

mgr inż. Artur Mischuk¹⁾prof. nzw. dr hab. inż. Krzysztof Żmijewski^{1)*}

Analiza budynków o niskim zapotrzebowaniu na energię

Analysis of buildings with low energy consumption

DOI: 10.15199/33.2015.01.06

Streszczenie. W artykule przeanalizowano badania, które zostały wykonane w celu sprawdzenia obecnego zużycia energii w budynkach, w przypadku których inwestor założył, że mają być energooszczędne. Przebadane budynki znajdują się w różnych strefach klimatycznych Polski oraz mają różne rozwiązania konstrukcyjne. Porównano je między sobą oraz z obowiązującymi i przyszłymi wymaganiami określonymi w *Warunkach technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie*. Wniosek generalny z przeprowadzonej analizy to konstatacja, że administracja budowlana nie spełnia swojej roli ochrony inwestora-konsumenta energii.

Słowa kluczowe: test Blower Door, zapotrzebowanie na energię do ogrzewania, budynki energooszczędne i pasywne.

Abstract. The paper shows research analysis regarding verifying the current energy consumption in buildings, which according to investor's assumptions should be energy efficient. Verified buildings are located in various climate areas and have different building structures. The article contains a series of comparisons between tested buildings with the current and future requirements from the regulation *Technical conditions for buildings and their location*. The main conclusion indicates that the building administration does not fulfill its role as the protector of the investor-energy consumer's interests.

Keywords: Blower Door test, the energy heating demand, energy-efficient and passive house.

Z nowelizowane Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej (WT) [1] wprowadza bardziej rygorystyczne wymagania dotyczące nowo projektowanych i wznoszonych budynków, a przede wszystkim stopniowe ograniczenie zużycia energii przez nowe budynki. Interesujący jest obecny stan inwestycji w segmencie budynków deklarowanych jako energooszczędne.

W celu sprawdzenia zużycia energii w budynkach zadeklarowanych przez inwestora jako energooszczędne zostały przeprowadzone badania (praca badawcza realizowana z grantu dziekańskiego 504 M 1088 4083 na Wydziale Inżynierii Lądowej Politechniki Warszawskiej) rzeczywistego zapotrzebowania na energię do ogrzewania. Drugim celem przeprowadzonych badań było oszacowanie liczby istniejących pasywnych budynków jednorodzinnych lub o niskim zapotrzebowaniu na energię.

Do badań wybrano:

- pasywne budynki jednorodzinne, ponieważ w wyniku przeprowadzonej analizy rynku polskiego okazało się, że tzw. budynków pasywnych wielorodzinnych w Polsce dotychczas nie ma;
- budynki znajdujące się w możliwie różnych strefach klimatycznych Polski.

Budynki pasywne lub o niskim zapotrzebowaniu na energię wybierano na podstawie Certyfikatu Energetycznego (w przypadku, gdy budynek takowy posiadał) lub po wstępnej analizie jego konstrukcji. Po wytypowaniu przedsiębiorstw zajmujących się projektowaniem i wznoszeniem budynków będących przedmiotem badania oraz po skontaktowaniu się z właścicielami/deweloperami otrzymano wiele odmów wykonania badań bez podania konkretnych argumentów. Ponadto po przeprowadzeniu wywiadu na temat budynków okazało się w kilku przypadkach, że budynek nie kwalifikuje się do badania.

W sumie przebadano 11 budynków, które następnie poddano szczegółowej analizie. Budynki te znajdują się w okolicach: Tar-

nowskich Gór; Kluczborka; Strzelec Opolskich; Warszawy; Lublina. Ze względu na zastrzeżenie przez właścicieli poufności informacji dotyczących badanych budynków, dokładną ich lokalizację podano tylko orientacyjnie. Podstawowe czynniki, które zostały wykonane przy badaniu każdego budynku, to:

- wykonanie obliczeń niezbędnych do przeprowadzenia badania szczelności budynku (obliczenie powierzchni budynku, przegród zewnętrznych oraz kubatury części ogrzewanej);
- pomiar temperatury oraz wilgotności powietrza na zewnątrz i wewnątrz budynku;
- przeprowadzenie badań temperatury na przegrodach zewnętrznych w czasie rzeczywistym za pomocą kamery termowizyjnej oraz sprawdzenie przegród budynku pod względem możliwości występowania mostków termicznych (pomiaru były prowadzone zarówno po stronie wewnętrznej, jak i zewnętrznej przegród budowlanych ze szczególną koncentracją na węzłach konstrukcyjnych);
- wykonanie badania szczelności obudowy budynku zgodnie z normą PN-EN 13829 [4].

Na podstawie informacji z projektów przekazanych przez właścicieli/deweloperów oraz badań wykonano obliczenia dotyczące teoretycznego zapotrzebowania na energię do ogrzewania.

Opis badanych budynków

Najważniejsze parametry budynków poddanych analizie przedstawiono w tabeli. Rozwiązania konstrukcyjne tych budynków są następujące:

- konstrukcja ścian zewnętrznych: tradycyjna murowana; żelbetowa wykonywana na placu budowy z zastosowaniem szalunku traconego (będącego jednocześnie izolacją termiczną), słupowa, lekka drewniana z wypełnieniem materiałem izolacyjnym;
- rozwiązania fundamentów: ławy fundamentowe lub płyta fundamentowa;
- w ośmiu przypadkach do budynku przylega garaż, w tym w dwóch przypadkach stanowi on oddzielną konstrukcję dostawioną do budynku mieszkalnego.

¹⁾ Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Lądowej

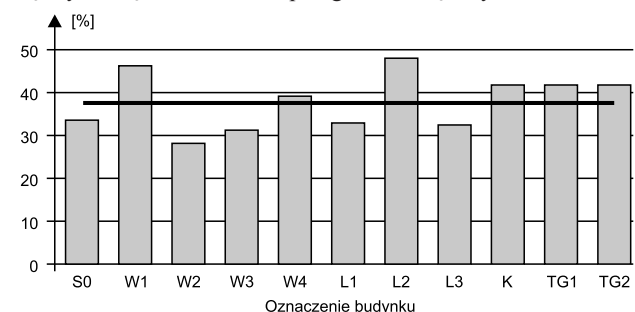
^{*} Autor do korespondencji: krzysztof.zmijewski@interia.pl

Zestawienie wyników przeprowadzonych badań oraz obliczeń

Miejscowość	Strzelce Opolskie	Warszawa				Lublin			Kluczbork	Tarnowskie Góry	
		1	2	3	4	L1	L2	L3		1	2
Oznaczenie budynku [-]	SO	W1	W2	W3	W4	L1	L2	L3	K	TG1	TG2
Liczba mieszkańców w budynku [os.]	3	2	3	2	3	2	2	2	3	4	4
Rok budowy [-]	2011	1997	2012	2010	2013	2011	2009	2012	2013	2012	2012
Pow. ogrzewana budynku [m ²]	130	113	168	141	133	135	347	95	140	145	145
Pow. przegród zewnętrznych [m ²]	388	244	602	459	339	414	727	295	336	349	349
U dachu [W/(m ² *K)]	0,07	0,21	0,1	0,13	0,18	0,11	0,17	0,11	0,1	0,13	0,13
U ścian [W/(m ² *K)]	0,09	0,23	0,15	0,13	0,16	0,17	0,18	0,13	0,1	0,14	0,14
U podłogi [W/(m ² *K)]	0,1	0,24	0,16	0,15	0,23	0,19	0,21	0,14	0,12	0,12	0,12
Powierzchnia okien [m ²]	25,29	24,36	61,36	22,65	41,77	25,9	22,16	13,19	29,3	30,2	36,8
Średnia wartość U dla okien [W/(m ² *K)]	1,02	2,01	1,06	0,93	1,08	1,29	1,85	1	0,85	1,03	1,01
U wszystkich przegród zewnętrznych [W/(m ² *K)]	0,16	0,45	0,26	0,19	0,31	0,23	0,25	0,18	0,18	0,22	0,23
Szczelność budynku [1/h]	1,51	5,33	4,74	0,86	3,55	2,53	1,08	1,95	0,3	4,02	3,62
Zap. na energię do ogrzewania [kWh/(m ² *a)]	20	69	62	34	40	49	45	43	8,4	46	37
Pow. okien do pow. przegród zew. [%]	6,5	10,0	10,2	4,9	12,3	6,3	3,0	4,5	8,7	8,7	10,5
Pow. okien do pow. użytkowej [%]	19,5	21,6	36,5	16,1	31,4	19,2	6,4	13,9	20,9	20,8	25,4
Pow. użytkowa do pow. przegród zew. [%]	33,5	46,3	27,9	30,7	39,2	32,6	47,7	32,2	41,7	41,5	41,5

