

Anna LIS
Politechnika Częstochowska

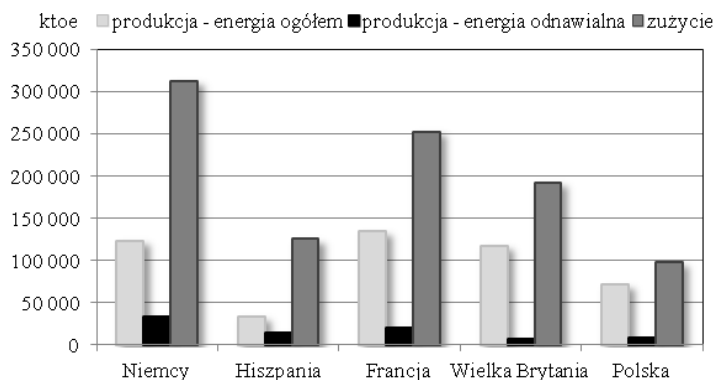
ENERGOCHŁONNOŚĆ BUDYNKÓW EDUKACYJNYCH I ICH IZOLACYJNOŚĆ CIEPLNA W ŚWIETLE AKTUALNYCH WYMAGAŃ

W artykule zaprezentowano aktualne wymagania dotyczące izolacyjności cieplnej i oszczędności energii oraz przedstawiono poziomy izolacyjności przegród w istniejących budynkach edukacyjnych i ich energochłonność. Wskazano możliwość dostosowania struktury do obowiązujących wymagań.

Słowa kluczowe: wymagania z zakresu oszczędności energii i izolacyjności cieplnej, współczynnik przenikania ciepła, wskaźnik zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną, budynki edukacyjne

WPROWADZENIE

Polska jest jednym z największych producentów energii pierwotnej w Unii Europejskiej. W 2012 roku Polska wytworzyła 8,9% energii pierwotnej i zajęła czwarte miejsce wśród państw członkowskich przed Francją (16,8%), Niemcami (15,4%) oraz Wielką Brytanią (14,6%). Udział Polski w zużyciu energii był natomiast niższy i wyniósł w 2012 r. 5,8% [1]. W przypadku energii ze źródeł odnawialnych, udział tej energii w pozyskaniu energii pierwotnej systematycznie wzrasta zarówno w Polsce, jak i w całej Unii Europejskiej (rys. 1). W Polsce pozyskuje się ją głównie z biomasy oraz wiatru.



Rys. 1. Pozyskanie i zużycie energii [1]

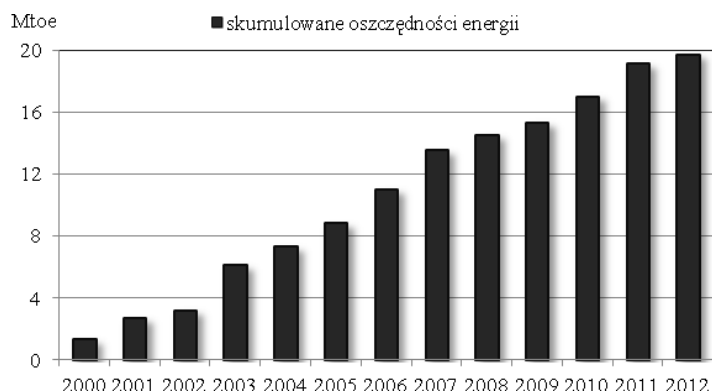
Udział zużycia energii na ogrzewanie w ogólnym bilansie zużycia energii systematycznie maleje, co jest związane z wprowadzaniem coraz bardziej restrykcyjnych wymagań w zakresie izolacyjności cieplnej i oszczędności energii, instalacją bardziej wydajnych urządzeń grzewczych oraz intensyfikacją działań w zakresie termomodernizacji budynków. Niestety udział energii elektrycznej wzrósł na przestrzeni ostatnich dwudziestu lat nawet dwukrotnie, co jest związane ze wzrostem ilości urządzeń elektrotechnicznych [2].

