

# TERMOMODERNIZACJA BUDYNKÓW ZABYTKOWYCH

## Część 2. Projektowanie dociepleń



**dr inż. Bożena Orlik-Koźdoń**  
ORCID: 0000-0002-4905-3037  
Wydział Budownictwa,  
Politechnika Śląska

W artykule omówiono metodę docieplania zewnętrznych przegród (ścian) od wewnątrz jako jedną z alternatyw podnoszenia efektywności energetycznej budynków zabytkowych. Przedstawiono dostępne rozwiązania materiałowo-technologiczne oraz wybrane zagadnienia problemowe.

Obecne standardy energetyczne [1], [2] stawiają wysokie wymagania przed grupą budynków szeroko rozumianych jako zabytkowe, art. 3. [3]. Jednym ze sposobów podniesienia ich efektywności energetycznej jest termomodernizacja przegród zewnętrznych. Jednak z uwagi na unikatowy charakter takich budynków, ich walory architektoniczne i wartość historyczną, zaleca się rozwiązanie w postaci docieplenia od wewnątrz. Budzi ono jednak wiele kontrowersji z uwagi na podwyższone ryzyko kondensacyjne, zmniejszenie pojemności cieplnej przegrody, zmianę parametrów akustycznych ścian i pomieszczeń oraz wiele innych szeroko opisanych w pracy [4], [5].

Artykuł prezentuje wybrane zagadnienia projektowe w procesie doboru rozwiązania materiałowego i technologii docieplenia od wewnątrz. Zawiera podział stosowanych metod dociepleniowych z uwagi na możliwość przepływu pary wodnej. Omawia sposób eliminacji mostków termicznych w postaci powszechnie spotykanych węzłów w układach ściennych oraz ocenia efektywność termomodernizacji, wyrażoną m.in. zmniejszeniem emisji zanieczyszczeń.

### Stosowane metody dociepleń

Stosując rozwiązania dociepleń ścian od strony wewnętrznej, mamy w teorii do wyboru trzy główne koncepcje rozwiązań:

- Docieplenie od wewnątrz zapobiegające wystąpieniu kondensacji.  
Literatura [6] zaleca, by wartość dyfuzyjnie równoważnej grubości warstwy powietrza

$s_d$  izolacji termicznej lub zastosowanej paroizolacji przekraczała 1500 m.

- Docieplenie od wewnątrz minimalizujące wystąpienie kondensacji.  
Norma DIN 4108-3 [6] dopuszcza stosowanie materiałów stanowiących opór dyfuzyjny, dla których dyfuzyjnie równoważna grubość warstwy powietrza  $s_d$  zawiera się pomiędzy 0,5 a 1500 m. Tak duże zróżnicowanie wielkości  $s_d$  wpływa niejednoznacznie na oceny poprawności realizowanych dociepleń.
- Docieplenie od wewnątrz dopuszczające wystąpienie kondensacji z udowodnieniem, że powstający w niekorzystnym okresie kondensat odparuje w ciągu roku obliczeniowego.

### Rozwiązania materiałowo-technologiczne

W klasyfikacji metod docieplania od wewnątrz często posługuje się wzajemnymi zależnościami opisującymi zjawiska transportu wilgoci (współczynnik oporu dyfuzyjnego  $\mu$ ), wody (kął zwilżania materiału przez wodę  $\gamma$ ) oraz ciepła (opór cieplny R) [4].

