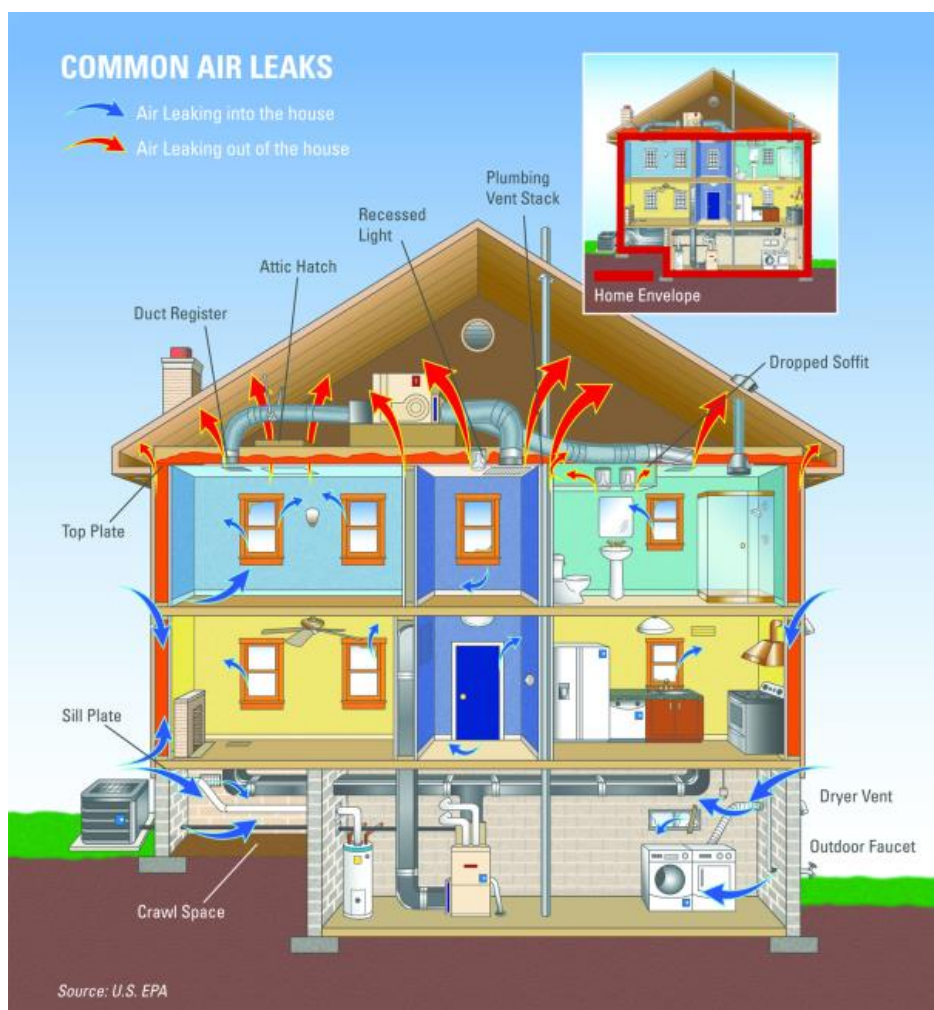


Efektywność energetyczna / Badanie szczelności powietrznej budynków

Wprowadzenie

Zapewnienie odpowiedniej szczelności powietrznej jest bardzo istotne z punktu widzenia efektywności energetycznej budynku. Jest ona szczególnie ważna dla budynków o niskim zapotrzebowaniu na energię, w szczególności budynków pasywnych, dla których zapotrzebowanie na energię do ogrzewania w sezonie grzewczym nie przekracza 15 kWh/m^2 i zero-energetycznych, które wyposażone są w wentylację mechaniczną z odzyskiem ciepła (rekuperacją). Brak szczelności powietrznej budynku powoduje niekontrolowaną infiltrację (napływ powietrza zewnętrznego do budynku) i eksfiltrację (odpływ powietrza wewnętrznego z budynku) przez szczeliny (Rys.1). Szacuje się, że może to spowodować zwiększenie zapotrzebowania na energię do celów grzewczych w wyżej wymienionych budynkach nawet o 30-40% [1]. Należy mieć też na uwadze dalsze konsekwencje w postaci wystąpienia kondensacji pary wodnej w przegrodzie, na jej powierzchni, obniżenia komfortu cieplnego, a także akustycznego oraz konsekwencje ekonomiczne.



