

# Studium skuteczności ocieplenia od środka historycznych murów na podstawie 5-letniej obserwacji

**Cel, jaki sobie postawiono w tym artykule, to obalenie szeroko rozpowszechnianego mitu o szkodliwości termomodernizacji budynków z wykorzystaniem technik dociepleń po wewnętrznych stronach przegród. Podsumowujemy pięcioletnią obserwację obiektu z 1930 roku po przeprowadzeniu termomodernizacji jego ścian zewnętrznych od środka w 2015 roku z zastosowaniem technologii mineralnych płyt Multipor.**

Ocieplenie klimatu, a także ograniczenie kosztów eksploatacyjnych budynków wymusza na ich użytkowników stosowanie rozwiązań ograniczających straty ciepła, w czym pomocna jest termomodernizacja. Przepisy obowiązujące na terenie UE określają dopuszczalne poziomy emisji ciepła m.in. poprzez narzucanie granicznych wielkości współczynników przenikania ciepła „U” [W/(m<sup>2</sup>K)]. Polska jest krajem, w którym zabytki zwolnione są ze spełniania nowych norm termicznych. Niemniej właściciele historycznych obiektów przeprowadzają ich termomodernizację z powodów ekonomicznych oraz ze względu na chęć podwyższenia standardów użytkowych.

Zwykle jednak cenne elewacje takich budynków wymuszają stosowanie alternatywnego ocieplenia od środka. To przypadek omawianego w artykule obiektu – ceglano-brykietowego domu mieszkalnego na Opolszczyźnie, który wybudowano w 1930 roku. W 2015 roku ocieplono jego zewnętrzne mury od środka z wykorzystaniem mineralnych płyt Multipor. W artykule przeprowadzimy analizę cieplno-wilgotnościową przegród w okresie przed i po termomodernizacji.

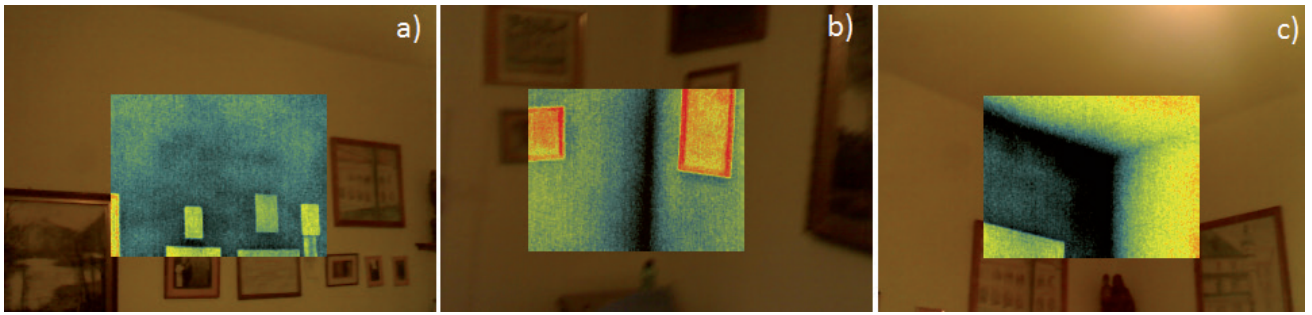
## Prace termomodernizacyjne wykonane w 2015 roku

Do wykonania nowych warstw docieplających wybrano technologię Multipor firmy Xella Polska. Porowate płyty mineralne to materiał otwarty dyfuzyjnie, będący odmianą betonu komórkowego o gęstości objętościowej nieprzekraczającej 115 kg/m<sup>3</sup> i współczynnika przewodzenia ciepła  $\lambda \leq 0,043$  W/(mK). Płyty są niepalne, o dobrych parametrach termoizolacyjnych, odporne na korozję biologiczną, charakteryzują się wysoką zdolnością „oddawania” wilgoci do otoczenia, która jest wynikiem procesów fizykalnych, zachodzących w przegrodach.

Pierwsze badania przeprowadzono w czasie, kiedy w budynku trwały prace termomodernizacyjne i remontowe [4]. Wówczas w przegrodach występowała wilgoć technologiczna będąca efektem trwających robót budowlanych (marzec 2015). Z tego też powodu nowo ułożone warstwy ocieplenia nie osiągnęły jeszcze pełnej sprawności technicznej, co też wyraźnie pokazują wykonane zdjęcia termowizyjne (rys. 2, 3, 4, 6, 7), dla przypadku pokazanego na rys. 1b. W dalszej części

Rys. 1. Elewacja południowa 90-letniego budynku mieszkalnego: a) widok, b) zdjęcie termowizyjne 2015 r. c) zdjęcie termowizyjne 2020 r.





Rys. 2. Termowizyjna mapa nieocieplonych i zawilgoconych ścian parteru: a) ścian płaska, b) naroże 2D, c) naroże 3D – zamknięte od góry stropem piętra

artykułu porównano izolacyjność zewnętrznych przegród parteru przed termomodernizacją (rys. 2–5a, c) z tymi samymi przegrodami po ich dociepleniu (rys. 8–15). Różnice te można już wyraźnie zaobserwować na elewacjach budynku rys. 1b i c. Przed termomodernizacją, temperatura wewnętrznych powierzchni ścian kształtowała się na poziomie  $+10,5^{\circ}\text{C} \div +13^{\circ}\text{C}$  (rys. 2–4).

Badania radiograficzne przeprowadzono przy zewnętrznej temperaturze otoczenia równej  $-3^{\circ}\text{C}$  i wewnętrznej budynku  $+16 \div +18^{\circ}\text{C}$ . Wykonane za pomocą programu Physibel Trisco 13 v. obliczenia wykazały, że gdyby temperatura zewnętrzna spadła do  $-20^{\circ}\text{C}$ , a w budynku utrzymywała się na poziomie  $+20^{\circ}\text{C}$  (przy  $\phi = \sim 45\%$ ), to na powierzchni ścian mogłaby pojawić się wilgoć:  $t_i = \sim 7,5^{\circ}\text{C} < t_s = +7,7^{\circ}\text{C}$  (temp. punktu rosy), współczynnik temperaturowy  $F_{\text{Rsi}} \ll 0,72$  [7] (rys. 5). Stworzyłyby to bardzo sprzyjające warunki do rozwoju grzybów pleśniowych (rys. 2).

Obraz graficzny rozkładu temperatury w ścianie pokazanej na rys. 2a uzupełniono liniami rozkładu temperatury (rys. 3). Wskazuje on jednoznacznie na niejednorodny opór cieplny ściany, a tym samym na nierównomierne jej powierzchniowe i wgłębne zawilgoconie (ciemniejsze pola).