• izolacja termiczna wykonana została ze styropianu bądź wełny mineralnej o różnej grubości i właściwościach termicznych w zależności od budynku oraz rodzaju przegrody.

Liczba mieszkańców w przebadanych budynkach to 2 – 4 osoby, a średnia niespełna 3 osoby. Powierzchnia użytkowa ogrzewanej części budynków wynosi 95 – 347 m², a kubatura powietrza ogrzewanego 247 – 867 m³, natomiast średnia powierzchnia wszystkich analizowanych budynków to 154 m². Średnia powierzchnia przegród zewnętrznych wszystkich budynków, oddzielających ogrzewaną kubaturę wewnętrzną budynku od środowiska zewnętrznego, została określona na poziomie 409 m². Analizie poddano również udział powierzchni użytkowej w całkowitej powierzchni wszystkich przegród zewnętrznych w każdym z budynków (rysunek 1). W tym zestawieniu najlepiej wypada budynek zlokalizowany w Lublinie (L2), który ma największą powierzchnię użytkową w stosunku do przegród zewnętrznych.



—■— stosunek powierzchni użytkowej do powierzchni przegród zewnętrznych
—■— stosunek średniej powierzchni użytkowej do powierzchni przegród zewnętrznych

Rys. 1. Stosunek powierzchni użytkowej do powierzchni przegród zewnętrznych

Wyniki badań

Wyliczony średni współczynnik przenikania ciepła (U) każdego z budynków wynosi:

■ 0,13 W/(m²*K) w przypadku dachu, stropodachu lub stropu oddzielającego część ogrzewaną od nieogrzewanej (rysunek 2). Spełnia on warunek dotyczący maksymalnej wartości współczynnika przenikania ciepła tego typu przegrody $U_{C(max)} \leq 0,15$ W/(m²*K) przy $t_i \geq 16$ °C, która będzie obowiązywać w nowo projektowanych i wykonywanych budynkach od 1 stycznia 2021 (WT2021) [1].

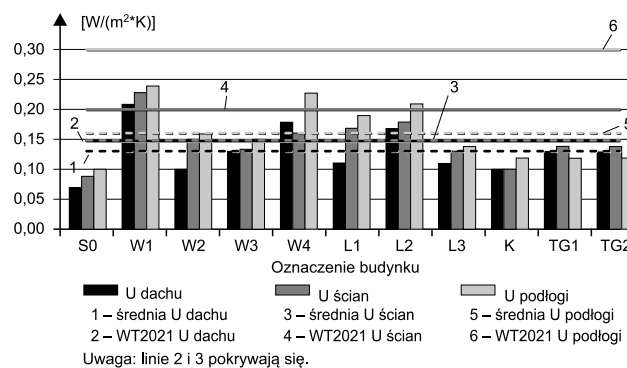
W przypadku trzech budynków (W1, W4, L2) wartość ta została przekroczona. Dach w budynku W1 nie będzie również spełniał wymagania $U_{C(max)} \leq 0,18$ W/(m²*K) określonego w Warunkach Technicznych [1] dla budynków wykonywanych po 17 stycznia 2017 r. (WT2017). Dach ten nie spełnia nawet obecnie obowiązujących (od 1 stycznia 2014) wymagań (WT2014) określających graniczny dopuszczalny poziom $U_{C(max)} \leq 0,20$ W/(m²*K) przy $t_i \geq 16$ °C [1];