Rys.1. Miejsca infiltracji i eksfiltracji powietrza z budynku

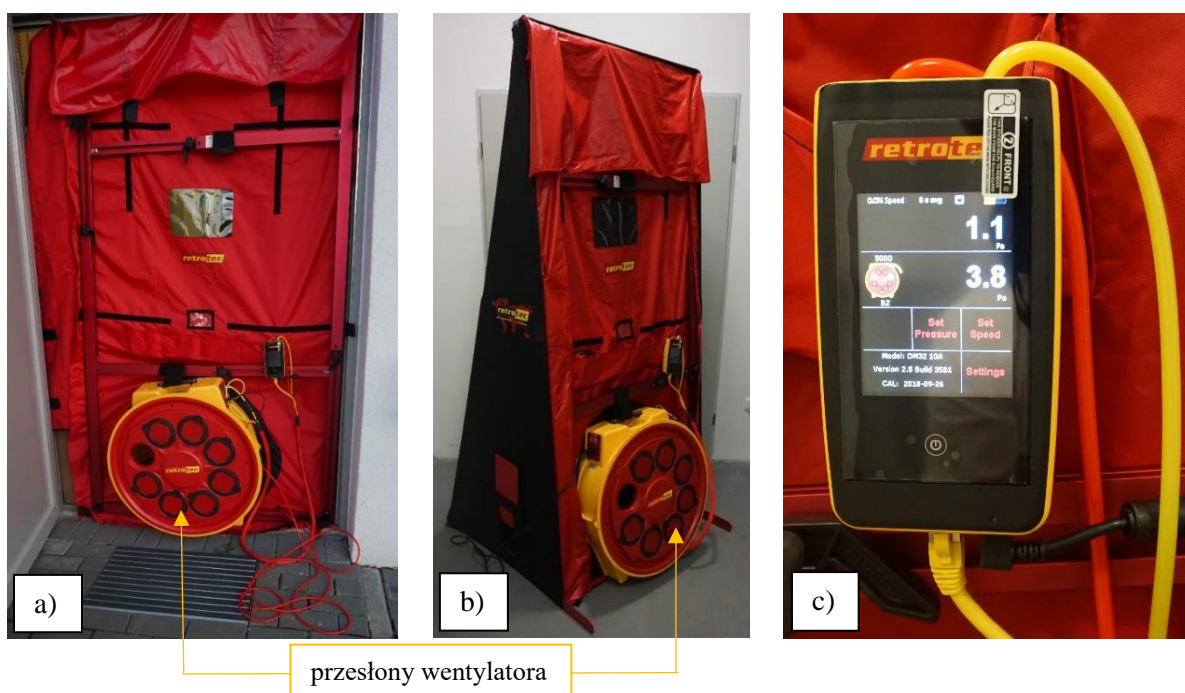
Przykładowe miejsca infiltracji i eksfiltracji:

- ✓ otwory okienne i drzwiowe;
- ✓ progi drzwi wejściowych;
- ✓ miejsca styku ścian zewnętrznych z dachem, stropami, podłogą na gruncie i fundamentami;
- ✓ miejsca styku ścian zewnętrznych z płytą fundamentową;
- ✓ przejścia przewodów instalacyjnych;
- ✓ gniazdka, łączniki, puszki elektryczne.

Test szczelności powietrznej

Test szczelności przeprowadza się z reguły w czasie trwania budowy na etapie stanu surowego zamkniętego oraz po zakończeniu wszystkich prac dla potwierdzenia wyników. Nierzadko badanie wykonuje się także dla budynków użytkowanych. Jest ono jednym ze sposobów kontroli jakości robót budowlanych i weryfikacją efektywności energetycznej budynku.

Urządzeniem powszechnie stosowanym do wykonywania testu szczelności powietrznej jest tzw. **Blower Door System** (Rys.2).



Rys.2. a) Blower Door System b) Wersja edukacyjna systemu tzw. „Symulator domu” c) Sterownik
Laboratorium badawcze UZ nad efektywnością energetyczną w budownictwie, Nowy Kisielin

W skład zestawu wchodzi metalowa rama do instalacji wentylatora, wentylator, sterownik, oprogramowanie komputerowe, komplet rurek i kabli do wszystkich połączeń.

Badanie polega na wymuszeniu różnicy ciśnień równej **50 Pa (5 mm H₂O)** między budynkiem a jego otoczeniem poprzez zastosowanie wentylatora tłoczącego określony strumień powietrza. Wykonuje się z dwa pomiary – w podciśnieniu i nadciśnieniu, dzięki którym można określić

odpowiednio strumień powietrza infiltrującego i eksfiltrującego V_{50} [m^3/h]. Wynik jest średnią arytmetyczną z obu pomiarów.

