcja na ogień: klasa E według DIN EN 13501-1. Wodoszczelność

foto: icopal



przy ciśnieniu do 200 kPa. Maksymalna siła rozciągająca wzdłuż/w poprzek: min. 950/750 N/50 mm, wydłużenie przy rozciąganiu wzdłuż/w poprzek: 50/50%. Papa z grupy FLAGOWYCH PAP ICOPAL podlegająca comiesięcznej kontroli jakości przez Instytut Techniki Budowlanej.



BMI Icopal Sp. z o.o.  
ul. Łaska 169/197, 98-220 Zduńska Wola  
[www.icopal.pl](http://www.icopal.pl), [www.flagowepapy.icopal.pl](http://www.flagowepapy.icopal.pl)



## EXTRADACH BAZA 4,0 Szybki Profil SBS

### Opis produktu

Papa zgrzewalna podkładowa o grubości 4,0 mm, z gwarancją jakości 12 lat. Papa na osnowie z włókniny poliestrowej o gramaturze 250 g/m<sup>2</sup> z obustronną powłoką z masy asfaltowej: z asfaltu modyfikowanego SBS z wypełniaczem mineralnym. Strona wierzchnia pokryta jest cienką włókniną polipropylenową oraz wzdłuż jednej krawędzi nałożony jest pasek folii o szerokości ok. 80 mm, strona spodnia jest profilowana i zabezpieczona folią z tworzywa sztucznego. Papa produkowana jest według technologii „SZYBKI PROFIL”.

### Cechy szczególne

Przeznaczona do wykonywania warstwy podkładowej w wielowarstwowych wodochronnych pokryciach dachowych. Wymiary: 1000×7500 mm (szerokość×długość), grubość: min. 4,0 mm (4,0–4,4 mm). Reakcja na ogień: klasa E według DIN EN 13501-1, B2 według DIN 4102-1. Wodoszczelność

foto: icopal



przy ciśnieniu do 200 kPa. Maksymalna siła rozciągająca wzdłuż/w poprzek: min. 950/750 N/50 mm, wydłużenie przy rozciąganiu wzdłuż/w poprzek: 50/50%. Papa z grupy FLAGOWYCH PAP ICOPAL podlegająca comiesięcznej kontroli jakości przez Instytut Techniki Budowlanej.



BMI Icopal Sp. z o.o.  
ul. Łaska 169/197, 98-220 Zduńska Wola  
[www.icopal.pl](http://www.icopal.pl), [www.flagowepapy.icopal.pl](http://www.flagowepapy.icopal.pl)

## WENTYLACJA BAZA 3,0 Szybki Syntan SBS

### Opis produktu

Papa aktywowana termicznie, podkładowa z systemem wentylacji zawilgoconego podłoża z gwarancją od 25 do 40 w zależności od układu hydroizolacyjnego z papą wierzchniego krycia. Papa na osnowie z włókniny poliestrowej o gramaturze 145 g/m<sup>2</sup> wzmocnionej i stabilizowanej siatką szklaną, z obustronną powłoką z masy asfaltowej: z asfaltu modyfikowanego SBS z wypełniaczem mineralnym. Strona wierzchnia pokryta jest cienką włókniną polipropylenową oraz wzdłuż jednej krawędzi nałożony jest pasek folii o szerokości ok. 80 mm, strona spodnia pokryta jest czerwoną powłoką akrylową (SYNTAN), na którą nałożone są wzdłużne profilowane pasma klejowe z masy asfaltowej modyfikowanej SBS i żywicami, zabezpieczone folią z tworzywa sztucznego. Papa produkowana jest według technologii „SZYBKI SYNTAN SBS”.

foto: icopal



### Cechy szczególne

Przeznaczona do wykonywania warstwy podkładowej w wielowarstwowych wodochronnych pokryciach dachowych. Wymiary: 1000×10000 mm (szerokość×długość), grubość: min. 3,0 mm (3,0–3,4 mm). Reakcja na ogień: klasa E według DIN EN 13501-1.

Wodoszczelność przy ciśnieniu do 100 kPa. Maksymalna siła rozciągająca wzdłuż/w poprzek: min. 550/300 N/50 mm, wydłużenie przy rozciąganiu wzdłuż/w poprzek: 20/30%. Papa z grupy FLAGOWYCH PAP ICOPAL podlegająca comiesięcznej kontroli jakości przez Instytut Techniki Budowlanej.



BMI Icopal Sp. z o.o.  
ul. Łaska 169/197, 98-220 Zduńska Wola  
[www.icopal.pl](http://www.icopal.pl), [www.flagowepapy.icopal.pl](http://www.flagowepapy.icopal.pl)

PRZEGLĄD MATERIAŁÓW I TECHNOLOGII DO WYKONYWANIA DACHÓW PŁASKICH

## Powerdeck F



fol.: Recticel Izolacje

lub zimnym bitumem lub klejem poliuretanowym. Termoizolacja dachów płaskich w konstrukcji dachu ciepłego.

### Cechy szczególne

Jest kompatybilna z wieloma systemami hydroizolacji, dzięki wysokiej wytrzymałości na ściskanie i doskonałej stabilności wymiarowej. Płyta może być stosowana w systemach mocowanych mechanicznie i klejonych, w odpowiednich układach

zakres grubości 30–160 mm. Klasa ogniowa Euroclass E ( $\geq 40$  mm), Euroclass F ( $< 40$  mm), B-s2-d0 ( $\geq 40$  mm w układzie). Krawędzie proste.