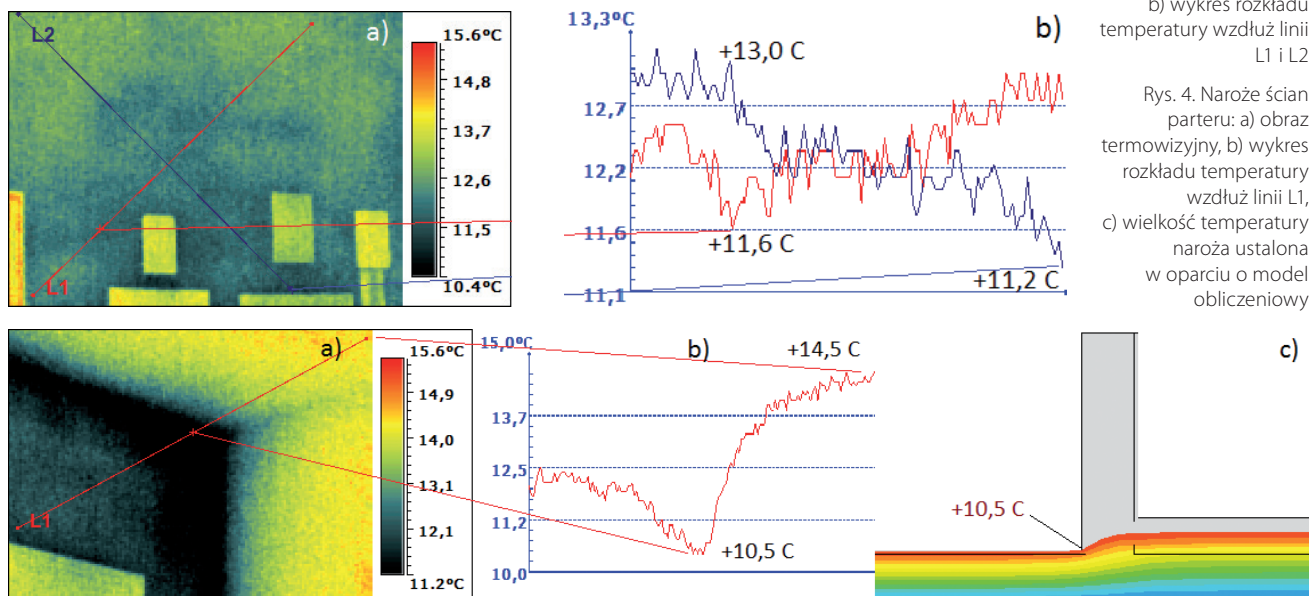
Podobną sytuację przedstawia obraz termowizyjny oraz diagram temperatury, zamieszczony na rys. 4. Wykonane obliczenia,

symulujące stan istniejący potwierdziły możliwość obniżenia się temperatury do wysokości  $+10,5^{\circ}\text{C}$  w wewnętrznym narożniku pomieszczenia, co przy dalszym spadku temperatury zewnętrznej z pewnością doprowadziłoby do pojawienia się wilgoci na jej wewnętrznej powierzchni (rys. 5).

Jak już wspomniano, w 2015 roku budynek znajdował się w fazie remontu i jednocześnie był docieplany poprzez wprowadzenie po stronie wewnętrznej ścian płyt Multipor otwartych dyfuzyjnie, o grubościach 5 i 10 cm, w lokalizacjach pokazanych na rys. 5b, d, 6, 7. Ponieważ w toku prac remontowych w ścianach pojawiła się dodatkowa porcja wilgoci technologicznej, stąd bezpośrednio po ułożeniu płyt mineralnych ich opór cieplny nie osiągnął jeszcze wymaganego poziomu, co wyraźnie uwidoczniło się we wklęsłych narożach, gdzie stwierdzono spadek temperatury nawet o  $4^{\circ}\text{C}$  w porównaniu do pozostałych powierzchni płaskich. Ten stan mógł być efektem niedopasowania do siebie stykających się mineralnych płyt termoizolacyjnych lub też wynikiem wypełnienia powstałej pomiędzy nimi szczeliny szparym, lecz jeszcze wilgotnym materiałem uzupełniającym.

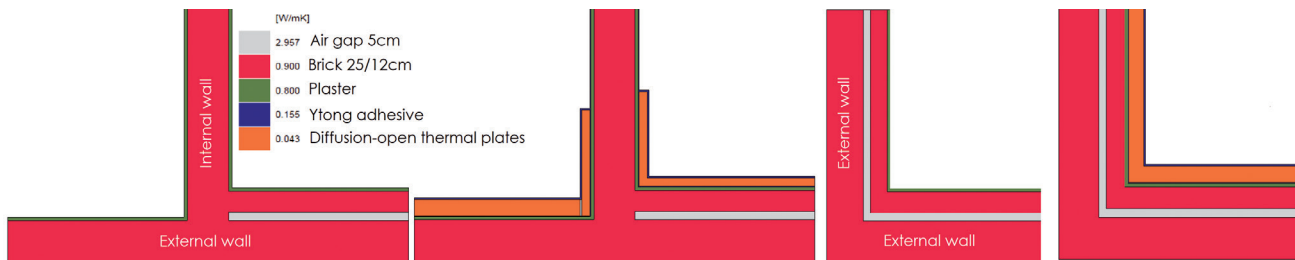
### Stan aktualny – marzec 2020 rok

Kolejne badanie oraz obliczenia wykonano, uwzględniając już pięcioletni okres eksploatacji budynku, po przeprowadzeniu



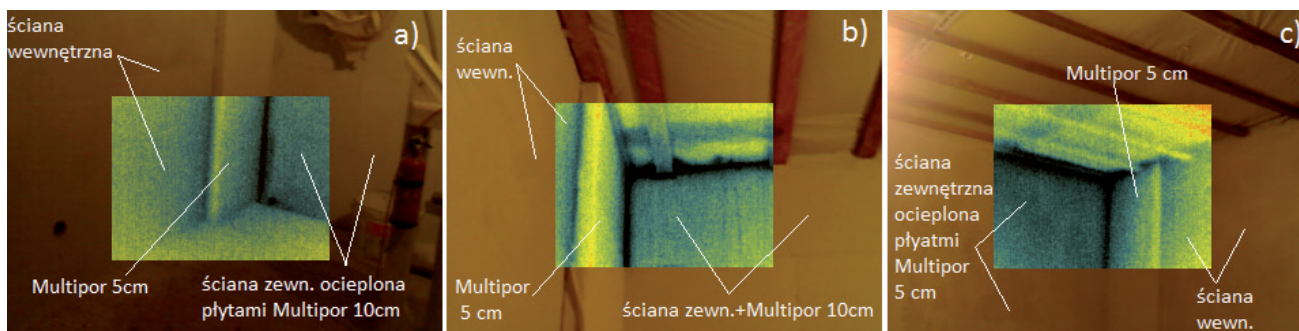
Rys. 3. Nieocieplona ściana wewnętrzna: a) obraz termowizyjny, b) wykres rozkładu temperatury wzdłuż linii L1 i L2