W konsekwencji uzyskuje się podział z uwagi na różne rozwiązania materiałowo-technologiczne [4]:

- metoda jednostronnej bariery – rozwiązanie polega na zwiększeniu oporu cieplnego warstwą termoizolacji oddzielonej od środowiska wewnętrznego paroizolacją; takie rozwiązanie powstrzymuje dyfuzję pary wodnej z wnętrza pomieszczenia w kierunku zewnętrznym (rys. 1b);

- metoda aktywna kapilarnie – zwiększenie oporu cieplnego warstwą izolacji wykonanej z materiału o wysokiej zdolności do transportu kapilarnego wody (rys. 1a);
  - metoda limitowanego oporu cieplnego – docieplenie materiałem otwartodyfuzyjnym o ograniczonym oporze cieplnym bez odrębnej paroizolacji; rozwiązanie to polega na zwiększeniu oporu cieplnego do poziomu niezagrażającego nadmierną kondensacją wewnętrzną pary wodnej w poszczególnych warstwach ocieplonej przegrody;
  - metoda punktowo-kapilarna – bazuje na zamkniętokomórkowym rdzeniu poliuretanowym poddanym perforacji z wypełnieniem otworów materiałem aktywnym kapilarnie;
  - metoda aktywnego docieplenia – zwiększenie oporu cieplnego z wykorzystaniem paneli próżniowych VIP wyposażonych w obwodowe złącza umożliwiające sterowanie skośnym przepływem kapilarnym wilgoci do środowiska wewnętrznego.
- Stosowane rozwiązania materiałowe zestawiono w tabeli 1. i na rys. 2.

Montaż materiału izolacyjnego na ścianie powinien być prowadzony zgodnie z zaleceniami producenta. Najczęstsza metoda montażu to klejenie płyt całopowierzchniowo do ściany i wykończenie ich zgodnie z zasadami systemu ETICS (rys. 3.). W innych przypadkach stosuje się ruszt drewniany lub aluminiowy (z podkładkami termoizolacyjnymi), pomiędzy którym montuje się materiał izolacyjny, często z warstwą paroizolacji w postaci fo-

lii – w zależności od materiału i systemu – wykończoną płytą g-k (rys. 4.).

Jako niewaligiczne miejsca traktuje się mostki termiczne, np. połączenia ścian zewnętrznych z wewnętrznymi lub ze stropami. Na wybranych przykładach przedstawiono różne sposoby ich eliminacji (rys. 5.). Połączenia tego typu wymagają dodatkowych obliczeń cieplnych celem określenia zasięgu mostka cieplnego i odpowiedniego docieplenia przegród sąsiadujących. Najczęściej stosuje się dodatkowy pas izolacji o długości ok. 1 m. Dla docieplanych przegród i ich węzłów należy również oszacować ryzyko kondensacji powierzchniowej wyrażonej czynnikiem temperaturowym  $f_{Rsi}$  oraz dokładną analizę przyrostu wody w założonym okresie eksploatacji.

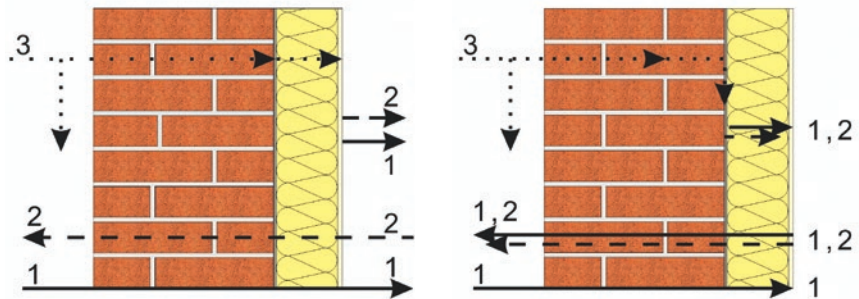
Na rys. 6., 7. przedstawiono wybrane wyniki prowadzonych analiz cieplnych dla detalu połączenia ściany zewnętrznej ze stropem, ocieplonej od wewnątrz wełną mineralną o grubości 10 cm z warstwą folii paroszczelnej wykończoną płytą g-k. Współczynnik przenikania ciepła przegrody wynosi  $U = 0,42$  [W/(m<sup>2</sup>·K)] w dolnej części (ściana z cegły 38 cm) oraz 0,47 [W/(m<sup>2</sup>·K)] w górnej części (ściana z cegły 25 cm). Obliczenia wykonano dla wariantu bez izolacji stropu (W\_1) i z dodatkowym pasem izolacyjnym o grubości 5 cm, długości 1 m i współczynnika przewodzenia ciepła  $\lambda = 0,04$  [W/(m·K)] – wariant W\_2.