Polska, jako kraj członkowski Unii Europejskiej, podjęła zobowiązanie zwiększenia efektywności energetycznej o 20% do 2020 roku [3]. Cel indykatorywny w zakresie efektywności energetycznej dla Polski, ustalony na podstawie dyrektywy 2012/27/UE, obejmuje ograniczenie zużycia energii pierwotnej w latach 2010-2020 o 13,6 Mtoe oraz osiągnięcie określonego bezwzględnego poziomu zużycia energii finalnej i pierwotnej w 2020 roku, zgodnie z art. 3 ust. 1 dyrektywy. Wartości bezwzględnego zużycia energii finalnej i pierwotnej na 2020 rok zostały ustalone na podstawie danych opracowanych w ramach analiz i prognoz przeprowadzonych na potrzeby opracowania dokumentu rządowego „Polityka energetyczna Polski do 2030 roku” [4]. Cele w zakresie efektywności energetycznej do osiągnięcia przez Polskę do 2020 roku przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Cele w zakresie efektywności energetycznej na 2020 rok [2]

Ograniczenie zużycia energii pierwotnej w latach 2010-2020	Zużycie energii finalnej	Zużycie energii pierwotnej
Mtoe		
13,6	71,6	96,4

Skumulowane oszczędności energii od 2000 do 2012 roku wyniosły 19,7 Mtoe [2]. Wskazują one, o ile byłoby wyższe zużycie energii w danym roku, gdyby nie wprowadzono usprawnień z zakresu efektywności energetycznej (rys. 2). Oszczędności energii w dłuższym okresie lepiej ilustrują skumulowaną wielkość oszczędności.



Rys. 2. Skumulowane oszczędności energii w okresie 2000-2012 [2]

1. AKTUALNE WYMAGANIA ODNOŚNIE DO IZOLACYJNOŚCI CIEPLNEJ I OSZCZĘDNOŚĆ ENERGII

Aktualne wymagania odnośnie do izolacyjności cieplej i oszczędności energii zostały uchwalone w 2013 roku i będą wprowadzane w trzech etapach. Według warunków technicznych [5], przegrody budowlane powinny odpowiadać, kolejno od 1 stycznia 2014, 2017 i 2021 roku, przynajmniej wymaganiom izolacyjności cieplnej wyrażonej skorygowanym współczynnikiem przenikania ciepła $U_{C(max)}$. Wartości te dla podstawowych przegród przy temperaturze w pomieszczeniach powyżej 16°C przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Maksymalne wartości współczynnika przenikania ciepła $U_{C(max)}$ [5]

Rodzaj przegrody i temperatura w pomieszczeniu	$U_{C(max)}$ [W/(m ² K)]		
	od 1.01.2014	od 1.01.2017	od 1.01.2021
Ściany zewnętrzne: – przy $t_i \geq 16^\circ\text{C}$	0,25	0,23	0,20
Dachy, stropodachy i stropy pod nieogrzewanymi poddaszami lub przejazdami: – przy $t_i \geq 16^\circ\text{C}$	0,20	0,18	0,15
Podłogi na gruncie: – przy $t_i \geq 16^\circ\text{C}$	0,30	0,30	0,30
Stropy nad pomieszczeniami nieogrzewanymi i zamkniętymi przestrzeniami podpodłogowymi: – przy $t_i \geq 16^\circ\text{C}$	0,25	0,25	0,25

Nowe wartości $U_{(max)}$ dla stolarki okiennej i drzwiowej, które będą obowiązywać w kolejnych latach, przedstawiono w tabeli 3.

Tabela 3. Wartości współczynnika $U_{(max)}$ dla okien i drzwi [5]

Okna, drzwi balkonowe i drzwi zewnętrzne	$U_{(max)}$ [W/(m ² K)]		
	od 1.01.2014	od 1.01.2017	od 1.01.2021
Okna, drzwi balkonowe i powierzchnie przezroczyste nieotwieralne: – przy $t_i \geq 16^\circ\text{C}$	1,3	1,1	0,9
Drzwi zewnętrzne lub w przegrodach między pomieszczeniami ogrzewanymi i nieogrzewanymi	1,7	1,5	1,3

Drugim parametrem określonym w wymaganiach [5] jest wskaźnik rocznego obliczeniowego zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną EP. Nieodnawialna energia pierwotna to umowna wielkość uzyskana przez pomnożenie energii końcowej przez współczynniki nakładu, obrazujące umowną szkodliwość ekologiczną danego rodzaju paliwa. Nowe warunki techniczne określają stałe

maksymalne wartości wskaźnika EP_{H+W} na potrzeby ogrzewania, wentylacji i przygotowania ciepłej wody użytkowej dla poszczególnych rodzajów budynków (tab. 4). Wartości te mogą być powiększone o ilość energii zużywanej na chłodzenie ΔEP_C (tab. 5) i oświetlenie budynku ΔEP_L (tab. 6).