■ 0,15 W/(m²*K) w przypadku ścian zewnętrznych (rysunek 2). Wartość ta spełnia warunek dotyczący maksymalnej wartości współczynnika przenikania ciepła przegrody $U_{C(max)} \leq 0,20$ W/(m²*K) przy $t_i \geq 16$ °C (WT2021). W przypadku tej przegrody tylko jeden budynek (W1) ma przekroczoną wartość;

■ 0,16 W/(m²*K) w przypadku podłogi na gruncie (rysunek 2). Wartość ta spełnia warunek dotyczący maksymalnej wartości współczynnika przenikania ciepła tego typu przegrody $U_{C(max)} \leq 0,30$ W/(m²*K) przy $t_i \geq 16$ °C (WT2021). W przypadku podłogi na gruncie żaden z budynków nie przekroczył dopuszczalnej wartości maksymalnej;

■ średni wyliczony współczynnik przenikania ciepła wszystkich przegród zewnętrznych w budynkach wynosi ok. 0,24 W/(m²*K). Jedynie w przypadku budynku znajdującego się w Warszawie (W1) jest on blisko dwukrotnie wyższy od wartości średniej wszystkich budynków i wynosi 0,45 W/(m²*K).

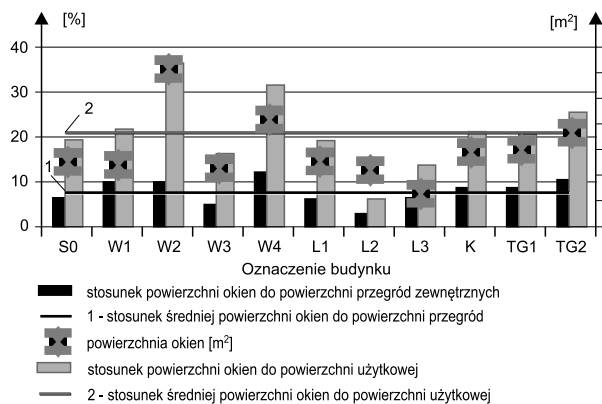
Kolejnym, dość istotnym, parametrem wpływającym na końcowe obliczenia jest stolarka okienna. W przypadku budynku o najmniejszej powierzchni użytkowej (L3) powierzchnia stolarki



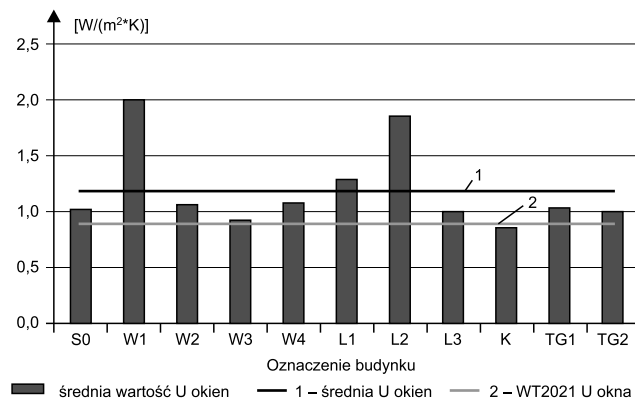
Rys. 2. Wartość współczynnika U dachu, ściany i podłogi na gruncie

