

POZIOM SZCZELNOŚCI JEDNORODZINNYCH BUDYNKÓW ENERGOOSZCZĘDNYCH W POLSCE

Artur MISZCZUK

*Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Lądowej, Instytut Inżynierii Budowlanej, Zespół Budownictwa Ogólnego i Zrównoważonego Rozwoju
Al. Armii Ludowej 16, 00-637 Warszawa, e-mail: a.miszczuk@il.pw.edu.pl*

Streszczenie: W artykule przedstawiono wyniki badań szczelności przeprowadzonych w budynkach jednorodzinnych o podwyższonym standardzie energetycznym. W pierwszej części przedstawiono główne wymagania dotyczące parametrów szczelności budynku zawarte w normach polskich, standardach europejskich oraz NFOŚiGW. W celu sformułowania wniosków przeprowadzone zostały ilościowe oraz jakościowe badania szczelności obudowy jednorodzinnych budynków pasywnych i energooszczędnych. Procedurę badawczą oparto na normie PN-EN 13829. Uzyskane wyniki wskazują w części budynków na odstępstwa od wymagań określonych w normach.

Słowa kluczowe: szczelność powietrzna budynku, Blower Door, budynek energooszczędny, wentylacja mechaniczna

1. ISTOTA ZACHOWANIA SZCZELNOŚCI BUDYNKU

Szczelność przegród zewnętrznych to zachowanie jak najwyższego ograniczenia swobodnej cyrkulacji powietrza między środowiskiem wewnętrznym, a zewnętrznym budynku. Niska szczelność budynku skutkuje szeregiem zagrożeń zarówno dla budynku oraz jego użytkowników.

Do najważniejszych zagrożeń należą:

- pojawienie się międzywarstwowej kondensacji pary wodnej,
- ryzyko powstania i rozwoju grzybów pleśniowych,
- obniżenie akustyki pomieszczeń.

Na szczelność powietrzną należy zwrócić uwagę w przypadku budynków energooszczędnych i pasywnych. W energetycznym bilansie całkowitym tych budynków dużą rolę odgrywają wszelkiego rodzaju nawet niewielkie straty energii. Bardzo często osiągnięcie pożądanego, bardzo niskiego zapotrzebowania na energię zależy od stopnia szczelności przegród [4].

2. WYMAGANIA

2.1. Wymagania międzynarodowe

Podpisanie dyrektywy dotyczącej charakterystyki energetycznej budynków (EPBD) przez państwa należące do Unii Europejskiej, wymusiło dążenie do ograniczania zużycia energii w budynkach. W poszczególnych krajach przyjęto zapisy dotyczące ograniczania infiltracji powietrza do/z budynków.

Tabela 1. Dopuszczalny minimalny poziom szczelności powietrznej budynków w Europie [1,5,6].

Table 1. Acceptable level of air-tightness in European buildings [1,5,6].

kraj	wymagania szczelności przy różnicy 50 Pa	
	wentylacja grawitacyjna	wentylacja mechaniczna
Polska	$3,0 \text{ h}^{-1}$	$1,5 \text{ h}^{-1}$
Niemcy	$3,0 \text{ h}^{-1}$ lub $7,8 \text{ m}^3/\text{h}$ na m^2 powierzchni podłogi	$1,5 \text{ h}^{-1}$ lub $3,9 \text{ m}^3/\text{h}$ na m^2 powierzchni podłogi
Czechy	$4,5 \text{ h}^{-1}$	bez odzysku ciepła: $1,5 \text{ h}^{-1}$ z odzyskiem ciepła: $1,0 \text{ h}^{-1}$
Litwa	$3,0 \text{ h}^{-1}$	$1,5 \text{ h}^{-1}$
Wielka Brytania	nowe mieszkania, budynki usługowe i użyteczności publicznej ponad 500 m^2 : $10 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$	

Niektóre kraje takie jak Polska, Czechy czy Niemcy mają różne wymagania dla systemu wentylacji grawitacyjnej i mechanicznej (tab.1). Jest to spowodowane tym, że wentylacja mechaniczna pracuje przy wyższej różnicy ciśnień (wentylacja wywiewna) [2].

Szczelność budynku opisywana jest najczęściej za pomocą liczby wymian powietrza w budynku w ciągu 1h - n_{50} [h^{-1}] (jest to stosunek strumienia przecieku powietrza przy różnicy ciśnień 50Pa (V_{50}) do kubatury wewnętrznej (V)) (równanie 1).

$$n_{50} = \frac{V_{50}}{V} [h^{-1}] \quad (1)$$

Dokładna metodologia według której należy przeprowadzić badanie szczelności budynku została przedstawiona w europejskiej normie PN-EN 13829:2002 [7], która obowiązuje również w Polsce.