### Opis produktu

Płyta obustronnie pokryta okładziną z modyfikowanego włókna szklanego. Stosowana jako termoizolacja dachów płaskich, pokrytych membraną wodoodporną przyklejoną ciepłym

z membranami bitumicznymi i syntetycznymi. Współczynnik przewodzenia ciepła:  $\lambda_d = 0,026$  W/(m·K). Materiał ma niską wagę i jest prosty w montażu. Wymiary: długość 600, 1000, 2500 mm, szerokość 1200 mm,

FEEL  
GOOD  
INSIDE

**RECTICEL**  
insulation

Recticel Izolacje  
biuro handlowe  
ul. Cisowa 4, Niepruszewo, 64-320 Buk  
tel. 61 815 10 08  
sekretariat.pl@recticel.com  
www.recticelizolacje.pl

## Eurothane Bi-4 – taras, dach płaski



fol.: Recticel Izolacje

od freonów (CFC), z dwóch stron pokryta bitumizowanym włóknem szklanym, przeznaczona do izolacji dachów płaskich i tarasów pod hydroizolacyjne membrany bitumiczne. Wymiary: 1200×600 mm, grubość: 30–140 mm.

### Cechy szczególne

Rodzaj rdzenia: poliuretan typu TAUfoam by Recticel, okładzina: bitumizowane włókno szklane w ilości 400g/m<sup>2</sup>.

Płyta dostępna w wersji ze spadkiem 1,25% lub 1,67%. Montaż: na podłożu betonowym.

FEEL  
GOOD  
INSIDE

**RECTICEL**  
insulation

Recticel Izolacje  
biuro handlowe  
ul. Cisowa 4, Niepruszewo, 64-320 Buk  
tel. 61 815 10 08  
sekretariat.pl@recticel.com  
www.recticelizolacje.pl

### Opis produktu

Twarda poliuretanowa płyta termoizolacyjna typu TAUfoam by Recticel w 100% wolna

Waga: ok. 30 kg/m<sup>3</sup>. Współczynnik przewodzenia ciepła  $\lambda_d = 0,026$  W/(m·K). Wytrzymałość na ściskanie min. 150 kPa.

## Eurothane Silver



fol.: Recticel Izolacje

typu TAUfoam by Recticel. Produkt do termoizolacji dachów płaskich na blasze trapezowej w układach z pokryciami dachowymi bitumicznymi, PVC, TPO, FPO, EPDM mocowanymi mechanicznie.

### Cechy charakterystyczne

Wymiary (dł.×szer.): 600×1200 mm oraz 2500×1200 mm. Grubość: 30–150 mm. Współczynnik przewodzenia ciepła

min. 150 kPa, co ma znaczenie przy obciążeniu śniegiem oraz pracach konserwatorskich na dachu. Odporność na wysokie i niskie temperatury. Klasa ogniowa: Euroklasa Bs-2,d0 w układzie na blasze trapezowej. Produkt posiada europejski znak jakości KEYMARK.

FEEL  
GOOD  
INSIDE

**RECTICEL**  
insulation

Recticel Izolacje  
biuro handlowe  
ul. Cisowa 4, Niepruszewo, 64-320 Buk  
tel. 61 815 10 08  
sekretariat.pl@recticel.com  
www.recticelizolacje.pl

### Opis produktu

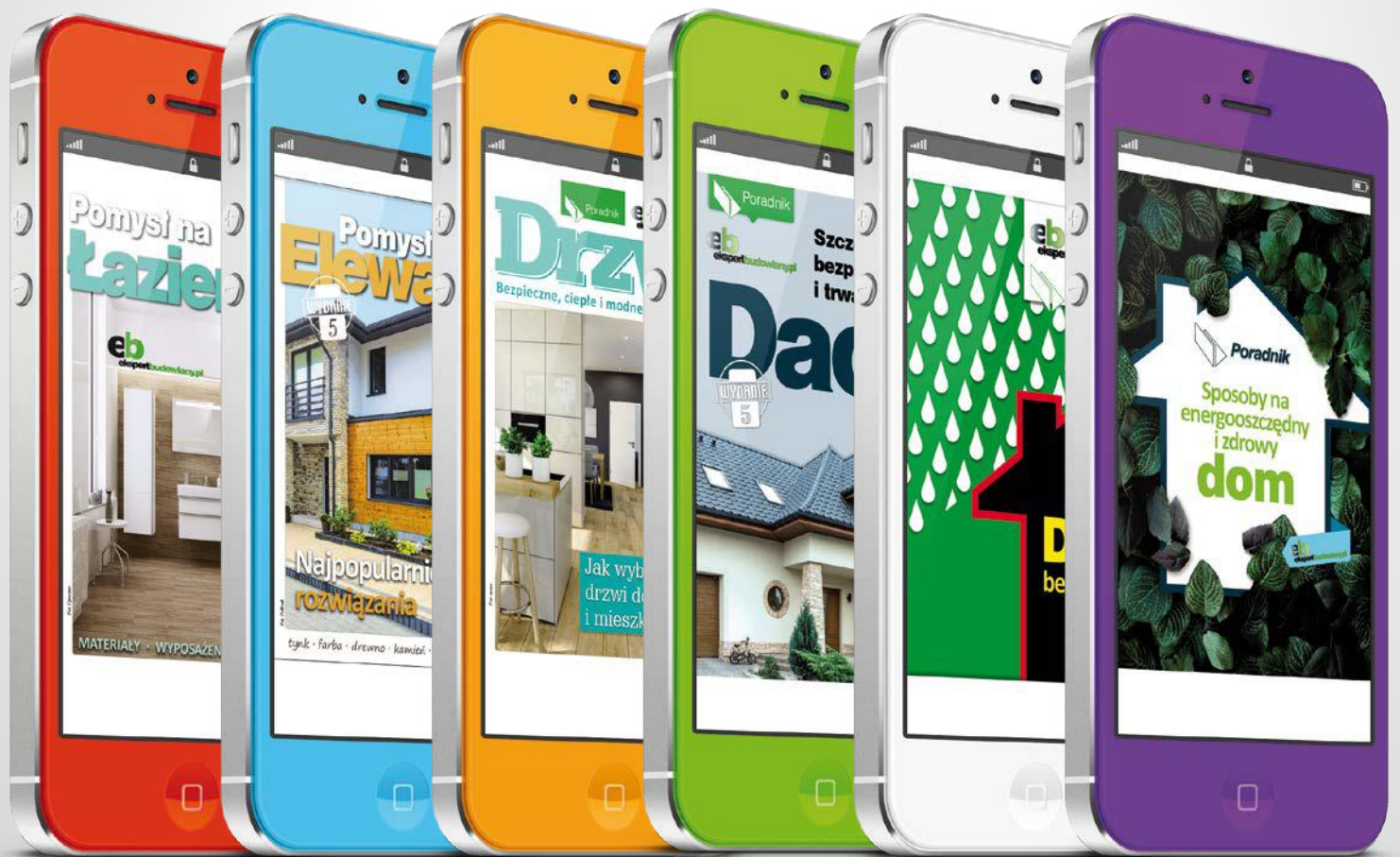
Twarda poliizocjanurowa płyta termoizolacyjna pokryta wielowarstwowym laminatem aluminiowym, odpornym na przenikanie gazów. Specjalna formuła pianki PIR