Jednak podstawowym parametrem charakteryzującym szczelność powietrzną budynku jest parametr n_{50} [h^{-1}] zwany współczynnikiem krotności wymian powietrza. Informuje on o liczbie wymian powietrza w budynku, jaka jest konieczna do uzyskania pod- lub nadciśnienia równego 50 Pa. Można też powiedzieć, że dostarcza informacji o tym, ile powietrza wymienia się w budynku przez nieszczelności w ciągu 1 godziny. Jeśli np. w budynku o kubaturze $500 m^3$ w wyniku pomiaru otrzymamy wartość $n_{50} = 0,5 h^{-1}$, to oznacza, że $250 m^3$ powietrza w ciągu 1 godziny wydostaje się z budynku przez nieszczelności.

Aby określić wartość parametru n_{50} konieczna jest informacja o kubaturze wewnętrznej budynku V [m^3], wówczas $n_{50} = V_{50} / V$.

Uzyskaną wartość współczynnika n_{50} porównujemy z wartością dopuszczalną.

Dla budynków :

- ✓ **pasywnych** $n_{50} \leq 0,6 h^{-1}$
- ✓ **zero-energetycznych** $n_{50} \leq 0,3 h^{-1}$
- ✓ z wentylacją grawitacyjną lub wentylacją hybrydową – $n_{50} \leq 3,0 h^{-1}$
- ✓ w budynkach z wentylacją mechaniczną lub klimatyzacją – $n_{50} \leq 1,5 h^{-1}$

Etapy przeprowadzenia testu

1. Przygotowanie budynku: w tym celu zamykana jest wentylacja, wszystkie drzwi i okna zewnętrzne, a także zasłaniane są wszystkie inne celowo wykonane otwory zewnętrzne; drzwi wewnętrzne pozostają otwarte.
2. Do programu komputerowego wprowadza się dane takie jak:
 - kubatura wewnętrzna budynku,
 - prędkość wiatru,
 - ciśnienie atmosferyczne,
 - temperatura wewnątrz i na zewnątrz budynku.

Warunki klimatyczne są istotnym czynnikiem, który należy uwzględnić przy planowaniu badania (np. zbyt silny wiatr czy zbyt duża różnica temperatur mogą utrudnić lub nawet uniemożliwić wykonanie badania).

3. Na drzwi zewnętrzne lub ramę okienną zakładana jest aluminiowa rama wraz wentylatorem (Rys.2a). Do wentylatora podłączany się sterownik (Rys.2c), a ten do komputera z

odpowiednim oprogramowaniem. Zakres działania wentylatora (tj. ilość przepływającego powietrza) regulowany jest za pomocą tzw. przesłon zamykających jego światło (Rys.2a).

4. W pierwszej fazie pomiaru sprawdzana jest rzeczywista różnica ciśnienia między środowiskiem zewnętrznym i wewnętrznym. Jeśli różnica nie przekracza wartości 5 Pa, rozpoczyna się druga faza pomiaru.
5. Uruchamiany zostaje wentylator, a wskutek otwierania poszczególnych przesłon regulowana jest wielkość nawiewanego lub wywiewanego strumienia powietrza. Obroty wentylatora zwiększa się stopniowo aż do uzyskania różnicy ciśnień 50 Pa.
6. W trakcie wytworzonej różnicy ciśnień identyfikuje się przecieki powietrza w powłoce budynku. Do tego celu można zastosować tzw. wytwornicę dymu, anemometr, dzięki któremu można zarejestrować wielkość przepływu w m³/h czy też kamerę termowizyjną. Uzyskane informacje pozwalają na określenie koniecznych działań w celu likwidacji nieszczelności w budynku.
7. Po zakończonym badaniu sporządzany jest raport, który zawiera wszystkie informacje o budynku oraz warunkach, w jakich przeprowadzono badanie. Na podstawie pomiarów i wprowadzanych danych program oblicza parametry charakteryzujące szczelność powietrzą budynku, w tym krotność wymiany powietrza n_{50} .

[1] Firląg S., *Szczelność powietrzna budynków pasywnych i energooszczędnych – wyniki badań*, Czasopismo Techniczne Wydawnictwa Politechniki Krakowskiej, 2012, R. 109, z. 2-B, 105-113.

Opracowanie:

Dr inż. Anna Staszczuk