Rys. 4. Naroże ścian parteru: a) obraz termowizyjny, b) wykres rozkładu temperatury wzdłuż linii L1, c) wielkość temperatury naroża ustalona w oparciu o model obliczeniowy

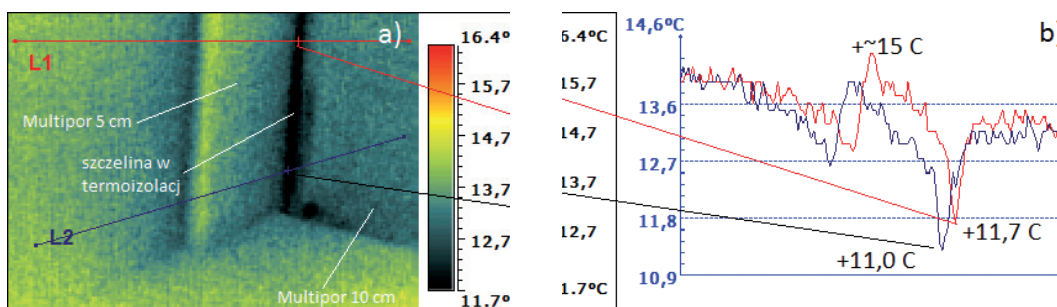


Rys. 5. Aktualny model przegrody zewnętrznej: przekrój poziomy przez połączenie ściany szczytowej z wewnętrzną: a), c) nieocieplonych, b), d) po termomodernizacji

Rys. 6. Obraz termowizyjny ścian piętra docieplonych otwartymi dyfuzyjnie, mineralnymi płytami Multipor o grubościach podanych na fotografiach jw.



Rys. 7. Diagram rozkładu temperatur na styku docieplonej ściany zewnętrznej z wewnętrzną

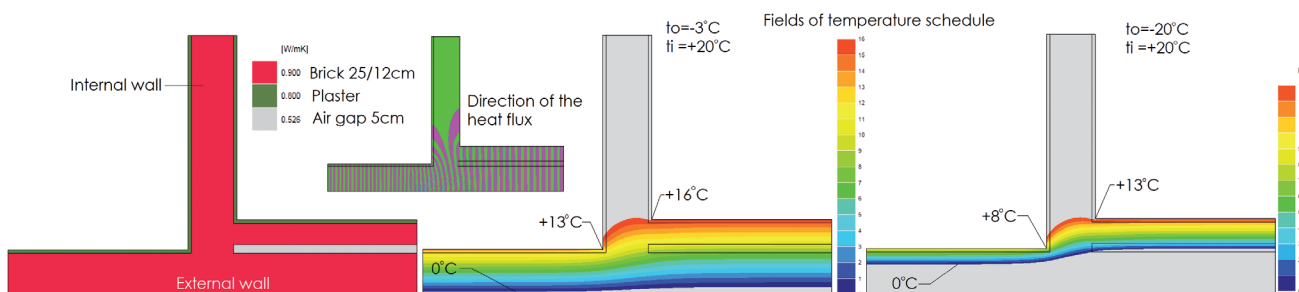


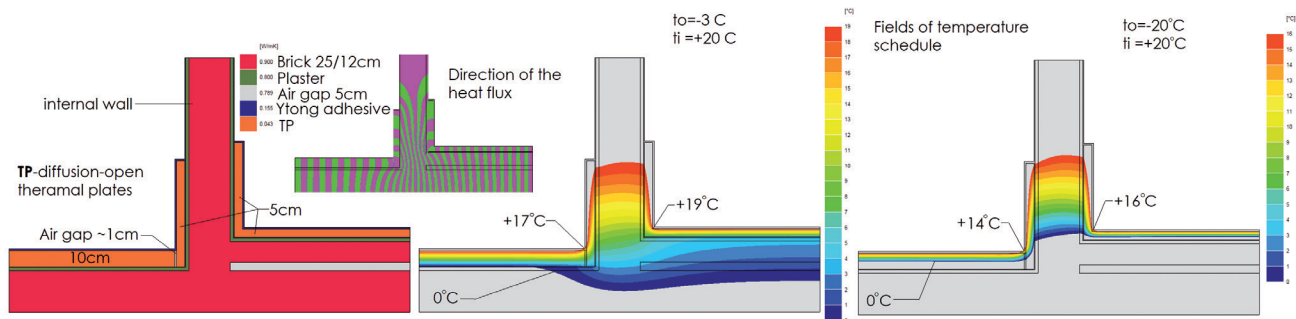
termomodernizacji. Otrzymane wyniki wskazały na prawidłowy dobór nowych ciepłochronnych warstw, ponieważ najniższa temperatura powierzchni w miejscu styku ścian zewnętrznych ze ścianą wewnętrzną nie spadła poniżej  $+14^{\circ}\text{C}$  przy  $t_o = -20^{\circ}\text{C}$  i  $+17^{\circ}\text{C}$  przy  $t_o = -3^{\circ}\text{C}$ , natomiast temperatura pozostałych powierzchni była zbliżona do poziomu temperatury powietrza wewnętrznego (rys. 8). Strefy niskich (w tym ujemnych) temperatur będą się tu głównie lokalizowały na styku płyt mineralnych z docieplanymi od wewnątrz ścianami budynku i w samej strukturze płyt, co w tych lokalizacjach może powodować okresową kondensację wilgoci, lecz nie stwierdzono ich degradacji. Ściany zostały wykonane z cegły ceramicznej (elewacyjnej) na zaprawie cementowo-wapiennej. Opór cieplny analizowanych przegród, po

ich dociepleniu nie zmieścił się w przedziale dopuszczalnym. Ustalona w wyniku przeprowadzonych obliczeń wielkość współczynnika przenikania ciepła  $U$  znacznie przekroczyła jego wartość graniczną, narzuconą w aktualnie obowiązujących polskich przepisach [7], gdzie  $U_{gr} \leq 0,23 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  – od 1 stycznia 2021 r.  $U_{gr}$  powinno być  $\leq 0,20 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . Niemniej jednak parametry ciepłochronne przedmiotowych przegród uległy wyraźnej poprawie.

Poniżej na diagramach pokazano i porównano symulację rozkładu temperatury w przekrojach ścian w stanie pierwotnym (rys. 8) i po termomodernizacji (rys. 9, 12, 13). Obliczenia wykonano dla dwóch lokalizacji przegród: w narożu (rys. 5c, d) oraz w miejscu połączenia ściany zewnętrznej o budowie warstwowej i jednorodnej z ścianą wewnętrzną (rys. 5a, b).