$\lambda_d = 0,022$  W/(m·K), już 12 cm grubości płyty zapewnią osiągnięcie współczynnika  $U = 0,18$  W/(m<sup>2</sup>·K). Niezmiennie własności termoizolacyjne podczas całego okresu użytkowania dachu. Duża wytrzymałość na ściskanie:

DO ŚCIAĞNIĘCIA

# bezpłatne e-booki

NOWE WYDANIA PORADNIKÓW



wejdź na

**eb**  
ekspertbudowlany.pl

# IZOLACJE

budownictwo | przemysł | ekologia

## PROMOCJA PRENUMERATY!



### FORMULARZ ZAMÓWIENIA

Zamawiam prenumeratę  
od numeru:

Zaznacz  
wybraną  
opcję:

dwuletnia – 224 zł

roczna – 124 zł

półroczna – 75 zł

edukacyjna – 75 zł

próbna – bezpłatna

Nazwa firmy/Imię i nazwisko

Ulica i numer

Kod pocztowy

Miejscowość

Rodzaj działalności

NIP

Telefon kontaktowy

E-mail

Wyrażam zgodę na przetwarzanie moich danych osobowych w celach marketingowych przez GRUPĘ MEDIUM oraz inne podmioty współpracujące z Wydawnictwem z siedzibą w Warszawie przy ul. Karłowickiej 18. Wiem, że zgodnie z ustawą z dnia 29 sierpnia 1997 r. (DzU nr 101/2002, poz. 926 ze zm.) przysługuję mi prawo wglądu do swoich danych, aktualizowania i poprawiania ich, a także wniesienia umotywowanego sprzeciwu wobec ich przetwarzania. Podanie danych ma charakter dobrowolny.

Data i podpis

Wiem, że składając zamówienie, wyrażam zgodę na przetwarzanie wyżej wpisanych danych osobowych w systemie zamówień GRUPY MEDIUM w zakresie niezbędnym do realizacji powyższego zamówienia. Zgodnie z Ustawą o ochronie danych osobowych z dnia 29 sierpnia 1997 r. (DzU nr 101/2002, poz. 926 ze zm.) przysługuję mi prawo wglądu do swoich danych, aktualizowania ich i poprawiania. Upoważniam GRUPĘ MEDIUM do wystawienia faktury VAT bez podpisu odbiorcy.

Data i podpis



## PRENUMERATA

- półroczna **75 zł**
- edukacyjna **75 zł**
- roczna **124 zł**
- dwuletnia **224 zł**



**ZAMÓW  
BEZPŁATNĄ  
PRENUMERATĘ  
PRÓBNĄ  
(KOLEJNE TRZY  
NUMERY)!**



## PROMOCJA!

Zamów Kompendium Architekta 2021\* w promocyjnej cenie:

- **20 zł** dla aktualnych prenumeratorów
- **30 zł** dla nowych prenumeratorów przy zamówieniu dowolnej płatnej prenumeraty miesięcznika „IZOLACJE”

\*Wysyłka Kompendium Architekta 2021 będzie realizowana w grudniu 2020 r.



**ZAMÓW  
TELEFONICZNIE:**

**22 512 60 51**



**MAILOWO:**

**EREDA@MEDIUM.MEDIA.PL**





- [A] 118 Alpha Dam
- 118 Aquapol Polska CPV
- 118 Austrotherm
- [C] 118 Cemex Polska
- [D] 118 Dryvit Systems USA
- [F] 118 Fakro
- 118 Forbuild
- [G] 118 Griltex Polska
- [I] 118 Izohan
- [K] 118 Kerakoll
- 118 K-FLEX
- 119 Knauf
- 119 Knauf Industries
- 119 Knauf Insulation
- 119 Koelner
- 119 Kollektiv
- 119 Korff Isolmatic
- [M] 119 Metalpur
- [N] 119 Natural Chemical Products
- 119 NMC Polska
- 119 Nordiska Ekofiber Polska
- [P] 119 PCC Prodex
- 119 Promat TOP
- [R] 120 Regupol Polska
- 119 Remmers
- 120 Rockwool Polska
- 120 Röben Polska
- 120 Ruukki Polska
- [S] 120 Saint-Gobain Construction Products Polska
  - marka ISOVER
  - marka Leca®
  - marka Weber
- 120 Sieć Badawcza Łukasiewicz – Instytut Mechanizacji Budownictwa i Górnictwa Skalnego
- 121 Schomburg Polska
- 120 Secco
- 121 SIG
- 121 Siniat
- 121 Steinbacher Izoterm
- 121 Sto
- 121 Styropmin
- [T] 121 Termex
- 121 Torggler Polska
- [U] 121 Ursa Polska