okazała się najmniejsza i wyniosła ok. 13,2 m² (rysunek 3). Inny budynek znajdujący się w Warszawie (W2) ma powierzchnię przeszkleń ponad dwukrotnie większą (61 m²) niż średnia dla wszystkich analizowanych budynków (30 m²). Rozpatrując udział powierzchni stolarki okiennej w całkowitej powierzchni przegród zewnętrznych (rysunek 3) można zauważyć, iż najbardziej przeszklony jest budynek znajdujący się w Warszawie (W4) i posiada on ok. 42 m² przeszkleń (12,3%). Rozpatrując tę samą powierzchnię stolarki, tym razem w stosunku do powierzchni użytkowej, najbardziej przeszklony jest budynek W2 (37%). W budynku o najwyższym średnim współczynniku przenikania ciepła, okna mają najgorsze parametry termiczne (średni współczynnik przenikania ciepła wszystkich okien wyniósł 2,0 W/(m²K)) (rysunek 4). Tylko w przypadku jednego budynku (K) warunek stawiany w WT2021 dotyczący wartości maksymalnej współczynnika przenikania ciepła okien i drzwi balkonowych ($U_{(max)} \leq 0,90$ W/(m²K) przy $t_i \geq 16$ °C) [1] został spełniony. W trzech przypadkach (W1, L1 oraz L2) okna nie spełniłyby (od 1 stycznia 2017 r.) Warunków Technicznych (WT2017), w których współczynnik $U_{(max)} \leq 1,10$ W/(m²K) [1]. Dwa z wymienionych budynków (W1, L2) nie spełniają nawet obecnych wymagań (WT2013) dotyczących izolacyjności stolarki okiennej ($U_{(max)} \leq 1,30$ W/(m²K)) [1].

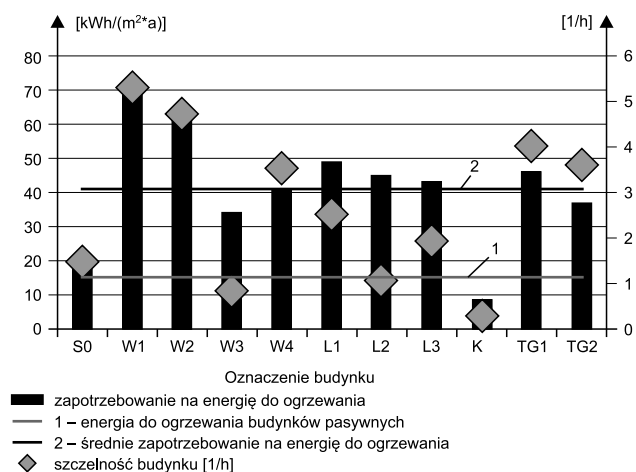
Bardzo duży wpływ na zapotrzebowanie na energię do ogrzewania ma **szczerłość obudowy budynku**, która w zależności od budynku wynosi od $n_{50} = 0,30$ h⁻¹ (gdzie n_{50} to liczba wymiany powietrza w budynku przy różnicy ciśnienia 50 Pa) do $n_{50} = 5,33$ h⁻¹ (rysunek 5) w przypadku budynku (W1) o oknach, które są w bardzo złym stanie technicznym. Przedstawione obliczenia przełożyły się bezpośrednio na zapotrzebowanie na ciepło do ogrzewania przebadanych budynków (rysunek 5). Najniższa wartość zapotrze-



Rys. 3. Powierzchnia stolarki okiennej w stosunku do powierzchni przegród zewnętrznych i użytkowej

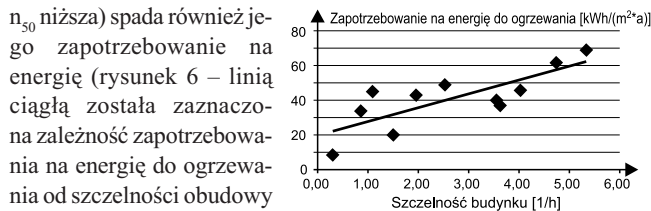


Rys. 4. Średnia wartość współczynnika U stolarki



Rys. 5. Wskaźnik zapotrzebowania na energię oraz szczerłość budynku

bowania na energię wynosi 8,4 kWh/(m²a) w przypadku budynku K, zaś najwyższa 69 kWh/(m²a) w przypadku budynku znajdującego się w Warszawie (W1). Średnia wartość zapotrzebowania na ciepło we wszystkich budynkach to 41 kWh/(m²a), a po wyeliminowaniu budynku „najgorszego” – 39 kWh/(m²a). Analizie poddano również wpływ szczerłości obudowy budynku na jego zapotrzebowanie na energię do ogrzewania. Przeprowadzone obliczenia wskazują, że wraz ze wzrostem szczerłości budynku (im wartość n_{50} niższa) spada również jego zapotrzebowanie na energię (rysunek 6 – linią ciągłą została zaznaczona zależność zapotrzebowania na energię do ogrzewania od szczerłości obudowy budynku).