Tabela 4. Wartości $EP_{(max)}$ na potrzeby ogrzewania, wentylacji i ciepłej wody [5]

Rodzaj budynku	Maksymalne EP_{H+W} [kWh/(m ² rok)]		
	od 1.01.2014	od 1.01.2017	od 1.01.2021
Budynek mieszkalny:			
– jednorodzinny	120	95	70
– wielorodzinny	105	85	65
Budynek zamieszkania zbiorowego	95	85	75
Budynek użyteczności publicznej:			
– opieki zdrowotnej	390	290	190
– pozostałe	65	60	45
Budynek gospodarczy, magazynowy i produkcyjny	110	90	70

Tabela 5. Wartości $\Delta EP_{C(max)}$ na potrzeby chłodzenia [5]

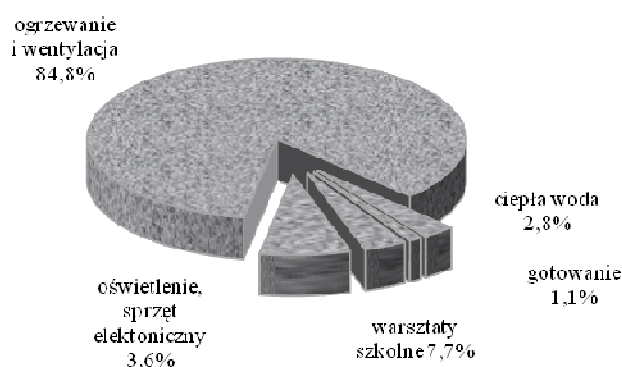
Rodzaj budynku	Maksymalne ΔEP_C [kWh/(m ² rok)]		
	od 1.01.2014	od 1.01.2017	od 1.01.2021
Budynek mieszkalny:			
– jednorodzinny	10 A_{CC}/A_f	10 A_{CC}/A_f	5 A_{CC}/A_f
– wielorodzinny			
Budynek zamieszkania zbiorowego			
Budynek użyteczności publicznej:			
– opieki zdrowotnej	25 A_{CC}/A_f	25 A_{CC}/A_f	25 A_{CC}/A_f
– pozostałe			
Budynek gospodarczy, magazynowy i produkcyjny			

Tabela 6. Wartości $EP_{(max)}$ na potrzeby oświetlenia [5]

Rodzaj budynku	Maksymalne ΔEP_L [kWh/(m ² rok)]		
	od 1.01.2014	od 1.01.2017	od 1.01.2021
Budynek mieszkalny:			
– jednorodzinny	0	0	0
– wielorodzinny			
Budynek zamieszkania zbiorowego	$t_o < 2500$	$t_o < 2500$	$t_o < 2500$
Budynek użyteczności publicznej:	50	50	25
– opieki zdrowotnej			
– pozostałe	$t_o \geq 2500$	$t_o \geq 2500$	$t_o \geq 2500$
Budynek gospodarczy, magazynowy i produkcyjny	100	100	50

2. IZOLACYJNOŚĆ CIEPLNA I ENERGOCHŁONNOŚĆ BUDYNKÓW EDUKACYJNYCH

Ocenę izolacyjności cieplnej przegród i energochłonności przeprowadzono dla grupy budynków edukacyjnych zlokalizowanych na terenie województwa śląskiego. Budynki edukacyjne charakteryzują się specyficznym usytuowaniem w terenie, odmiennym kształtem bryły i rozwiązaniem układu funkcjonalnego wnętrza, znaczną wysokością kondygnacji, wysokim procentem przeszklenia elewacji, zwłaszcza południowej, dużą powierzchnią przegród chłodzących dla poszczególnych pomieszczeń w stosunku do kubatury ogrzewanej oraz czasowym i różnorodnym użytkowaniem poszczególnych pomieszczeń. Cechuje je też nieco odmienna struktura zużycia energii. Przykładową strukturę zużycia energii w budynkach edukacyjnych przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 2. Struktura zużycia energii w budynkach edukacyjnych

Pomimo że budynki edukacyjne są użytkowane czasowo, co wiąże się z przerwami w ogrzewaniu zarówno w okresie doby, jak i okresie tygodnia, charakteryzują się one procentowo wyższym poziomem zużycia energii na cele grzewcze niż np. budynki mieszkalne. W tabeli 7 przedstawiono zużycie ciepła dla ocenianych budynków Q/P oraz wskaźniki zapotrzebowania na energię użytkową EU, końcową EK i pierwotną EP.