Uzyskana z obliczeń wartość liniowego współczynnika przenikania ciepła  $\psi$  [W/(m·K)] (wielkość charakteryzująca mostek termiczny) zmniejszyła się 3-krotnie w stosunku do wartości tego współczynnika w wariantcie bez dodatkowej izolacji stropu. Obliczenia mają charakter poglądowy. Nie obejmują one zagadnień wilgotnościowych, które szerzej opisano publikacjach [4], [5], [11], [12].

### Efektywność stosowanych rozwiązań

Dokonując wyboru materiału termoizolacyjnego, należy wziąć pod uwagę konieczność spełnienia m.in. wymagań formalnych określonych w warunkach technicznych [13] w zakresie współczynnika  $U_{max}$  przegród, wskaźnika EP (pkt 2) oraz kondensacji pary wodnej.

Głównym założeniem izolacji ścian jest obniżenie strat ciepła przez przegrodę, a w konsekwencji obniżenie kosztów ogrzewania budynków oraz obniżenie emisji zanieczyszczeń. Na rysunku 8. przedstawiono wartość współczynnika przenikania ciepła w zależności od grubości materiału izolacyjnego oraz zmiany wielkości strat ciepła w wyniku docieplenia przegrody (rys. 9.). Należy dodać, że dobór grubości materiału izolacyjnego powinien być poprzedzony dokładnymi analizami cieplno-wilgotnościowymi, aby uniknąć ryzyka kondensacyjnego w warstwie stykowej po-



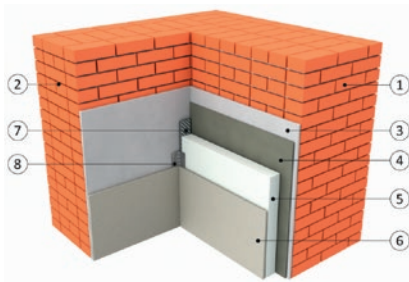
Rys. 1. Wybrane metody docieplania od wewnątrz dla ściany zewnętrznej: a) metoda aktywna kapilarnie, b) metoda z barierą paroszczelną, (1 – letni strumień dyfuzji pary wodnej, 2 – zimowy strumień dyfuzji pary wodnej, 3 – strumień ukośnego deszczu) [4]

Tab.1. Powszechnie stosowane materiały do izolacji cieplnych od wewnątrz

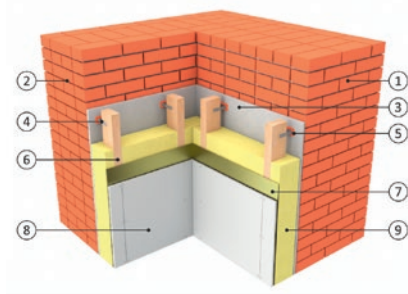
Lp	Materiał	$\lambda$ [W/mK]	$\mu$ [-]
Mineralne materiały komórkowe			
2.	Płyty mineralne	0,042	5–7
3.	Mineralny tynk ciepłochronny	0,07–0,09	7–8
4.	Płyty z lekkiego krzemianu wapnia	0,059	3–6
5.	Płyty keramzytowo-gliniane	0,20	5–10
6.	Płyty siłkatowo-perlitowe	0,045–0,05	5–6
7.	Szkoło piankowe	0,045/0,012	$\infty$
Materiały włókniste			
8.	Wełna mineralna	0,019	>3
Materiały syntetyczne			
9.	Pianka rezolowa	0,022	38
10.	Pianka rezolowa + płyta gk	0,024	538
11.	Polistyren ekstrudowany	0,03	650
12.	Polistyren ekspandowany	0,035–0,04	30
13.	Folia bombelkowa	0,012	50.000
Materiały naturalne			
14.	Wełna drzewna	0,04	3
15.	Płyty korkowo-gliniane	0,07	9–11
16.	Płyty korkowe	0,04	25–30
17.	Płyty z włókien konopnych	0,04	1
18.	Celuloza	0,052	2,4