Rys. 8. Model i symulacja obliczeniowa rozkładu izoterm temperatury i adiabat strumieni ciepła w zewnętrznych przegrodach budynku (bez ocieplenia) po 5 latach eksploatacji (temp. zewnętrzna  $t_o = -3^{\circ}\text{C}$  oraz  $-20^{\circ}\text{C}$ , temp. wewnętrzna  $t_i = +20^{\circ}\text{C}$ )





Na rys. 8 przedstawiono rozkład temperatury w ścianie zewnętrznej, jeszcze przed przeprowadzeniem termomodernizacji, natomiast na rys. 9 z uwzględnieniem pięcioletniego okresu eksploatacji.

Porównując wyniki obliczeń przedstawione na rys. 8 i 9, zauważa się korzystny przyrost temperatury o  $\Delta t = 3 \div 6^\circ\text{C}$ . Obliczenia te zweryfikowano badaniem termowizyjnym ww. naroży, które zamieszczono na rys. 10–12.

Na kolejnym zdjęciu termowizyjnym (rys. 11) zauważalny jest również spadek temperatury w narożniku o ok.  $1^\circ\text{C}$  w stosunku do pozostałej powierzchni ścian. Na rys. 9 ten narożnik wklęsły opisany jest temperaturą  $17^\circ\text{C}$ , czyli o  $2^\circ\text{C}$  niższą od wskazań termowizyjnych. W rzeczywistości może to świadczyć o wypełnieniu ubytku w szczelinie pomiędzy

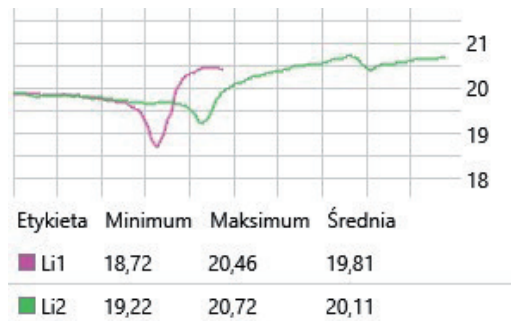
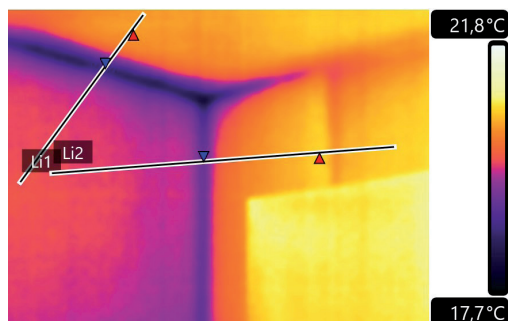
plytami mineralnymi materiałem o zbliżonych parametrach cieplochronnych (rys. 7), stąd też uzyskano ten sam poziom temperatury naroża jak po drugiej stronie ściany wewnętrznej.

Na rys. 12 i 13 pokazano naroże ścian w wersji przed termomodernizacją i po jej wykonaniu. Różnice temperatur w narożniku wklęsłym wynoszą tu  $\Delta t = 5 \div 8^\circ\text{C}$ , co jednoznacznie przemawia na korzyść przeprowadzonych prac termomodernizacyjnych.

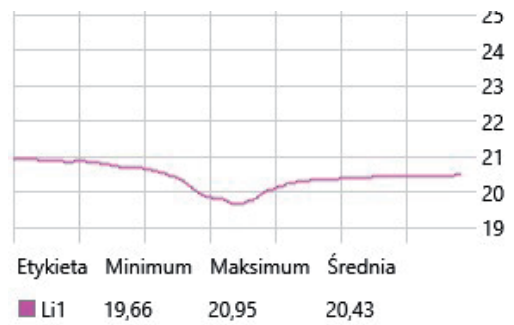
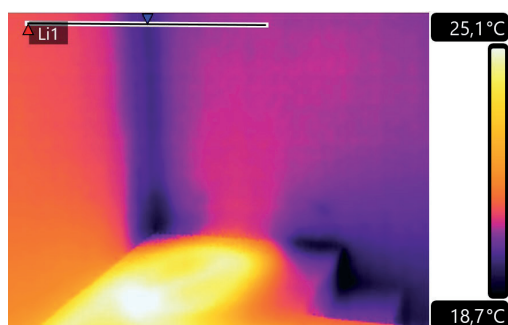
Obliczenia te zweryfikowano badaniem termowizyjnym, które w rzeczywistości wykazało jeszcze wyższą temperaturę narożnika o ok.  $2,5^\circ\text{C}$  niż uzyskano na podstawie obliczeń, wykonanych dla zbliżonych parametrów otoczenia.

Ponieważ w rzeczywistości do poprawy właściwości cieplochronnych ścian zewnętrznych

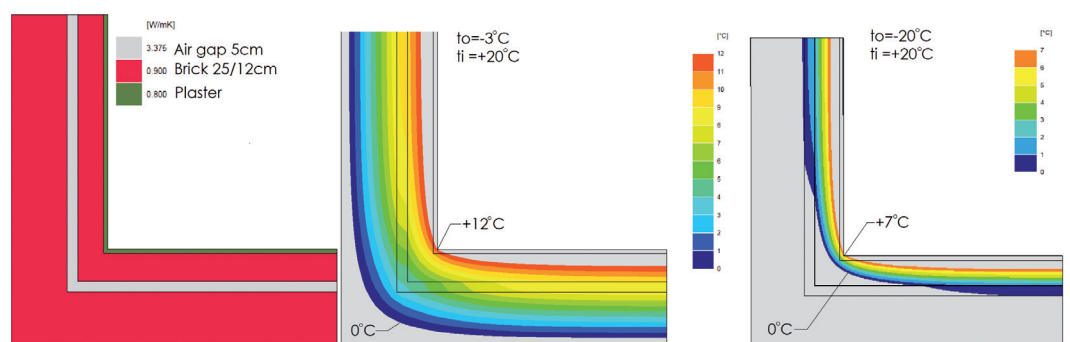
Rys. 9. Model i symulacja obliczeniowa rozkładu izoterm temperatury i adiabat strumieni ciepła w zewnętrznych przegrodach budynku po dociepleniu mineralnymi płytami Multipor o grubości 5 i 10 cm (temp. zewnętrzna  $t_o = -3^\circ\text{C}$  oraz  $-20^\circ\text{C}$ , temp. wewnętrzna  $t_i = +20^\circ\text{C}$ )



Rys. 10. Aktualny obraz termowizyjny wewnętrznego narożnika ścian – prawa strona (rys. 9) po 5 latach eksploatacji (temp. zewnętrzna  $t_o = -3^\circ\text{C}$ , temp. wewnętrzna  $t_i = +21^\circ\text{C}$ )