Tabela 7. Wartości wskaźników zużycia i zapotrzebowania na energię

Budynki edukacyjne:	Q/P	EU	EK	EP
	kWh/(m ² rok)			
– typowe	256,9	202,3	240,8	313,1
– zaadaptowane	306,5	334,6	388,4	459,2
– wszystkie	277,7	257,8	303,4	376,7

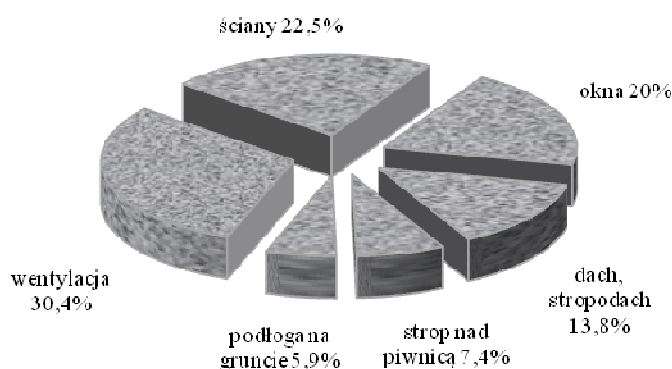
Znaczna wartość zużycia energii w ocenianej strukturze budynków wiąże się m.in. z niską izolacyjnością cieplną ich przegród. Wielkością charakteryzującą

własności termoizolacyjne przegród jest współczynnik przenikania ciepła U . Współczynniki przenikania ciepła dla poszczególnych przegród przedstawiono w tabeli 8.

Tabela 8. Wartości współczynników przenikania ciepła przegród

Współczynnik przenikania ciepła poszczególnych przegród [W/(m ² K)]	Budynki edukacyjne		
	typowe	zaadaptowane	wszystkie
– ścian zewnętrznych	1,13	1,24	1,18
– dachów, stropodachów	0,71	0,58	0,70
– stropów pod poddaszem	–	1,24	1,24
– stropów nad piwnicą	1,01	0,92	0,98
– podłóg na gruncie	0,79	0,92	0,84
– okien	2,6	2,6	2,6
– drzwi	2,6	3,1	2,8

Współczynniki przenikania ciepła dla wszystkich przegród przekraczają wartości zawarte w wymaganiach [5]. Przy niskiej izolacyjności cieplnej przegród straty ciepła na drodze przenikania stanowią duży udział w ogólnym bilansie strat. Udział poszczególnych strat ciepła w ogólnym bilansie strat dla analizowanej struktury budynków przedstawiono na rysunku 3.



Rys. 3. Udział strat ciepła w ogólnym bilansie strat

Udział strat ciepła przez poszczególne przegrody jest różny i zależy od ich izolacyjności cieplnej oraz udziału powierzchni danej przegrody w ogólnej powierzchni przegród chłodzących. Ilość ciepła traconego przez przegrody jest wprost proporcjonalna do ich powierzchni i odwrotnie proporcjonalna do ich izolacyjności cieplnej. Zmiany zużycia ciepła do ogrzewania były w największym stopniu zdeterminowane zmianami współczynnika przenikania ciepła ścian.

3. DOSTOSOWANIE IZOLACYJNOŚCI CIEPLNEJ BUDYNKÓW EDUKACYJNYCH DO AKTUALNYCH WYMAGAŃ

Aby dostosować izolacyjność cieplną przegród analizowanej struktury budynków edukacyjnych do aktualnych wymagań, konieczne jest przeprowadzenie prac dociepleniowych. W tabeli 9 przedstawiono minimalne wartości grubości izolacji cieplnej, jakie należałoby zastosować, przegrodach, by spełniały one warunki techniczne w zakresie współczynnika przenikania ciepła [5]. Wybrano materiał o standardowej wartości współczynnika przewodzenia ciepła $\lambda = 0,04 \text{ W}/(\text{m K})$. Obliczenia przeprowadzono dla kolejnych trzech etapów wymagań z roku 2014, 2017 i 2021.