## alphadam

materiały wodochronne i przeciwwilgociowe do izolacji fundamentów, ścian i dachów

www.alphadam.com

✉ info@alphadam.com

tel.: 56 646 20 07

Dębowa Łąka

### AQUAPOL POLSKA CPV

Generalny przedstawiciel w Polsce bezinwazyjne osuszanie murów

www.aquapol.pl

✉ aquapol@aquapol.pl

tel./faks: 74 664 71 30/31

Świebodzice



### DRYVIT SYSTEMS USA (EUROPE)

systemy ociepleń na styropianie i wełnie mineralnej, zaprawy, tynki, farby

www.dryvit.pl

✉ beata.radacka@dryvit.pl

tel.: 506 000 509

Warszawa

### FAKRO

okna dachowe

www.fakro.pl

✉ fakro@fakro.pl

tel.: 18 444 04 44

Nowy Sącz



### FORBUILD S.A.

systemy zbrojenia betonu, łączniki balkonowe, systemy uszczelniające, profile dylatacyjne, systemy zabezpieczeń BHP

www.forbuild.eu

✉ forbuild@forbuild.eu

tel.: 41 375 13 47

Końskie

### GRILTEX Polska



Folie i geosyntetyki

Uszczelnienia geomembranami

www.griltex.pl

✉ biuro@griltex.pl

tel.: 61 655 37 51

Złotkowo k. Poznania



CEMEX jest jednym z wiodących, globalnych producentów i sprzedawców cementu, betonu towarowego i kruszyw. Globalna skala działania oraz dobra znajomość lokalnych rynków sprawia, że od ponad 110 lat CEMEX dostarcza wysokiej klasy rozwiązania budowlane w ponad 50 krajach na całym świecie. Dąży do innowacyjnych rozwiązań branżowych i promuje zrównoważoną przyszłość.

### CEMEX Polska Sp. z o.o.

ul. Krakowiaków 46

02-255 Warszawa

Centrum Obsługi klienta: 801 238 669

e-mail: beton@e-cemex.pl

www.cemex.pl

REKLAMA



### IZOHAN

systemowe rozwiązania w zakresie hydroizolacji i renowacji: fundamentów, tarasów i balkonów, dachów, pomieszczeń mokrych, basenów, zbiorników na wodę i nieczystości, posadzek oraz szeroka gama produktów znajdujących zastosowanie w budownictwie inżynierskim, drogowym i przemysłowym

www.izohan.eu

✉ info@izohan.eu

tel.: 58 781 45 85

### KERAKOLL

środki do przygotowania podłoży, materiały wykończeniowe, zaprawy, spoiny, materiały uszczelniające, hydroizolacje

www.kerakoll.com

✉ kerakollpolska@kerakoll.com

tel.: 42 225 17 00

Rzgów



izolacje techniczne z kauczuku syntetycznego do: chłodnictwa, klimatyzacji, wentylacji, ogrzewnictwa, instalacji sanitarnych, przemysłowych, chemicznych, instalacji gazów technicznych, materiały do walki z hałasem i innych wszechstronnych zastosowań akustycznych oraz zabezpieczenia przeciwpożarowe

www.kflex.com

✉ kontakt@kflex.com

tel.: 63 288 02 00

Gdynia



### Austrotherm Sp. z o.o.

ul. Chemików 1, 32-600 Oświęcim

tel.: 33 844 70 33-36

fax: 33 844 70 52

www.austrotherm.pl

materiały termoizolacyjne ze styropianu i polistyrenu ekstrudowanego oraz sztukateria elewacyjna

REKLAMA

# KNAUF INDUSTRIES

**KNAUF Industries Polska Sp. z o.o.**

ul. Styropianowa 1  
96-320 Mszczonów, Adamowice  
tel.: +48 46 857 06 17  
faks: +48 46 857 06 11  
info@knauf-industries.com  
www.styropianknauf.pl

Styropian fasadowy, styropian dach/podłoga, płyty do ogrzewania podłogowego, izolacja fundamentów, izolacja garaży i parkingów

REKLAMA

# KNAUF INSULATION

**Knauf Insulation Sp. z o.o.**

ul. 17 Stycznia 56  
02-146 Warszawa  
tel.: +48 22 369 59 00  
faks: +48 22 369 59 10  
e-mail: biuro@knaufinsulation.com  
www.knaufinsulation.pl

Produkty z wełny szklanej i wełny kamiennej

REKLAMA



**IZOLACJA AKUSTYCZNA**  
**WIBROIZOLACJA**  
**IZOLACJA TERMICZNA**

Dostarczamy kompletne rozwiązania systemowe do izolacji akustycznej, termicznej oraz wibroizolacji. Gama produktów obejmuje m.in. rozwiązania do izolacji ścian, podłóg i stropów; materiały do izolacji termicznej kanałów wentylacyjnych, rur instalacji solarnych, maszyn. Nasze wieloletnie doświadczenie wsparte wiedzą i doświadczeniem naszych partnerów pozwala nam proponować rozwiązania do każdego projektu.