Rys. 11. Aktualny obraz termowizyjny wewnętrznego narożnika ścian – lewa strona (rys. 9) po 5 latach eksploatacji (temp. zewnętrzna  $t_o = -3^\circ\text{C}$ , temp. wewnętrzna  $t_i = +21^\circ\text{C}$ )



Rys. 12. Model i symulacja obliczeniowa rozkładu izoterm temperatury w nieocieplonym narożu budynku m (temp. zewnętrzna  $t_o = -3^\circ\text{C}$  oraz  $-20^\circ\text{C}$ , temp. wewnętrzna  $t_i = +20^\circ\text{C}$ )

zastosowano płyty mineralne głównie o grubości 5 cm (z jednym wyjątkiem – rys. 9, gdzie na krótkim odcinku ułożono warstwę płyt o grubości 10 cm), które nie spełniają wymagań obowiązujących przepisów (tab. 1), poniżej zamodelowano taką samą przegrodę z dwukrotnie grubszą warstwą termoizolacji. To rozwiązanie także nie spełnia w pełni wymagań polskich oraz europejskich norm ustalonych w przepisach i w niewielkim stopniu poprawia stan cieplny narożnika, chociaż globalnie, na płaskich fragmentach ścian wykazuje temperaturę powierzchni wyższą o ok. 2°C.

### Ocena wykonanych obliczeń i przeprowadzonych badań

Analiza obliczeniowa wcześniejszej i aktualnej sytuacji, uwzględniającej występowanie w ociepleniu liniowego mostka termicznego (rys. 6 i 7) potwierdza tu usunięcie wady wykonawczej, jaką była przerwa w termoizolacji. Obliczenia wskazały na zasadność przeprowadzonej termomodernizacji, chociaż wykonano ją od środka. Znacznie poprawiła ona ich parametry cieplochronne, chociaż nie spełniła wymagań ustawowych. Jedną z dwóch zasadniczych wad stosowania tzw. dociepleń od środka jest zmniejszenie powierzchni użytkowej

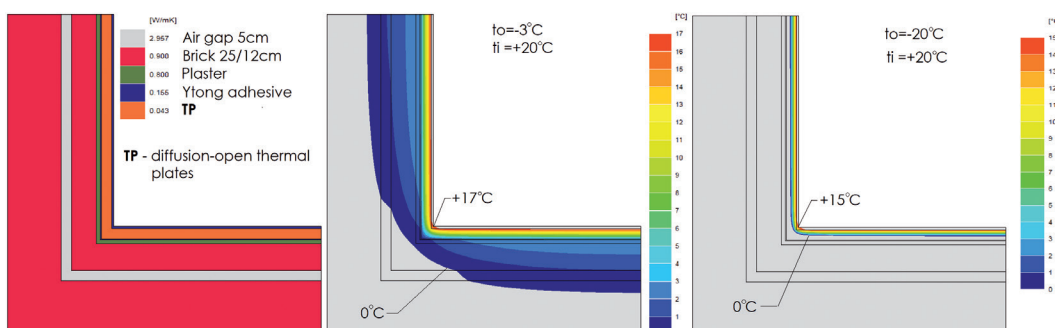
pomieszczeń, drugą natomiast możliwość uszkodzeń mrozowych i korozyjnych związanych z kondensacją wilgoci we wnętrzu przegród i ograniczonymi możliwościami jej odprowadzania. Parametry cieplne przegród przed dociepleniem i po przeprowadzeniu termomodernizacji zestawiono w tab. 1.

Badanie termowizyjne ścian oraz przeprowadzone symulacje komputerowe aktualnego stanu przegród budynku wyraźnie wskazały poprawę ich parametrów cieplochronnych w stosunku do sytuacji pierwotnej, co znacznie ograniczyło straty ciepła i poprawiło komfort użytkowy pomieszczeń, pomimo znacznego obniżenia pojemności cieplnej ścian. Nie jest tu bez znaczenia rodzaj zastosowanego do dociepleń materiału, który powinien charakteryzować się wysokim oporem cieplnym, niską sorpcją oraz wysoką dyfuzyjnością.

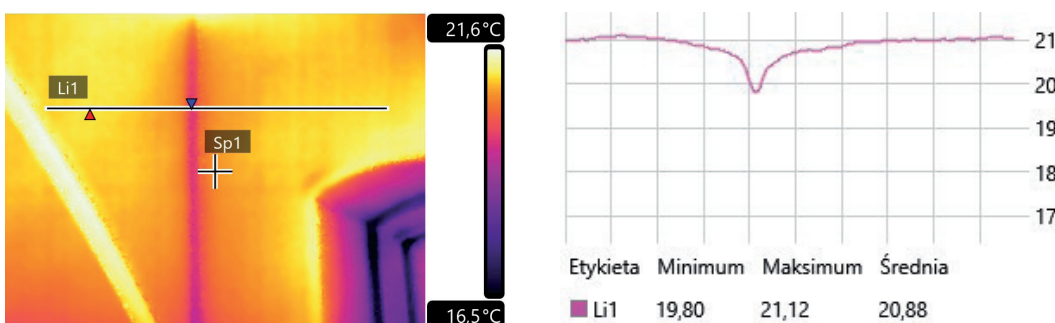
### Ocena stanu zawilgocenia analizowanych przegród po upływie 5 lat od przeprowadzenia termomodernizacji

W ścianach poddawanych termomodernizacji po wewnętrznych ich stronach pojawia się problem kondensacji wilgoci w ich wnętrzu. Dobrze zaprojektowana i wykonana

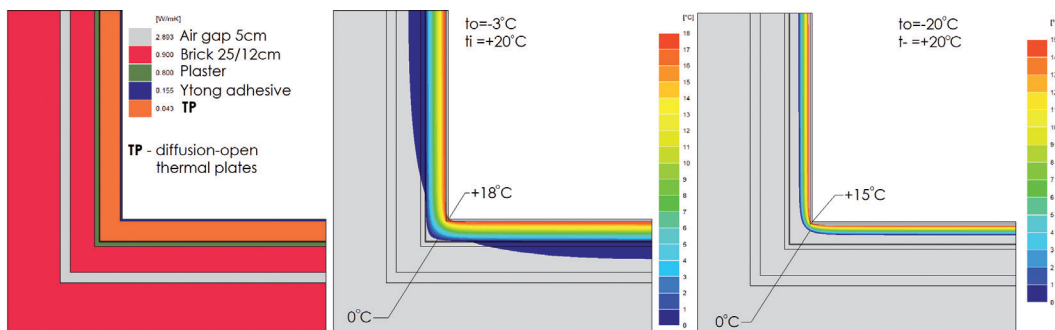
Rys. 13. Model i symulacja obliczeniowa rozkładu izoterm temperatury w narożu budynku po dociepleniu mineralnymi płytami Multipor o grubości 5 cm (temp. zewnętrzna  $t_o = -3^\circ\text{C}$  oraz  $-20^\circ\text{C}$ , temp. wewnętrzna  $t_i = +20^\circ\text{C}$ )