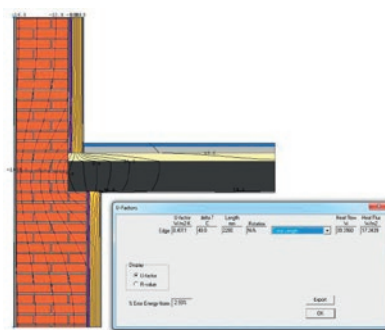
Rys. 2. Innowacyjne rozwiązania do dociepleń od wewnątrz: a) panele recyklingowe [7] b) aerożel [8] c) panele próżniowe VIP [9]



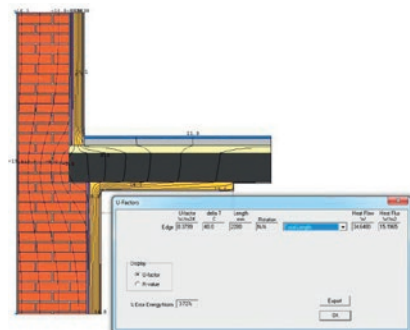
Rys. 3. Detal docieplenia od wewnątrz naroża ściany zewnętrznej; 1 – ściana zewnętrzna frontowa – ceglana, 2 – ściana zewnętrzna – ceglana, 3 – istniejący tynk wewnętrzny, 4 – zaprawa klejowa, 5 – materiał termoizolacyjny, 6 – tynk wewnętrzny nowoprojektowany, 7 – taśma uszczelniająca, 8 – kątownik narożny [10]



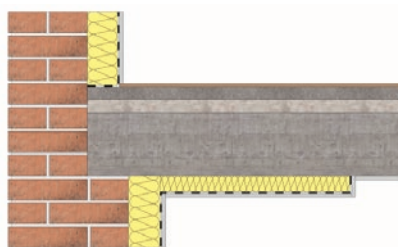
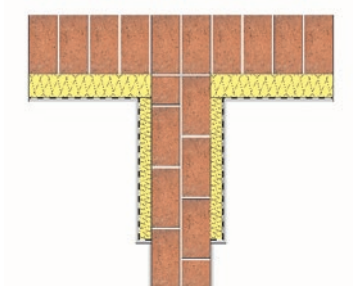
Rys. 4. Detal docieplenia od wewnątrz za pomocą rusztu; 1 – ściana zewnętrzna, 2 – ściana zewnętrzna, 3 – istniejący tynk, 4 – mocowanie aluminiowe, 5 – podkładka termoizolacyjna, 6 – ruszt drewniany, 7 – folia paroszczelna, 8 – płyta g-k, 9 – izolacja termiczna [10]



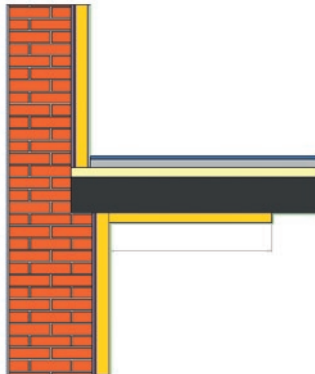
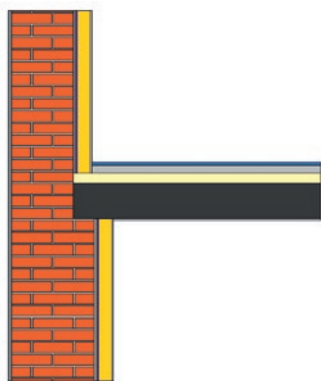
Rys. 7a Izolnie w przekroju wraz z oknem obliczeń