**KONTAKT**

KOLLEKTIV MARCIN PRZYBYŁ  
ul. Smolna 13b/49  
61-008 Poznań

**KONTAKT**

T: 513 819 140  
E: office@kollektiv.tech  
I: www.kollektiv.tech



**KOLLEKTIV**  
IZOLACJA AKUSTYCZNA I TERMICZNA

REKLAMA

**KNAUF**

systemy suchej zabudowy, tynki gipsowe, masy szpachlowe, wylewki

www.knauf.pl

✉ biuro@knauf.pl

tel.: 22 572 51 00

**Warszawa**

**KOELNER**

systemy zamocowań

www.koelner.com.pl

tel.: 71 326 01 00

**Wrocław**



## SYSTEMY POLIURETANOWE

m.in. do przemysłu:

- budowlanego
  - termoizolacyjnego
  - motoryzacyjnego
  - górniczego
- oraz sportu i rekreacji

**PCC**  
Prodex

**PCC Prodex Sp. z o.o.**

ul. Sienkiewicza 4 | 56-120 Brzeg Dolny  
tel.: 71 794 34 10 | prodex@pcc.eu

www.pcc-prodex.eu

REKLAMA

ponad 200 firm

z branży izolacyjnej

informacji szukaj w Katalogu firm na:

**IZOLACJE.com.pl**

PROMOCJA

**KORFF ISOLMATIC**

obejmy zimnochronne do zastosowania w chłodnictwie przemysłowym oraz klimatyzacji. Izolacje techniczne rurociągów, urządzeń, półprodukty, rozwiązania nietypowe z szerokiej gamy materiałów izolacyjnych. Izolacje ze szkła spienionego, izolacja pomieszczeń od wewnątrz – Superwand, realizacja projektów powierzonych

www.korff.pl

tel. 71 390 90 99

**Wojnarowice**

**METALPUR**

termoizolacje, hydroizolacje: poliuretan

www.metalpur.com.pl

tel.: 52 374 87 33

**Bydgoszcz**

**NATURAL CHEMICAL PRODUCTS**

chemia budowlana, pianka polietylenowa

www.ncp.com.pl

tel.: 52 345 06 03

**Bydgoszcz**

we will succeed together

**NMC POLSKA**



izolacje techniczne na bazie polietylenu do zastosowań sanitarno-grzewczych oraz z kauczuku syntetycznego do zastosowań w systemach wentylacji i klimatyzacji, izolacje z kauczuku syntetycznego EPDM do systemów solarnych

www.nmcinsulation.eu

✉ biuro@nmc.pl

tel.: 32 373 24 40

**Zabrze**

**NORDISKA EKOFIBER POLSKA**

termoizolacje

www.ekofiber.com.pl

✉ office@ekofiber.com.pl

tel.: 41 331 28 16

**Kielce**

# Promat

**PROMAT TOP**

producent innowacyjnych, przemysłowych izolacji termicznych, w tym wysokotemperaturowych, ogniotrwałych, akustycznych, tłumiących drgania, chroniących przed skutkami wybuchu i zabezpieczeń przeciwpożarowych. Rozwiązania i systemy dla branż: AGD, OEM, petrochemicznej, energetycznej, przemysłu ciężkiego, stalowniczego i metali kolorowych, stoczniowego, transportowego

www.promat-hpi.com/pl-pl

www.promattop.pl

✉ hpi@promattop.pl

✉ kp@promattop.pl

tel.: 22 212 22 99

**Warszawa**

# remmers

**REMMERS**

ochrona budowli: uszczelnianie i renowacja, systemy tynków mineralnych, systemy powłok barwnych, ochrona i renowacja elewacji, naprawa betonu, posadzki żywiczne, produkty do układania płytek, masy i taśmy dylatacyjne, systemy termoizolacji wewnętrznej i renowacji antypleśniowej

www.remmers.pl

✉ marketing@remmers.pl

tel.: 61 816 81 00

**Tarnowo Podgórze**

**ROCKWOOL POLSKA**

materiały izolacyjne z wełny mineralnej

www.rockwool.pl

✉ rockwool@rockwool.pl

tel.: 68 385 02 50

**Cigacice**

JAK SKUTECZNIE  
WYTLUMIĆ STROP /  
PODŁOGĘ?  
MOŻLIWE? RAZEM.



Kto w budownictwie stawia na najwyższe standardy odnajdzie w **REGUPOL**u najlepszego partnera. Od 65 lat REGUPOL jest wyborem ekspertów branży. Na całym świecie.

biuro@regupol.pl  
www.regupol.com

REKLAMA

# Roben

Ceramika budowlana:

- **na dach:** bogata oferta dachówek w kilkudziesięciu kolorach, formatach i różnych kształtach
- **na elewacje:** cegły i płytki klinkierowe w bogatym wyborze barw, struktur i formatów
- **wokół domu:** systemy schodowe, klinkierowe materiały na ogrodzenia, tarasy, ścieżki i podjazdy

www.roben.pl, biuro@roben.pl  
Środa Śląska

REKLAMA

# RUUKKI

Building your tomorrow.