Rys. 6. Zależność zapotrzebowania na energię do ogrzewania od szczerłości budynku

Na poziom zapotrzebowania na energię ma również wpływ rozmieszczenie stolarki okiennej względem stron świata [3]. Dwa spośród przebadanych budynków (TG1, TG2) są niemal identyczne, różnią się nieznacznie powierzchnią okien (różnica wynosi niespełna 7 m²) oraz usytuowaniem budynku względem stron świata (budynki obrócone są o 90° względem siebie). Różnica w ustawieniu budynku oraz w szczerłości obudowy budynku dość znacznie wpływa na wzrost zużycia energii w budynkach (różnica między nimi wynosi 9 kWh/(m²a)).

Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych rozmów z inwestorami/developerami, badań oraz analiz stwierdzono, że w obecnej sytuacji:

- brak fachowego zaangażowania inwestora podczas budowy sprawia, że popełniane są błędy w wykonawstwie, dotyczące przede wszystkim węzłów konstrukcyjnych oraz montażu okien;
- inwestor musi się doszkalać, aby mieć prawidłowo zaprojektowany i wykonany energooszczędny budynek;
- projektanci wykazują brak wiedzy dotyczącej wymagań zawartych w Warunkach Technicznych, jakie będą obowiązywać od 1 stycznia 2021 r. [1];
- projektanci oraz wykonawcy nie mają wiedzy na temat wpływu szczerłości budynku na jego zapotrzebowanie na energię;
- nie ma rzetelnej informacji dla inwestora na temat wpływu współczynnika U przegród zewnętrznych na zapotrzebowanie

na energię do ogrzewania, co bezpośrednio wpływa na koszty poniesione na ogrzewanie.

Bez zainteresowania inwestorów budową standard wykonania budynku jest czasami bardzo niski. Na podstawie przeprowadzonych badań uważamy, że **administracja budowlana nie spełnia swojej roli ochrony inwestora-konsumenta energii** i to zarówno w **fazie akceptowania projektów budowlanych** (zawierających wady projektowe), jak i **nadzoru budowlanego** (w trakcie realizacji). Być może dlatego środowisko budowlane broni się i to dość skutecznie przed zastosowaniem wymagań w zakresie efektywności energetycznej budynków. Warto wspomnieć, że np. we Francji budynki finansowane ze środków publicznych muszą być od 1 stycznia 2019 r. zeroenergetyczne, a od 2020 r. dodatkowo energetyczne [2]. Należy podkreślić, że firmy rekomendujące się jako wyspecjalizowane w budownictwie pasywnym/energooszczędnym z reguły nie zgadzały się na przeprowadzenie badań pomimo deklarowanej gwarancji anonimowości. Odmiały też przekazania kontaktów do swoich klientów. Ankietowani in-

westorzy chcieli otrzymać domy niskoenergetyczne, ale nie byli w stanie samodzielnie zaangażować się w nadzór nad procesem budowlanym zarówno na etapie projektowania, jak i wykonawstwa. Zgodnie z prawem za dyscyplinowanie tego procesu odpowiada państwo. Niestety w Polsce nie wypełnia ono swojej roli.