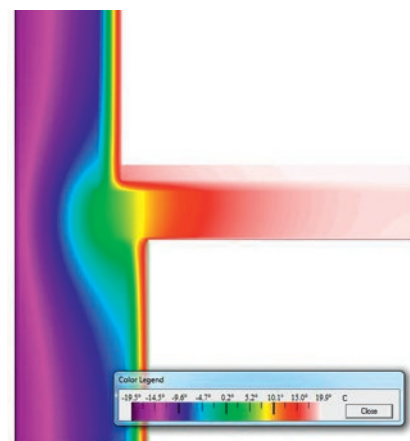
Rys. 7b Izolnie w przekroju wraz z oknem obliczeń



Rys. 5a, b Detale montażowe połączenia ściany zewnętrznej z wewnętrzną lub stropem



Rys. 6a, b Model połączenia ściany zewnętrznej ze stropem: bez docieplenia stropu, z pasem izolacji pod stropem



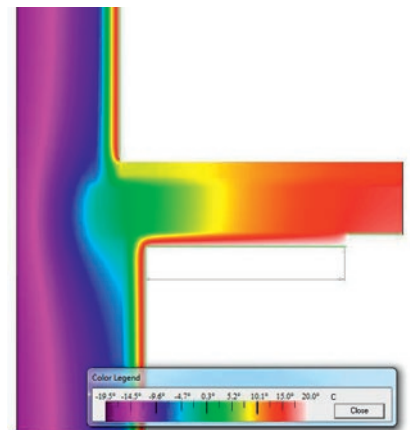
Rys. 7c Rozkład pola temperatur dla detalu bez docieplenia

Tab. 2

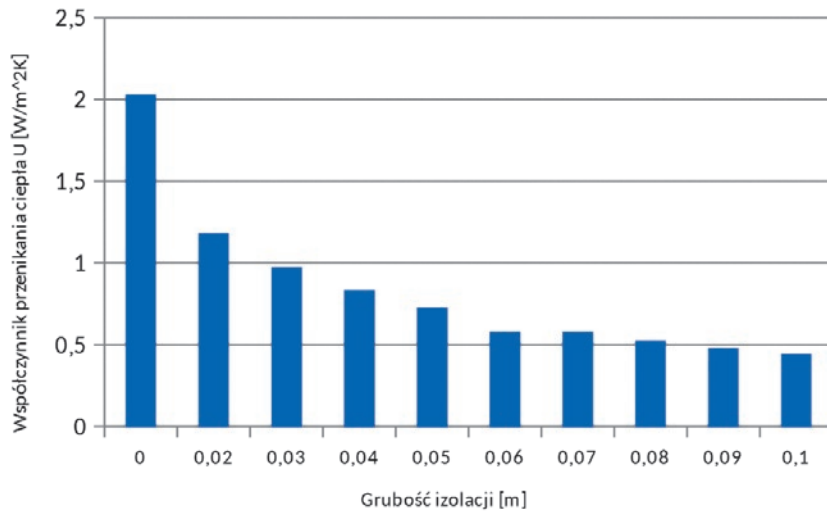
Wariant	W_1	W_2
Strumień ciepła $\Phi$ [W]	39,32	34,65
Współczynnik sprzężenia cieplnego $L^{2D}$ [W/mK]	0,9829	0,8662
Liniowy współczynnik przenikania ciepła $\psi$ [W/mK]	0,18	0,06