**RUUKKI POLSKA**

systemy lekkiej obudowy dla budownictwa przemysłowego i komercyjnego, płyty warstwowe, systemy elewacyjne, systemy pokryć dachowych, profile dachówkowe, trapezowe i faliste, metalowe systemy rynnowe, profile zimnogięte

www.ruukki.pl  
tel.: +48 61 29 68 300  
✉ komponentybudowlane@ruukki.com

Oborniki/Żyrardów

SAINT-GOBAIN CONSTRUCTION  
PRODUCTS POLSKA

# ISOVER

SAINT-GOBAIN

marka ISOVER

produkty do izolacji termicznej i akustycznej z niepalnej wełny mineralnej szklanej i skalnej do zastosowania w budownictwie i przemyśle, folie i akcesoria

Biuro Doradztwa Technicznego Isover  
tel.: 800 163 121 (bezpłatna infolinia)  
✉ konsultanci.isovert@saint-gobain.com  
www.isovert.pl

# Leca

marka Leca®

keramzyt do zastosowań w izolacjach cieplnych, akustycznych i radiestezyjnych; w wypełnieniach stropów, drenażach, geotechnice, ogrodnictwie, rolnictwie, ochronie środowiska; do produkcji pustaków i bloczków, do lekkich betonów i zapraw ciepłochronnych

www.leca.pl, www.lecadom.pl  
✉ leca@leca.pl  
tel.: 58 772 24 10-11  
faks: 58 772 24 19

# weber

SAINT-GOBAIN

marka Weber

kompleksowe systemy ociepleniowe **weber.therm**: tynki hydrofilowe, silikonowe, silikatowe i mineralne, tynki dekoracyjne, farby elewacyjne, kleje i akcesoria; systemy podłogowe **weberfloor**: masy samopoziomujące i jastrychy, produkty do układania posadzek przemysłowych i renowacji podłoży; hydroizolacje, zaprawy techniczne i uszczelnianie obiektów budowlanych, system płynnych membran **weber.dry PUR SYSTEM**; renowacje murów; naprawa i ochrona betonu; produkty do układania płytek i izolacje podpłytkowe; żywice; zaprawy budowlane.

www.pl.weber  
infolinia: 801 62 00 00  
✉ kontakt.weber@saint-gobain.com  
Serwis **weberexpress**. Dostarczamy na budowę w 24 godziny!

Warszawa

**SIĘĆ BADAWCZA ŁUKASIEWICZ  
– INSTYTUT MECHANIZACJI  
BUDOWNICTWA I GÓRNICTWA  
SKALNEGO**

materiały termoizolacyjne i hydroizolacyjne: badania laboratoryjne, krajowe i europejskie oceny techniczne i certyfikaty

www.imbigs.pl  
✉ izolacja@imbigs.pl  
tel.: 32 258 13 73

oddział w Katowicach

# SECCO®

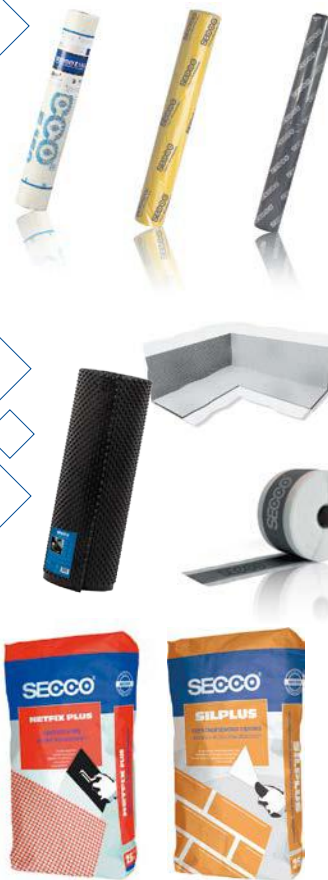
Wilgoci nie przepuści

SECCO to specjalistyczna gama produktów przeznaczonych do różnego typu prac budowlanych zarówno remontowych jak i wykończeniowych.

Na każdym etapie prac SECCO oferuje szeroki wachlarz produktów z zakresu chemii budowlanej, dający wiele rozwiązań systemowych skierowanych zarówno do inwestorów, projektantów, jak i wykonawców na każdym etapie realizowania inwestycji.

Specjaliści poszukujący wysokiej klasy rozwiązań technicznych przy zachowaniu korzystnej ceny znajdują w ofercie marki szereg sprawdzonych i optymalnych ekonomicznie rozwiązań izolacji wodoszczelnych oraz ochrony obiektów budowlanych przed wilgocią, nawet w przypadku bardzo rygorystycznych wymagań.

Produkty marki SECCO to wysoka i stabilna jakość ujęta w gotowych i łatwych do użycia formułach. Wszystkie oferowane produkty, począwszy od siatek z włókna szklanego, poprzez folie w płynie, taśmy elastyczne, kleje i zaprawy, folie z polietylenu i izolacyjne, a na matach termoizolacyjnych skończywszy, zostały dopuszczone do obrotu i stosowania w budownictwie, co potwierdzają stosowne certyfikaty i atesty.



CB S.A.  
ul. Ozimska 2a  
46-053 Chrzastowice  
tel. 77 400 50 40, 77 400 50 41  
faks: 77 400 50 45  
www.secco.pl | www.cb.com.pl

REKLAMA

## SCHOMBURG

Niezawodne rozwiązania.

uszczelnienia budowlane i renowacyjne budownictwa, klejenie okładzin ceramicznych i z kamienia naturalnego/jastrychy, budownictwo inżynieryjne, ochrona powierzchni, dodatki i domieszki do betonu

Schomburg Polska Sp. z o.o.,  
ul. Skłęczkowska 18a  
99-300 Kutno  
biuro@schomburg.pl  
www.schomburg.pl

REKLAMA



**Wetna Celulozowa**  
izolacje na każdą porę roku

**Domowe ciepło**  
Bezspoinowe izolacje  
Zdrowy klimat



Infolinia 790 223 000  
www.termex-fiber.pl

REKLAMA



» Skuteczna izolacja. I nie tylko. «

### IZOLACJE TECHNICZNE:

izolacja rurociągów centralnego ogrzewania, ciepłej i zimnej wody, przewodów solarnych, klimatyzacyjnych, wentylacyjnych, rurociągów i urządzeń napowietrznych