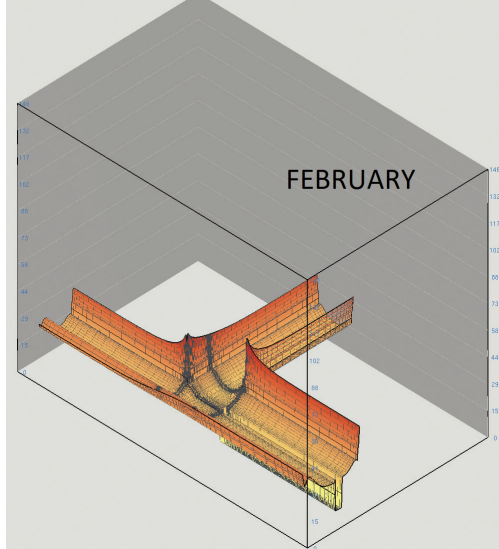
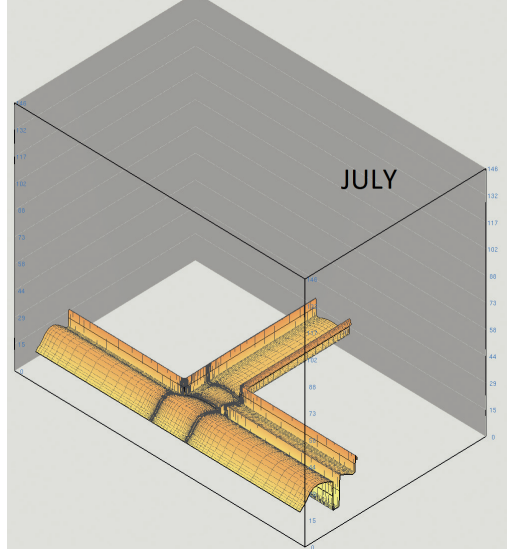


Rys. 14. Model obliczeniowy ścian piętra (rys. 13) (temp. zewnętrzna  $t_o = -3^\circ\text{C}$ , temp. wewnętrzna  $t_i = +21^\circ\text{C}$ )



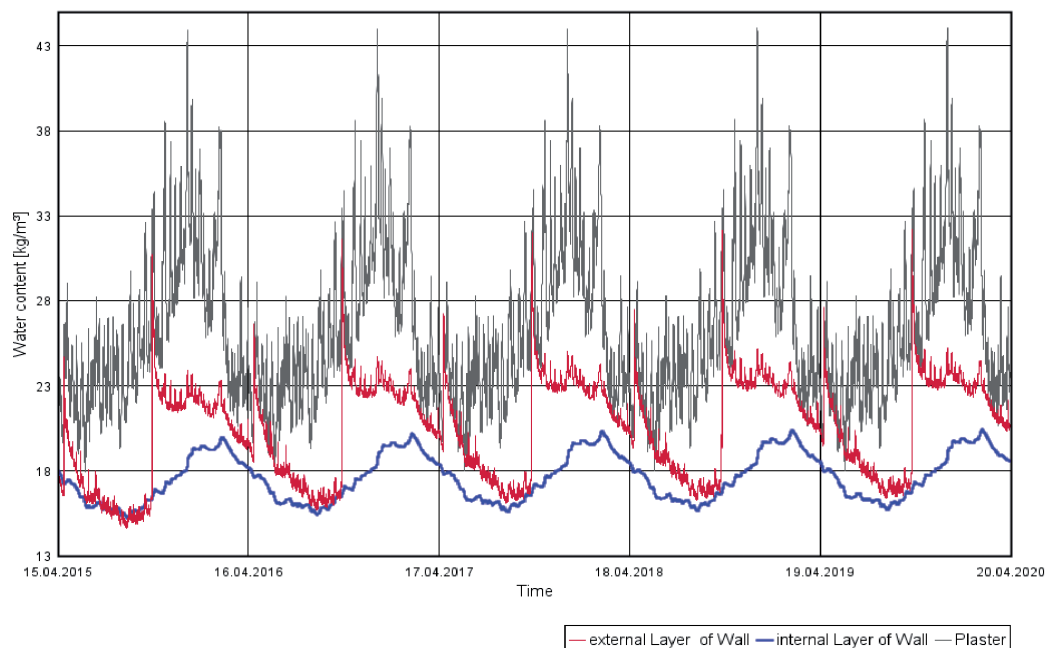
Rys. 15. Model i symulacja obliczeniowa rozkładu izoterm temperatury w narożu budynku po dociepleniu mineralnymi płytami Multipor o grubości 10 cm (temp. zewnętrzna  $t_o = -3^\circ\text{C}$  oraz  $-20^\circ\text{C}$ , temp. wewnętrzna  $t_i = +20^\circ\text{C}$ )





Rys. 16. Diagram rozkładu wilgoci w przegrodzie (rys. 8) w okresie 5 lat, w  $\text{kg/m}^3$

### Water Content



przegroda powinna charakteryzować się zdolnością usuwania nadmiaru wilgoci w okresach wiosenno-letnich. Trwale zawilgocona przegroda nie tylko nie spełni wymagań w zakresie ciepłochronności, ale zostanie poddana procesom korozji, co w końcowym efekcie może doprowadzić do ich nieodwracalnej degradacji. Poniżej, na rys. 16, 17 zamieszczono diagramy rozkładu wilgoci w przegrodach, wykazując niewielki jej przyrost w okresie pierwszych 2 lat po dociepleniu, a następnie stabilizację. Przegrody mogą i będą sezonowo kumulować wilgoć w swoim wnętrzu, lecz już w okresach wyższych temperatur otoczenia (głównie w okresie wiosenno-letnim) będą pozbywać się jej nadmiaru, a następnie utrzymywać na dopuszczalnym poziomie, co wyraźnie zaprezentowano na rys. 16, 17 obejmujących okres 5 lat eksploatacji. Modele przestrzenne przegród zaprezentowano dla 2 miesięcy w roku, tj. lutego, kiedy występuje najwyższe nagromadzenie wody, i lipca, kiedy jej zawartość jest praktycznie najniższa.