W zdecydowanej większości krajów UE nie ma obowiązku przeprowadzania badań szczelności, jest ono jedynie zalecane. Brakuje również zapisów prawnych dotyczących podwyższenia szczelności dla budynków projektowanych jako pasywne czy energooszczędne.

W przypadku wystąpienia o wydanie certyfikatu (przez PHI bądź BBC-Effinergie) dla budynku pasywnego bądź energooszczędnego przeprowadzenie badania szczelności jest obowiązkowe. Dla budynku pasywnego (certyfikat PHI Darmstadt) szczelność budynku powinna zostać zapewniona na poziomie $n_{50} \leq 0,6h^{-1}$. Francuski system certyfikacji (BBC-Effinergie) wymaga zapewnienia szczelności dla budynków jednorodzinnych lepszej niż $0,6m^3/(h \cdot m^2)$ dla różnicy ciśnienia 4Pa lub $1,0m^3/(h \cdot m^2)$ w przypadku budynków zamieszkania zbiorowego [2].

2.2. Wymagania krajowe

Wymagania dotyczące szczelności powietrznej dla nowych budynków określono w Warunkach Technicznych [8]:

„2.3.3. Zalecana szczelność powietrzna budynków wynosi: w budynkach z wentylacją grawitacyjną lub wentylacją hybrydową - $n_{50} < 3,0 h^{-1}$, w budynkach z wentylacją mechaniczną lub klimatyzacją - $n_{50} < 1,5 h^{-1}$.”

2.3.4. Zalecane jest, by po zakończeniu budowy budynek mieszkalny, zamieszkania zbiorowego, użyteczności publicznej i produkcyjny został poddany próbie szczelności ...”.

Zastąpienie w Warunkach Technicznych [8] słowa „wymagana” słowem „zalecana” powoduje, że przepis staje się całkowicie martwy i zdecydowana większość inwestorów/deweloperów nie przeprowadza takiego badania.

Podobnie jak w przypadku Francji czy Niemiec, w Polsce również istnieje instytucja (NFOSiGW), która „docenia” inwestorów wznoszących budynki energooszczędne (NF40)

i pasywne (NF15). W celu uzyskania odpowiedniego dofinansowania, budynek musi przejść procedurę weryfikacyjną w skład której wchodzi między innymi badanie szczelności jego powłoki. Aby budynek zakwalifikować do standardu NF40, szczelność powinna spełniać warunek $n_{50} \leq 1,0h^{-1}$, zaś dla NF15 odpowiednio $n_{50} \leq 0,6h^{-1}$.

3. BADANIA

W celu sprawdzenia poziomu szczelności w obecnie wznoszonych w Polsce budynkach do których inwestor założył, że mają być energooszczędne zostały przeprowadzone badania zgodnie z normą PN-EN 13829:2002 [7].

3.1. Procedura przeprowadzenia badania

Do badań zostały zakwalifikowane budynki:

- jednorodzinne,
- pasywne lub o niskim zapotrzebowaniu na energię,
- wyposażone w wentylację mechaniczną z odzyskiem ciepła,
- znajdujące się w możliwie różnych strefach klimatycznych Polski,
- wzniesione w ostatnich latach (większość budynków została wybudowana po 2010r.).

Przebieg badania [7]:

- sprawdzenie, czy warunki atmosferyczne umożliwiają przeprowadzenie badania,
- przygotowanie budynku do badania (m.in. zamknięcie lub zatkanie poszczególnych otworów),
- lokalizacja ewentualnych nieszczelności, ich udokumentowanie i uszczelnienie,
- wykonanie docelowego pomiaru (pomiar różnicy ciśnienia i strumienia przepływu powietrza),
- sporządzenie raportu końcowego z badania.