Tabela 9. Zwiększenie grubość izolacji cieplnej w przegrodzie przy jej danym poziomie izolacyjności dla materiału o $\lambda = 0,04 \text{ W}/(\text{m K})$

Rodzaj przegrody	U_C [W/(m ² K)]	$U_{C(\max)}$ 2014 [W/(m ² K)]	d_{\min} [cm]	$U_{C(\max)}$ 2017 [W/(m ² K)]	d_{\min} [cm]	$U_{C(\max)}$ 2021 [W/(m ² K)]	d_{\min} [cm]
Ściana zewnętrzna	1,18	0,25	13	0,23	14	0,20	17
Dach/Stropodach	0,70	0,20	14	0,18	17	0,15	21
Strop pod poddaszem	1,24	0,20	17	0,18	19	0,15	23
Strop nad piwnicą	0,98	0,25	12	0,25	12	0,25	12
Podłoga na gruncie	0,84	0,30	9	0,30	9	0,30	9

Dostosowania izolacyjności cieplnej stolarki do obowiązujących wymagań wiąże się z jej wymianą. Sprzyja to jednocześnie poprawie izolacyjności akustycznej i szczelności budynku, co ogranicza straty ciepła na ogrzanie powietrza wymienianego w procesie wentylacji. Polepszenie własności termoizolacyjnych okien wiąże się jednak czasem z ograniczeniem przepuszczania promieniowania słonecznego przez szyby i zmniejszeniem zysków ciepła. Na rynku istnieją obecnie rozwiązania okien z wielokomorowymi profilami i zestawami szyb wypełnionymi gazem lub zaopatrzonymi w specjalne powłoki, które pozwalają na pozyskanie energii lub blokują jej straty do środowiska zewnętrznego, o niskich wartościach współczynników przenikania ciepła. W tabeli 10 przedstawiono ofertę okien i drzwi dostępnych na rynku o najniższym współczynnikiem przenikania ciepła.

Tabela 10. Okna i drzwi dostępne na polskim rynku

Rodzaj okna/drzwi	U [W/(m ² K)]
TopTHERMO - profil PCV, trzyszybowy pakiet z kryptonem	0,6
IGLO ENERGY - profil PCV, trzyszybowy pakiet z argonem	0,6
energeto® 8000 - profil PCV, trzyszybowy pakiet z argonem	0,61
Brillant-Design - PCV, wypełnienie Clima-Class	0,8
Enegooszczędne PARMAX - drewno, wypełnienie pianka termo	0,68

PODSUMOWANIE

Wartości współczynników przenikania ciepła wszystkich przegród w budynkach edukacyjnych są przekroczone w stosunku do aktualnie obowiązujących wymagań w tym zakresie [5]. Wyznaczony wskaźnik zapotrzebowania na energię oraz wskaźnik zużycia ciepła w odniesieniu do ogrzewanej powierzchni były w znacznym stopniu zdeterminowane przez wartości współczynników przenikania ciepła przegród. Powiązanie wymienionych wskaźników było najbardziej wyraźne ze współczynnikiem przenikania ciepła ścian zewnętrznych i stropodachów. Zależność ta szczególnie wyraźnie rysowała się dla grupy typowych budynków edukacyjnych. W tej grupie zmiany wskaźnika zapotrzebowania na energię były w 55% zdeterminowane zmianami współczynnika U ścian zewnętrznych oraz w 41% zmianami współczynnika U stropodachów. Przy ocenie wpływu współczynników U na zużycie energii stwierdzono nieco niższe współczynniki determinacji.

Przeprowadzono analizę możliwości zmniejszenia obliczeniowego zapotrzebowania na energię użytkową oraz obniżenia wartości współczynników przenikania ciepła przegród. Przy założeniu wartości współczynników dla poszczególnych przegród na poziomie zalecanych obecnie wartości maksymalnych można byłoby ograniczyć wartość zapotrzebowania na energię o około 48%.

LITERATURA

- [1] Gospodarka paliwowo-energetyczna, Informacje i opracowania statystyczne, Główny Urząd Statystyczny, Warszawa 2014.
- [2] Efektywność wykorzystania energii w latach 2002-2012, Informacje i opracowania statystyczne, Główny Urząd Statystyczny, Warszawa 2014.
- [3] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2012/27/UE z dnia 25 października 2012 r. w sprawie efektywności energetycznej.
- [4] Polityka energetyczna Polski do 2030 roku, Ministerstwo Gospodarki, Warszawa 2009.
- [5] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, DzU 2002, Nr 75, poz. 690 ze zm. (DzU 2013, poz. 926).

ENERGY CONSUMPTION AND THERMAL INSULATION OF EDUCATIONAL BUILDINGS IN VIEW OF CURRENT REQUIREMENTS

The article presents the current requirements for thermal insulation and energy savings and partition insulation levels in existing educational buildings and their energy consumption. Indicated the possibility of adapting these structure to existing requirements.

Keywords: requirements of energy saving and thermal insulation, thermal transmittance, indicator of demand for non-renewable primary energy, educational buildings