Tab. 3. Emisja zanieczyszczeń

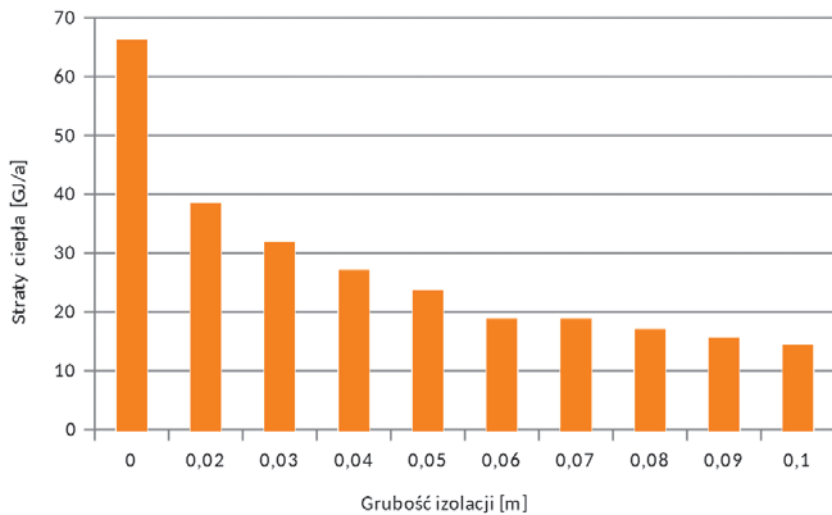
Emisja[kg/a]	Emisja zanieczyszczeń			
	Ściana bez izolacji		Ściana izolowana (grubość izolacji 10cm)	
	Węgiel	Gaz	Węgiel	Gaz
Pył	49,4	0,042	10,7	0,008
SO <sub>2</sub>	1,9	0,005	0,4	0,001
NO <sub>x</sub>	3,5	3,592	0,7	0,762
CO	158,8	1,010	34,4	0,214
CO <sub>2</sub>	6529,4	5512,006	1416,6	1169,213



Rys. 7d Rozkład pola temperatur dla detalu z dociepleniem



Rys. 8. Zmiana wartości współczynnika przenikania ciepła U [W/(m<sup>2</sup>·K)] dla ściany z cegły o grubości 38 cm (wariant 0 – przegroda niedocieplona)



Rys. 9. Straty ciepła dla ściany z cegły o grubości 38 cm o powierzchni 100 m<sup>2</sup> docieplonej materiałem o współczynniku przewodzenia ciepła  $\lambda = 0,04$  [W/(m·K)]

między izolacją a murem. Należy spełnić wymagania zawarte w WTA [14], przywołujące tzw. metodę limitowanego oporu cieplnego, według których poprawa oporu cieplnego  $\Delta R$  nie powinna być większa od  $2,0-2,5$  (m<sup>2</sup>·K)/W.

Głównym kierunkiem polityki klimatyczno-energetycznej jest redukcja emisji gazów cieplarnianych co najmniej o 40% do 2030 r. w porównaniu z 1990 r. oraz zwiększenie udziału energii ze źródeł odnawialnych w zużyciu energii. Ocenę efektu ekologicznego wykonano, posługując się wskaźnikami unosu substancji zanieczyszczających powstających przy spalaniu paliwa typu węgiel kamienny (najbardziej popularny w Polsce) oraz gaz. Założono sprawność systemu ogrzewania na poziomie 85%, kaloryczność węgla 22 kJ/kg, kalorycz-

ność gazu 33 MJ/m<sup>3</sup>. W tabeli 3. zestawiono wyniki obliczeń dla ściany niedocieplonej i izolowanej materiałem o grubości 10 cm i  $\lambda = 0,04$  [W/(m·K)].