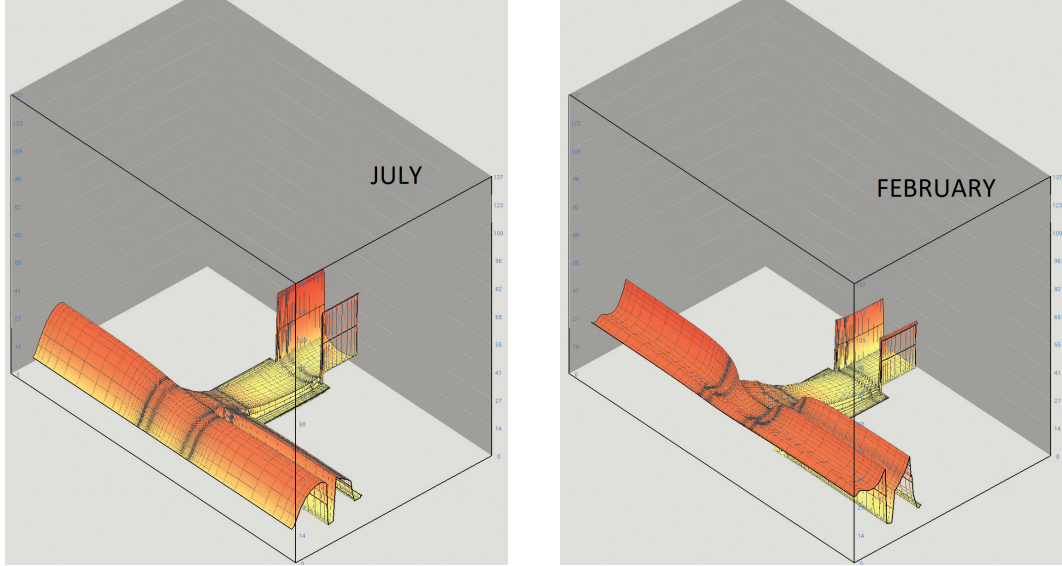
Zbiorcze zestawienie ilości czasowego i trwałego kumulowania się wilgoci

w analizowanych przegrodach zamieszczono w tab. 1, dla wszystkich analizowanych przypadków.

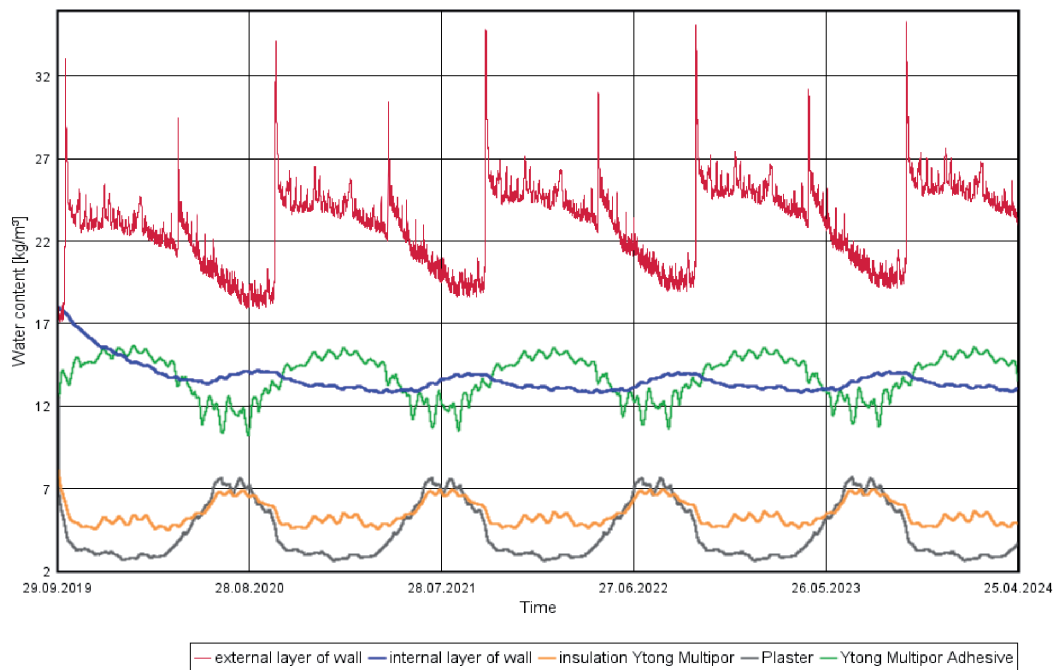
### Podsumowanie

Do prawidłowego doboru grubości i rodzaju materiału w celu poprawienia parametrów cieplnych przegród nie wystarczy przeprowadzenie wyłącznie obliczeń cieplnych. Bardzo istotna jest tu jeszcze ocena skutków wywołanych przez procesy fizykalne, mające znaczący wpływ na korozję chemiczną i biologiczną przegród, a w konsekwencji na trwałość materiałów, z których zostały wykonane. Na równi należy tu uwzględnić wyniki obliczeń cieplnych i wilgotnościowych, pomiędzy którymi istnieje związek przyczynowo-skutkowy związany z trwałością całych obiektów budowlanych, bezpieczeństwem oraz komfortem ich użytkowania. Należy tu pamiętać także o bardzo ważnej roli, jaką spełnia sprawna wentylacja pomieszczeń [6], ponieważ założenia do obliczeń uwzględniają jej pełną skuteczność, gwarantującą wymaganą krotność wymian powietrza. W ramach przeprowadzanych obliczeń

Rys. 17. Diagram rozkładu wilgoci w przegrodzie (rys. 9) w okresie 5 lat, w  $\text{kg}/\text{m}^3$



### Water Content



bardzo często zapomina się o stanie technicznym materiałów wbudowanych w przegrody zewnętrzne, o stosunkowo niskiej odporności na korozję. Chodzi tu m.in. o drewno, będące elementem konstrukcji muru pruskiego, drewno więźb dachowych, a szczególnie belki nośne w zamkniętych przestrzeniach stropów.

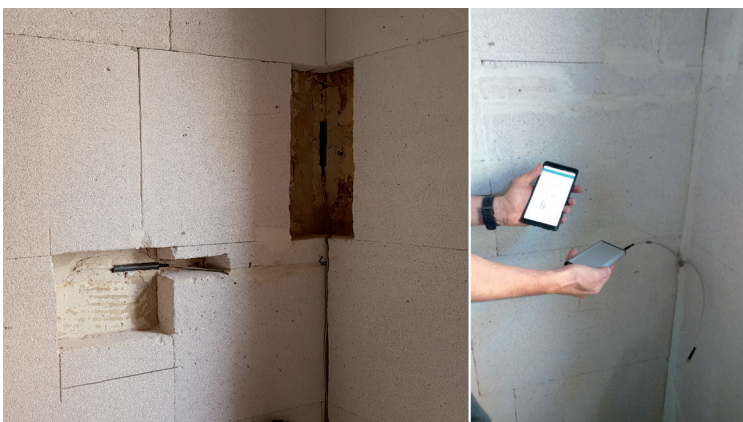
Po przeprowadzeniu termomodernizacji obiektu należy monitorować stan techniczny

jego przegród [2], weryfikując tę ocenę m.in. badaniami termowizyjnymi, pomiarem wilgotności *in situ*, na przykład za pomocą trwale wbudowanych sond w ich wnętrzu (rys. 18).