3.2. Wyniki badań

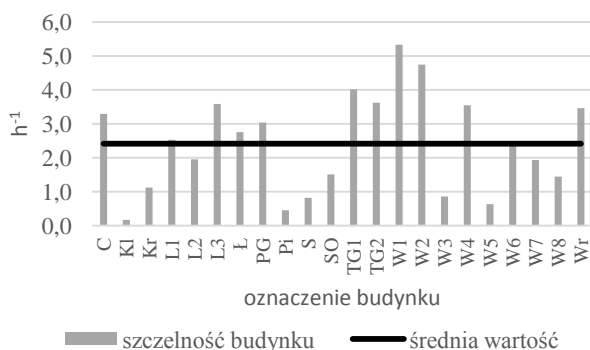
Do badania szczelności powłoki zewnętrznej zostały zakwalifikowane 25 budynki. Z powodu niesprzyjających warunków atmosferycznych, takich jak prędkość wiatru przekraczająca dopuszczalną wartość 6m/s określoną w normie [7] oraz silnych podmuchów i zmiany kierunku wiatru, które mogłyby przyczynić się do zafałszowania wyników, badanie zostało przeprowadzone na 22 budynkach (tabela 2).

Tabela 2. Zestawienie wyników przeprowadzonych badań i obliczeń.
Table 2. Summary of research results and calculations.

Miejscowość	[-]	Częstochowa	Kluczbork	Kraków	Lublin			Łódź	Pruszcz Gdański	Siedlce	Piła	Strzelce Opolskie	Tarnowskie Góry	Warszawa								Wrocław	
		C	Kl	Kr	L1	L2	L3	Ł	PG	S	Pi	SO	TG1	TG2	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	Wr
Oznaczenie budynku	[-]	C	Kl	Kr	L1	L2	L3	Ł	PG	S	Pi	SO	TG1	TG2	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	Wr
pow. ogrzewana budynku	[m ²]	114	140	143	135	95	125	276	109	197	161	130	145	145	113	168	141	133	102	214	140	172	138
pow. przegród zewnętrznych	[m ²]	266	336	373	414	295	502	366	457	409	604	388	349	349	244	602	459	339	417	423	537	408	445
szczerłość budynku	[h ⁻¹]	3,29	0,17	1,12	2,53	1,95	3,58	2,75	3,04	0,82	0,45	1,51	4,02	3,62	5,33	4,74	0,86	3,55	0,63	2,43	1,93	1,44	3,46

Rozwiązania konstrukcyjne przebadanych budynków:

- fundament – większość z budynków posiada łąwę fundamentową, tylko 4 budynki (L3, PG, TG1, TG2) zastały posadowione na płycie fundamentowej,
- ściany - 4 budynki (C, L2, Pi, W4) posiadają lekką konstrukcję ścian (konstrukcja drewniana z wypełnieniem izolacją termiczną), pozostałe budynki charakteryzują się konstrukcją murowaną,
- dach - wszystkie budynki posiadają konstrukcję lekką (konstrukcję drewnianą z wypełnieniem termoizolacją).

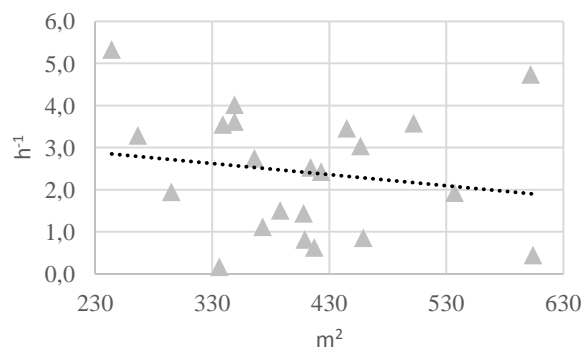


Rys. 1. Poziom szczelności obudowy budynku.
Fig. 1. Level of air-tightness of the building.

Budynki poddane analizie posiadały zróżnicowany poziom szczelności (od $n_{50}=0,17$ do $5,33h^{-1}$). W większości z nich przekroczona została zalecana dla budynków z wentylacją mechaniczną wartość infiltracji powietrza ($n_{50}<1,5 h^{-1}$) [8]. Średnia wartość infiltracji powietrza wyniosła $n_{50}=2,4h^{-1}$

(rys.1), przekracza ona ponad 1,5-krotnie również wartość dopuszczalną.

Zostało również wykonane odniesienie szczelności budynku do powierzchni przegród przez które dochodzi do niekontrolowanego przepływu powietrza zewnętrznego (rys. 2). Można sformułować następujący wniosek - wzrost powierzchni zewnętrznych przekłada się w niewielkim stopniu na wzrost szczelności budynku.