### Podsumowanie

Duża gama rozwiązań materiałowo-technologicznych pozwala realizować zadania termomodernizacyjne podnoszące efektywność energetyczną budynków. Projektowanie tego typu izolacji i wszelkie zabiegi renowacyjne na budynku zabytkowym lub innym art. 7. [3] muszą być prowadzone zgodnie z zasadą *primum non nocere*: powinny być racjonalne, ekonomicznie i ekologicznie z uwzględnieniem rachunku optymalizacji rozwiązań oraz z zachowaniem dotychczasowego charakteru budynku i jego walorów historycznych. ■

### PRAWIDŁOWY SPOSÓB CYTOWANIA

Orlik-Koźdoń Bożena, 2019, Termomodernizacja budynków zabytkowych Część 2. Projektowanie dociepleń, Builder 269 (12).  
DOI: 10.5604/01.3001.0013.5635

### Bibliografia

- [1] DYREKTYWA PARLAMENTU EUROPEJSKIEGO I RADY (UE) 2018/844 z dnia 30 maja 2018 r. zmieniająca dyrektywę 2010/31/UE w sprawie charakterystyki energetycznej budynków i dyrektywę 2012/27/UE w sprawie efektywności energetycznej.
- [2] DYREKTYWA PARLAMENTU EUROPEJSKIEGO I RADY 2012/27/UE z dnia 25 października 2012 r. w sprawie efektywności energetycznej, zmiany dyrektyw 2009/125/WE i 2010/30/UE oraz uchylene dyrektyw 2004/8/WE i 2006/32/WE.
- [3] Ustawa z dnia 23 lipca 2003 r. o ochronie zabytków i opiece nad zabytkami (Dz.U. nr 162/2003, poz. 1568, z późn. zm.). [4] Wójcik R.: Docieplenie budynków od wewnątrz, Medium (2017).
- [4] Wójcik R.: Docieplenie budynków od wewnątrz, Medium (2017)
- [5] Orlik-Koźdoń B., Steidl T.: Impact of internal insulation on the hygrothermal performance of brick wall; J. Build. Phys. 2017 vol. 41 iss. 2, s. 120-134, bibliogr. 15 poz.
- [6] DIN 4108-3 Klimabedingter Feuchteschutz; Anforderungen, Berechnungsverfahren Und Hinweise Für Planung Und Ausführung Enthält Randbedingungen Und Rechenvorschriften Für Das Glaser-Verfahren.
- [7] Materiały firmy AKCES, <https://polytech.info.pl/zabytki-i-nie-tylko/polytech-inside>.
- [8] <https://inn-therm.pl/mata-aerogelowa/>.
- [9] <http://www.izolacje.com.pl/arttykul/id1669,izolacje-prozniowe-vip-wlasciwosci-i-przyklady-zastosowan-w-budownictwie>.
- [10] Materiały firmy Sgtechvision.
- [11] Orlik-Koźdoń B., Steidl T., Rubin J.: Wybrane problemy związane z termoizolacją ścian budynków zabytkowych; Izolacje 2018 R. 23 nr 9, s. 34-40, bibliogr. 13 poz.
- [12] Orlik-Koźdoń B.: Warunki brzegowe w modelowaniu procesów ciepno-wilgotnościowych w ścianach ocieplanych od wewnątrz; IZOLACJE 5/2019, str. 26-32.
- [13] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie; Rozporządzenie z dnia 12 kwietnia 2002 r. (Dz.U. Nr 75, poz. 690 z późn. zm.) Tekst ujednolicony – uwzględniający zmiany wprowadzone Dz.U. z 8 grudnia 2017 r. poz. 2285.
- [14] Innendämmung nach WTA I Planungsleitfaden, Referat 6 Bauphysik und Bauchemie, Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e.V., Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 2009.

**Streszczenie:** Artykuł przedstawia zagadnienia problemowe towarzyszące działaniom na rzecz podnoszenia efektywności energetycznej głównie w kontekście termomodernizacji przegród zewnętrznych budynków zabytkowych.

**Słowa kluczowe:** efektywność energetyczna, budynki zabytkowe, docieplenie od wewnątrz

**Abstract:** Thermal modernization of historic buildings. Part 1 Legal conditions. The article presents problem-related issues accompanying activities aimed at increasing energy efficiency, mainly in the context of thermo-modernization of external partitions of historic buildings.

**Keywords:** energy efficiency, historic buildings, insulation from the inside