Analizę ciepłno-wilgotnościową przegród zewnętrznych przedmiotowego budynku przeprowadzono, korzystając z dwóch programów: Physibel Trisco 13.0w oraz WUFI2d 4.2 (Fraunhofer IBP), badań i pomiarów własnych oraz doświadczeń nabytych w innych obiektach.

Na podstawie uzyskanych wyników, które podsumowano w tab. 1, należy stwierdzić, że docieplenie ścian od wewnątrz nawet płytami o niewielkiej grubości (w tym przypadku 5 cm) pozwoli na ponad 4-krotne ograniczenie strat ciepła w przypadku ścian nr 1 i nr 2 oraz 3 do 7-krotnie w przypadku ścian nr 3, nr 4 i nr 5. Wysoka poprawa parametrów cieplnych tych przegród nie wpłynęła negatywnie na ich zawilgocenie wilgocią kondensującą w ich wnętrzu. Pięcioletni okres eksploatacji 90-letniego budynku po

Rys. 18. Monitoring zawartości wilgoci w trwale zakrytych warstwach przegród








warstwa ściany	okres	zawartość wody	ściana nr 1	ściana nr 2	ściana nr 3	ściana nr 4	ściana nr 5
							
wewnętrzna izolacja			–	10 cm–5 cm	–	5 cm	10 cm (15 cm)
zewnątrzna warstwa ściany	z	kg/m <sup>3</sup>	32,2	35,5	33,9	33,5	33,5 (33,8)
	l	kg/m <sup>3</sup>	16,4	19,5	17,0	16,3	16,5 (16,4)
wewnętrzna warstwa ściany	z	kg/m <sup>3</sup>	20,5	14,1	21,4	17,3	17,3 (17,3)
	l	kg/m <sup>3</sup>	15,7	13,8	16,5	15,4	15,9 (16,5)
tynk wewnętrzny	z	kg/m <sup>3</sup>	44,0	7,6	45,3	20,7	20,5 (20,4)
	l	kg/m <sup>3</sup>	18,0	2,7	18,0	2,9	2,8 (2,8)
zaprawa lekka Multipor	z	kg/m <sup>3</sup>	–	15,6	–	14,3	12,5 (11,7)
	l	kg/m <sup>3</sup>	–	10,7	–	6,7	7,2 (7,9)
izolacja z płyty Multipor	z	kg/m <sup>3</sup>	–	7,0	–	9,2	8,7 (8,5)
	l	kg/m <sup>3</sup>	–	4,6	–	4,8	5,5 (6,1)
charakterystyka termiczna przegród (ścian)							
współczynnik temperatury	F <sub>Rsi</sub> *		0,694	0,809	0,646	0,844	0,889 (0,912)
współczynnik przenikania ciepła [W/(m <sup>2</sup> K)]	U**		2,116/1,443	0,517/0,346	1,585	0,530	0,328 (0,237)
* zgodnie z polskimi przepisami F <sub>Rsi</sub> ≥ 0,72 [7] (wartość graniczną należy obliczyć dla najbardziej niekorzystnego miesiąca [5])							
** zgodnie z polskimi przepisami maksymalna wartość U to 0,23 do końca 2020 roku i 0,20 od 1 stycznia 2021 roku [7]							
z / l – okres zimy / lata							

Tabela 1. Zawartość wody i właściwości termiczne przegród (ścian)

przeprowadzeniu jego termomodernizacji potwierdza prawidłowość dobranej metody, nawet jeżeli jest ona powszechnie uznawana za kontrowersyjną (tzw. od środka), to może ona z powodzeniem sprostać zadaniom stawianym obecnie przegrodom budowlanym, o ile zostanie prawidłowo wdrożona. Jak to już napisano wyżej, w pewnych sytuacjach nie będzie możliwe ułożenie termoizolacji po zewnętrznych stronach ścian, dlatego wybiera się drugi sposób, który o odpowiednim uzasadnieniu obliczeniowym może być z powodzeniem zastosowany. Nie powinno to być jednak działanie obligatoryjne i schematyczne, ponieważ w konsekwencji może doprowadzić do efektów odwrotnych od oczekiwanych, w tym do degradacji samych przegród oraz znacznego pogorszenia się wewnętrznego mikroklimatu. Nie powinno się także rutynowo podchodzić do jakichkolwiek prac ratunkowo-modernizacyjnych, niezależnie od wielkości, funkcji, a także wieku każdego obiektu budowlanego.

Artykuł ukazał się wcześniej pod tytułem “Thermomodernization of Historical Buildings with Residential Facades” w amerykańskim czasopiśmie International Journal of Architectural Engineering Technology, 2020, 7 (str. 13–25).

**Tekst, zdjęcia i rysunki:**  
**dr hab. inż. Dariusz Bajno**

profesor Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego w Bydgoszczy, Rzeczoznawca MKiDN w zakresie opieki nad zabytkami

#### Bibliografia

- [1] Bajno D., *Wybrane aspekty ciepłno-wilgotnościowe związane z dostosowaniem budynków zabytkowych do eksploatacji w nowych warunkach*, 61. Konferencja Naukowa Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN oraz Komitetu Nauki PZITB, Bydgoszcz–Krynica, 20–25 września 2015 r.
- [2] Bajno D., Bendarz L., Matkowski Z., *Monitoring of thermal and moisture process in various types of external historical walls*. Materials (MDPI) 2019, 12.
- [3] Bajno D., Bednarz Ł., *Analiza skuteczności docieplenia ścian zewnętrznych od środka: 5–13*. Praca zbiorowa pod redakcją Wojciecha Skowrońskiego, Polskie Stowarzyszenie Mykologów Budownictwa, Wrocław 2014.
- [4] Bajno D., *Termomodernizacja budynku o ozdobnych, ceglanych elewacjach*, „Renowacje i Zabytki” 2/2015, s. 162–164.
- [5] PN-EN ISO 13788:2003 „Ciepłno-wilgotnościowe właściwości komponentów budowlanych i elementów budynku. Temperatura powierzchni wewnętrznej dla uniknięcia krytycznej wilgotności powierzchni i kondensacji międzywarstwowej – Metody obliczania”.
- [6] PN-83/B-03430:2003/Az3 Wentylacja w budynkach mieszkalnych, zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej.
- [7] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z 12 kwietnia 2002 r. (z późn. zm.) w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie.
- [8] Bajno D., *Thermomodernization of Historical Buildings with Residential Facades*, “International Journal of Architectural Engineering Technology” 7/2020, p. 13–25.