- STEINONORM® 300** - otulina z miękkiej pianki poliuretanowej
- STEINWOOL®** - otulina termoizolacyjna z wełny mineralnej
- STEINONORM® 700** - otulina z twardej pianki poliuretanowej



### IZOLACJE BUDOWLANE:

izolacje fundamentów, podłóg, parkingów, fasad, tarasów, dachów płaskich, spadzistych, odwróconych, zielonych, ogrzewanie podłogowe

- STEINODUR® PSN** - płyty termoizolacyjno-drenażowe
- STEINODUR® UKD** - płyty termoizolacyjno-drenażowe
- STEINOTHAN®** - płyty termoizolacyjne z pianki PUR/PIR

### STEINBACHER IZOTERM SP. Z O.O.

05-152 Czosnów, ul. Gdarńska 14,  
Częstków Mazowiecki

tel. +48 (22) 785 06 90,  
zamowienia@steinbacher.pl

REKLAMA

REKLAMA



wiemy wszystko... o styropianie



Produkty fasadowe Styropmin posiadają Rekomendację Techniczną i Jakości Instytutu Techniki Budowlanej (RTQ).

Rekomendacja techniczna RTQ ITB-1275/2015



SIEDZIBA GŁÓWNA  
ul. Gen. K. Sosnkowskiego 71  
05-300 Mińsk Mazowiecki  
tel. (25) 759 32 23  
e-mail: biuro@lshpl.com

ZAKŁAD PRODUKCYJNY  
ul. Fabryczna 12  
07-130 Łochów  
tel. (25) 675 12 24  
e-mail: biuro@lshpl.com

ZAKŁAD PRODUKCYJNY  
ul. Chemików 1/A-59  
36-600 Oświęcim  
tel. (33) 444 03 01  
e-mail: biuro@lshpl.com

ZAKŁAD PRODUKCYJNY  
ul. Nowy Kisielin - Rozwojowa 1  
66-002 Zielona Góra  
tel. (68) 419 74 00  
e-mail: biuro@lshpl.com

www.styropmin.pl

# Torggler

kleje do glazury, fugi i silikon  
hydroizolacje, PU,  
systemy ociepleń, farby i tynki

ul. Sadowa 6, 95-100 Zgierz  
tel. 42 717 27 47

biuro@torggler.pl www.torggler.pl

REKLAMA

ponad 200 firm  
z branży izolacyjnej

informacji szukaj w Katalogu firm na:

**IZOLACJE.com.pl**

PROMOCJA

### SIG Sp. z o.o.

sucha zabudowa, sufity podwieszane, chemia budowlana, dachy, izolacje, klimatyzacja i wentylacja

www.sig.pl  
✉ kontakt@sig.pl  
tel.: 123 409 408

Kraków

### SINIAT

systemy suchej zabudowy  
www.siniat.pl  
info NIDA: 801 11 44 77

Warszawa

# sto

Budować świadomie.

### STO

systemy ociepleń elewacji: na styropianie i wełnie mineralnej, systemy wentylowane, podwieszane; tynki i farby elewacyjne i do wnętrz; dekoracyjne powłoki ścienne do wnętrz; systemy akustyczne i akustyczne powłoki sufitowe i ścienne; elementy architektoniczne i sztukaterie z Verofillu; specjalna oferta do obiektów zabytkowych; systemy do ochrony betonu; powłoki posadzkowe

www.sto.pl  
✉ info.pl@sto.com  
tel.: 22 511 61 00/02

Warszawa

### URSA POLSKA

mineralna wełna szklana, polistyren ekstrudowany, otulina na rury

www.ursa.pl  
tel.: 32 262 20 73

Dąbrowa Górnicza

# OSTATNIO OPUBLIKOWANE



6/2020

**Łukasz Drobiec, Radosław Jasiński, Wojciech Mazur**, „Nowoczesne nadproża stosowane w budownictwie”  
**Łukasz Górecki, Krzysztof Grzegorzewicz**, „Keramzyt i styropian jako lekkie wypełnienia nasypów drogowych”  
**Bartłomiej Monczyński**, „Tynki stosowane na zawilgoconych przegrodach – tynki renowacyjne”

**Krzysztof Pawłowski**, „Ocieplenie ścian zewnętrznych płytami styropianowymi – wybrane aspekty projektowe”

**Krzysztof Pawłowski**, „Ocieplenie przegród od wewnątrz z uwzględnieniem wymagań cieplno-wilgotnościowych od 1 stycznia 2021 r.”

**Piotr Wolański, Katarzyna Wolańska**, „Potencjał i funkcje dachów zielonych w miastach”

[Przegląd płyt warstwowych](#)

[Przegląd szarego styropianu](#)

[Przegląd materiałów do izolacji dachów skośnych](#)



4/2020

**Andrzej K. Kłosak**, „Modernizacja akustyczna placówki edukacyjnej”

**Michał Kowalski**, „Co wpływa na trwałość i niezawodność ETICS?”

**Bartłomiej Monczyński**, „Nienormowe metody oceny wyrobów iniekcyjnych”

**Krzysztof Pawłowski**, „Balkony – projektowanie numeryczne złączy z uwzględnieniem wymagań cieplno-wilgotnościowych od 1 stycznia 2021 roku”

**Maciej Rokiel**, „Sposoby naprawy uszkodzeń okapu na tarasach i balkonach – studium przypadku”

**Piotr Wolański, Katarzyna Wolańska**, „Stoneczne dachy zielone”

[Przegląd okien do dachów płaskich](#)

[Przegląd izolacji akustycznych](#)

[Przegląd ociepleń domów jednorodzinnych](#)

[Przegląd płyt warstwowych](#)



5/2020

**Łukasz Drobiec, Julia Blazy**, „Współczesne niemetaliczne zbrojenia rozproszone stosowane w konstrukcjach betonowych”

**Jarosław Gil**, „Problem akustyki klatek schodowych i ciągów komunikacji ogólnej”

**Bartłomiej Monczyński**, „Wyznaczniki skuteczności iniekcyjnych przepon poziomych”

**Marzena Najduchowska**, „Najczęściej popełniane błędy podczas deklarowania właściwości użytkowych wyrobów budowlanych”

**Małgorzata Niziurska, Karolina Łączka**, „Wymagania oceny technicznej dla zestawów wyrobów do wykonywania ociepleń stropów od strony sufitów z zastosowaniem wyrobów z wełny mineralnej (MW)”

**Tomasz Rybarczyk**, „Budowa w czasach pandemii”

**Krzysztof Schabowicz, Paweł Sulik, Łukasz Zawisłak**, „Elewacja wentylowana podczas oddziaływania pożarem”

[Przegląd izolacji technicznych w wentylacji i klimatyzacji](#)

[Przegląd izolacje tarasów i balkonów](#)



3/2020

**Waldemar Joniec**, „Przepusty i piony instalacyjne”

**Paweł Krause**, „Badania porównawcze odształceń styropianu grafitowego i białego”

**Oleksij Kopytow**, „Ocena techniczna elewacji wentylowanych według EAD 090062-00-0404”

**Bartłomiej Monczyński**, „Odtwarzanie hydroizolacji poziomej muru – kryteria doboru środków iniekcyjnych”

**Maciej Niedostatkiewicz, Tomasz Majewski**, „Wpływ błędów projektowych, wykonawczych oraz sposobu eksploatacji na trwałość podłóg przemysłowych”

**Maciej Rokiel**, „Ocena techniczna systemów ociepleń ETICS i przyczyny uszkodzeń (cz. 2). Likwidacja uszkodzeń elewacji z systemami ociepleń ETICS”

[Przegląd energooszczędnych okien dachowych](#)

[Przegląd izolacji przeciwpożarowych](#)

[Przegląd klejów żelowych](#)



Archiwalne numery IZOLACJI można zamówić:

telefonicznie: 22 512 60 51

lub e-mailem: [ereda@medium.media.pl](mailto:ereda@medium.media.pl)

# PRZYŚPIESZAMY OCIEPLANIE!

- ▶ **EKSPRESOWE TEMPO PRACY**
- ▶ **ŁATWA I CZYSTA APLIKACJA**
- ▶ **ZWIĘKSZONA EFEKTYWNOŚĆ**



Najszybszy System Ociepleń  
**TYTAN FGS**

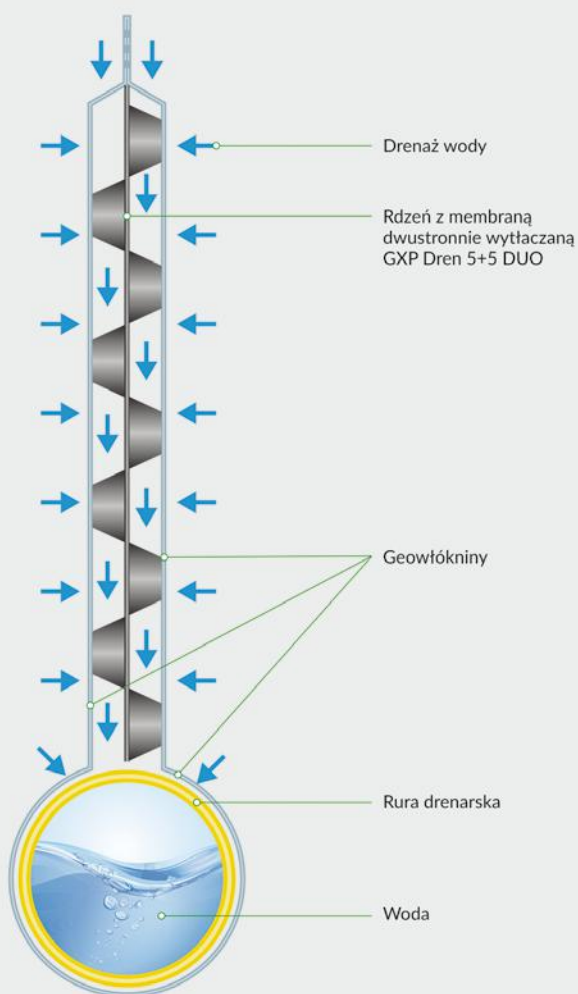
**Selena SA**

ul. Wyciągowa 56E, 53-012 Wrocław  
tel.: 71 783 83 01, faks: 71 783 83 00  
kontakt@selena.com  
www.selena.pl



**NOWOŚĆ: PODŁUŻNY DRENAŻ (ULICE, AUTOSTRADY,  
DROGI PRZELOTOWE, FUNDAMENTY)**

## **GXP DREN 5+5 DUO**



Innowacyjny produkt składający się z dwustronnie wytłaczanej folii oraz geowłókniny Typar® z włókien ciągłych. Idealnie zbiera wodę po obu stronach maty. Jest to skuteczny drenaż podłużny o wysokości od 0,5m do 2m z wykorzystaniem rur różnej średnicy. Mata zaopatrzona jest w specjalny rękaw z geowłókniny służący do umiejscowienia i zabezpieczenia rury drenarskiej.



### INNE PRODUKTY GXP



Griltex Polska sp. z o.o. ul. Obornicka 7 Złotkowo 62-002 Suchy Las

[www.griltex.pl](http://www.griltex.pl) +48 61 655 37 51 [biuro@griltex.pl](mailto:biuro@griltex.pl)