Literatura

- [1] Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z 5 lipca 2013 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie;
- [2] Żmijewski K.: Dom niemal zeroenergetyczny, miesięcznik Materiały Budowlane 1/2013, Warszawa 2013;
- [3] Kaliszuk-Wietecha A., Miszczuk A.: Rozkład zapotrzebowania na energię pierwotną i końcową w budynku wielorodzinnym, miesięcznik Materiały Budowlane 12/2013, Warszawa 2013;
- [4] PN-EN 13829:2002 Właściwości cieplne budynków – Określanie przepuszczalności powietrznej budynków – Metoda pomiaru ciśnieniowego z użyciem wentylatora.

Otrzymano 02.01.2015

dr inż. Bożena Orlik-Koźdon¹⁾
dr inż. Paweł Krause¹⁾
dr inż. Tomasz Steidl^{1),*}

Projektowanie docieplenia ścian zewnętrznych od wewnątrz

Design of the thermal insulation of external walls from the inside

DOI: 10.15199/33.2015.01.07

Streszczenie. W artykule omówiono zalecenia dotyczące docieplenia murów ceglanych od strony wewnętrznej. Na podstawie badań, doświadczeń własnych oraz literatury, autorzy zaproponowali ogólne zasady projektowania przegród zewnętrznych izolowanych ciepłnie od strony wewnętrznej. Przedstawiono procedury niezbędnych analiz przedprojektowych, jakie należy przeprowadzić przed podjęciem decyzji o dociepleniu ściany od wewnątrz oraz programy komputerowe wspomagające takie analizy. Zaprezentowano wybrane materiały do izolacji cieplnej od strony wewnętrznej i zasady, jakie powinny być przestrzegane przy ich stosowaniu.

Słowa kluczowe: ocieplenie od wewnątrz, izolacja cieplna, wilgotność materiału, symulacje.

Abstract. The article discusses the recommendations for the warming from the inside brick walls. Based on research, personal experience and the literature, the authors have proposed general principles for design of external walls insulated on the inside. Describes the procedures necessary analyzes to be carried out pre-project, before deciding on thermal insulation of walls from the inside and computer programs to support such analysis. Presented were selected thermal insulation on the inside and the principles that should be followed when applying them.

Keywords: warming from the inside, heat insulation, moisture of the material, simulations.

Projektowanie i wykonywanie dociepleń ścian od strony wewnętrznej zalecane jest w przypadku, gdy elewacje lub ich część muszą pozostać w stanie niezmiennym oraz w budynkach zabytkowych. W Polsce takie docieplanie nie jest realizowane na szerszą skalę, natomiast w Niemczech w 2015 r. planuje się wykonanie ok. 7 mln m² dociepleń od strony wewnętrznej. Aby upowszechnić ten sposób docieplania, należy spełnić kilka warunków

dotyczących projektowania, doboru materiałów i technologii oraz rzetelnego wykonawstwa.

Wymagania prawne do projektowania ociepleń od strony wewnętrznej

Docieplenie od strony wewnętrznej niewielkiego fragmentu budynku, np. jednej ściany pokoju, czy kilku ścian w mieszkaniu nie podlega przepisom i praktycznie może być wykonane przez właściciela mieszkania lub obiektu bez jakiegokolwiek projektu. W każdym innym przypadku wymagane jest spełnienie warunków zawartych w rozporządzeniu [1]. Wymagania nie

są rygorystyczne, np. p. 2.2.5. rozporządzenia dopuszcza kondensację pary wodnej, o której mowa w § 321 ust. 2, wewnątrz przegrody w okresie zimowym, o ile struktura przegrody umożliwi wyparowanie kondensatu w okresie letnim i nie nastąpi przy tym degradacja materiałów budowlanych przegrody na skutek tej kondensacji.

Rozporządzenie [1] przywołuje normę PN-EN 13788:2003; pt. *Cieplno-wilgotnościowe właściwości komponentów budowlanych i elementów budynku – Temperatura powierzchni wewnętrznej konieczna do uniknięcia krytycznej wilgotności powierzchni i kondensacji międzywarstwowej – Metody obliczania* [2], która jest

¹⁾ Politechnika Śląska w Gliwicach, Wydział Budownictwa

^{*} Autor do korespondencji: tomasz.steidl@polsl.pl