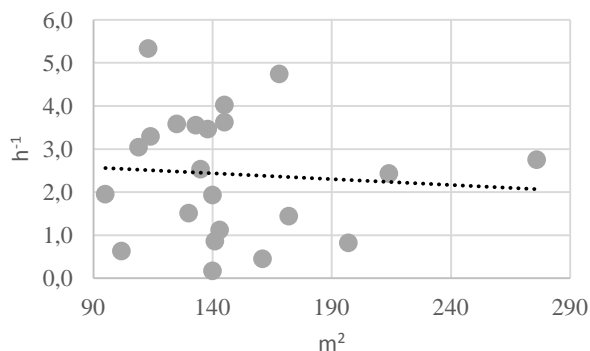
Rys. 2. Zależność szczelności budynku od powierzchni przegród zewnętrznych.
Fig. 2. The dependence of air-tightness from the external surfaces of the building.

W przypadku zaś odniesienia szczelności budynku do powierzchni użytkowej (rys.3) – wzrost powierzchni budynku nieznacznie wpływa na polepszenie szczelności.

Do najczęściej występujących nieszczelności należą:

- połączenia ram okiennych/drzwiowych z ościeżami,
- połączenia różnych rodzajów przegród zewnętrznych (podłoga-ściana, dach-ściana, strop-ściana),

- przejścia instalacji (wodno-kanalizacyjnych, elektrycznych, wentylacyjnych, grzewczych i innych) przez przegrody zewnętrzne [3],
- przegrody oddzielające część ogrzewaną od nieogrzewanej.



Rys. 3. Zależność szczelności budynku od powierzchni użytkowej budynku.

Fig. 3. The dependence of air-tightness from floor area of the building.

4. PODSUMOWANIE

W wyniku przeprowadzonych badań uzyskano właściwe dla każdego z budynków wartości szczelności obudowy zewnętrznej. Poziom szczelności budynków (o czym wspomniano wcześniej) rozkładał się w przedziale od $n_{50}=0,17$ do $5,33h^{-1}$.

Analizowane budynki charakteryzowały się różną konstrukcją ścian, co nie wpływało znacząco na poziom szczelności. Zarówno budynek o najgorszym (W1) jak i najlepszym (K1) poziomie szczelności posiada taką samą konstrukcję ścian (ściany murowane).

Na osiągnięcie niższej niż przewidziano w normie szczelności budynku miał wpływ przede wszystkim czynnik ludzki. Brak doświadczenia oraz niedokładne wykonanie powłoki szczelnej obudowy budynku, szczególnie w miejscu występowania węzłów konstrukcyjnych, przyczyniło się do powstania niekontrolowanego przepływu powietrza zewnętrznego i znacznej utraty energii.

Bardzo często popełniane są podstawowe błędy wykonawcze podczas wykonywania izolacji powietrzno-szczelnej co później mocno rzutuje na poziom szczelności budynku.

Najczęstszymi miejscami takich błędów są nieszczelnie wykonane przejścia instalacji przez przegrody zewnętrzne oraz nieszczelności na połączeniach izolacji paroszczelnej.

LEVEL OF AIRTIGHTNESS IN ENERGY-EFFICIENT SINGLE-FAMILY HOUSES IN POLAND

Summary: This paper presents the results of the research tightness in the single family houses with higher energy standard. First part contains the requirements for the air tightness of the building from both Polish and European standards and also guidelines laid down by the NFOŚiGW. The test procedure was based on the PN-EN 13829. The results indicate derogation from the requirements specified in the standard in case of some buildings.

Literatura

[1] Erhorn-Kluttig H., Erhorn H, Lahmidi H, Airtightness requirements for high performance building envelopes, ASIEPI European project, Report P157, 05.03.2009

[2] Firląg Sz., Szczelność powietrzna budynków pasywnych i energooszczędnych – wyniki badań, Czasopismo Techniczne, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Zeszyt 3, rok 109.

[3] Firląg Sz., Miszczuk A.; Szczelność powietrzna budynków energooszczędnych a instalacje, miesięcznik Rynek Instalacyjny 4'2015, Warszawa 2015.

[4] Miszczuk A., Żmijewski K.; Analiza rynku budynków o niskim zapotrzebowaniu na energię w Polsce, miesięcznik Materiały Budowlane 1'2015, Warszawa 2015.

[5] Peuhkuri R., Tschui A, Pedersen S, Application of the local criteria/standards and their differences for very low-energy and low energy houses in the participating countries, NORTHPASS European project, Report, 12.03.2010.

[6] Conservation of fuel and power in new dwellings, HM Government, 2013.

[7] PN-EN 13829:2002; „Właściwości cieplne budynków - Określanie przepuszczalności powietrznej budynków - Metoda pomiaru ciśnieniowego z użyciem wentylatora”

[8] Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 5.VII.2013 zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie;