



## “Oddychalność” elementów budynku

### WARUNEK ZDROWEGO I KOMFORTOWEGO KLIMATU POWIETRZNEGO W POMIESZCZENIACH?

#### TREŚĆ

- Streszczenie
- Wprowadzenie
- Komfort powietrzny w pomieszczeniu a wilgotność
- Kondensacja na powierzchni elementów budynku
- Buforowanie wilgoci przez konstrukcję budynku
- Transport wilgoci przez dyfuzję w porównaniu do wymiany powietrza przez wentylację
- Wnioski

\*\*\*

#### STRESZCZENIE

Niektórzy uczestnicy rynku twierdzą, że szczelne konstrukcje budowlane powodują niezdrowy klimat wewnątrz pomieszczeń. Wzywają do używania „oddychających” elementów budowlanych oraz do stosowania „oddychających” produktów do izolacji cieplnej. Tylko oni zdołali połączyć izolację cieplną z ochroną przeciwwilgociową oraz odprowadzanie wilgoci i niebezpiecznych substancji przez wymianę powietrza.

Takie stwierdzenia są mylące i wiele zjawisk zostało połączonych w ramach pojęcia „oddychalność”. Fizyka budowli oraz standaryzacja nie stosują tego terminu, tylko oddzielają odpowiednie zjawiska, jak kondensacja pary wodnej na powierzchni wewnętrznej, buforowanie wilgoci przez elementy budynku, dyfuzja pary wodnej przez zewnętrzne elementy budynku i transport wilgoci przez masową wymianę powietrza i kontrolowaną wentylację.

Badania pokazują, że wygodne i zdrowe budynki potrzebują odpowiedniego poziomu izolacji cieplnej i kontrolowanej masowej wymiany powietrza przez wentylację. Nie jest jednak istotne, czy stosowane produkty do izolacji cieplnej są dyfuzyjnie otwarte czy dyfuzyjnie szczelne. Produkty do izolacji cieplnej z PU oferują doskonałe poziomy izolacyjności i odpowiadają wymaganiom stawianym budynkom niskoenergetycznym.

Kondensacja pary wodnej na zimnych powierzchniach wewnątrz budynku może stanowić podłoże do powstawania pleśni. Najlepiej można temu zapobiec poprzez odpowiednio skuteczną izolację termiczną budynku. Szczególną uwagę należy zwrócić na unikanie mostków termicznych, ponieważ mogą one powodować miejscową kondensację nawet w dobrze skądinąd zaizolowanym obiekcie. Produkty o strukturze zamknięto-komórkowej, takie jak PU, oferują dodatkową korzyść w postaci zmniejszenia ryzyka kondensacji w warstwie izolacji. Izolacje otwarcio-komórkowe mogą wymagać stosowania dodatkowych membran.

Poziom wilgotności w pomieszczeniach zmienia się w zależności od klimatu na zewnątrz i sytuacji wewnątrz pomieszczeń. Efekty buforowania wilgoci przez warstwy powierzchniowe na elementach budowlanych mogą przyczyniać się do utrzymywania względnie stabilnego poziomu wilgotności. Badania wykazały, że izolacja cieplna odgrywa tutaj marginalną rolę, ponieważ efekt buforowania jest zasadniczo ograniczony do warstwy wierzchniej, która ma bezpośredni kontakt z powietrzem wewnątrz pomieszczenia. W

związku z tym, stosowanie izolacji otwartej na parę wodną lub „oddychającej” nie będzie stanowiło przewagi.

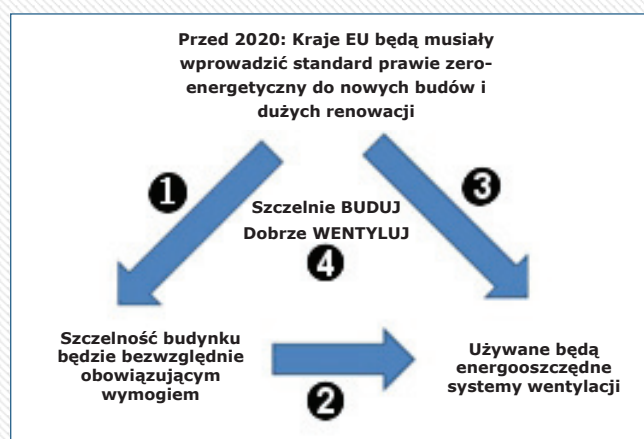
Nadmiar wilgoci w powietrzu wewnętrznym musi zostać usunięty przez kontrolowaną wentylację. Nawet w ekstremalnych warunkach, wymiana wilgoci w wyniku dyfuzji („oddychalność”) poprzez obudowę zewnętrzną budynku może stanowić jedynie nieznaczną część całkowitej wymaganej wymiany powietrza.

\*\*\*

## WPROWADZENIE

Czy to w mieszkaniach, szkołach, biurach, fabrykach czy centrach handlowych, ludzie spędzają aż do 90% swojego życia w budynkach. Zapewnienie zdrowego i komfortowego klimatu wewnątrz budynków ma więc kluczowe znaczenie [1].

W tym samym czasie, nowe i istniejące budynki muszą spełniać coraz wyższe poziomy efektywności energetycznej, które wymagają grubszych warstw izolacji cieplnej oraz wysokiego stopnia szczelności obudowy budynku w celu uniknięcia strat ciepła przez niekontrolowany przepływ powietrza (**Ilustracja 2**).



Ilustracja 2: Szczelność budynków [1]



Ilustracja 1: Dom pasywny z izolacją z PU w Brukseli ([www.polyurethanes.org/passivehouse/](http://www.polyurethanes.org/passivehouse/))

Niektórzy uczestnicy rynku twierdzą, że szczelne konstrukcje budowlane powodują niezdrowy klimat wewnątrz pomieszczeń. Do utrzymania zdrowego poziomu wilgotności w pomieszczeniach wymagana byłaby „oddychająca” warstwa izolacji.

Jednakże w praktyce, wiele zjawisk zostało połączonych w ramach pojęcia „oddychalność”. Dlatego fizyka budowli i standaryzacja nie stosują tego terminu, ale rozpatrują oddzielnie takie zjawiska jak:

- Kondensacja pary wodnej na powierzchniach wewnętrznych
- Buforowanie wilgoci wewnątrz elementów budowlanych
- Dyfuzja pary wodnej przez zewnętrzne elementy budowlane
- Transport wilgoci przez masową wymianę powietrza i kontrolowaną wentylację.

Niniejsza broszura będzie analizować te zjawiska na podstawie dwóch opracowań:

- Badania dot. buforowania wilgoci VTT/ Finlandia [2]: *Badanie koncepcji konstrukcji*

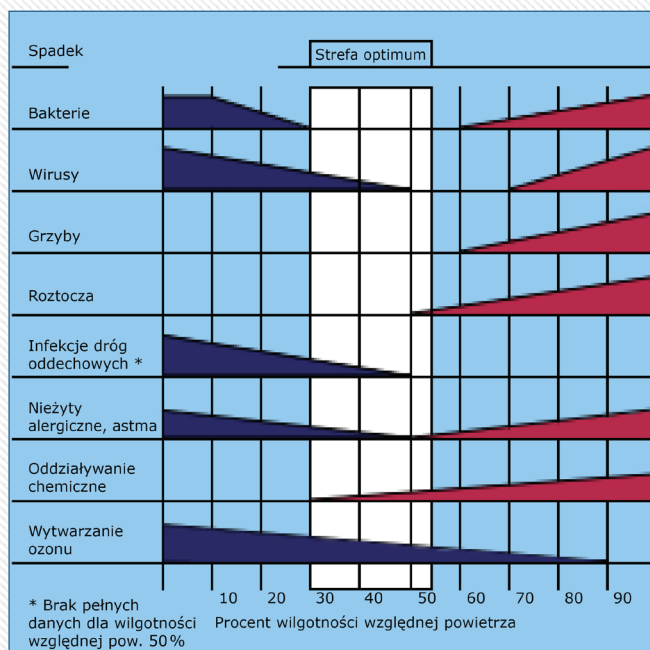
*budynku oddychającego: Oddziaływanie materiałów izolacyjnych*

- Porównanie transportu wilgoci przez

dyfuzję i masową wentylację, Cambridge Architectural Research Ltd. (CAR) [4]: *Transport wilgoci i znaczenie oddychalności w budynkach*

\*\*\*

## KOMFORT POWIETRZNY W POMIESZCZENIACH A WARUNKI WILGOTNOŚCIOWE



Ilustracja 3: Wpływ wilgoci na kilka parametrów zdrowotnych oraz jakość powietrza wewnętrznego pokazujący, że korzystny zakres wilgotności powietrza w pomieszczeniach zawiera się między 30% Rh a 55% Rh

Poziom wilgotności w pomieszczeniu zależy od różnych czynników, takich jak warunki

klimatyczne, źródła wilgoci, wskaźnik wentylacji, objętość wnętrza (kubatura) oraz ewentualne możliwości absorpcji wilgoci przez materiały budowlane z uwzględnieniem ich kontaktu z powietrzem wewnątrz pomieszczeń.

Warunki wilgotnościowe powietrza w pomieszczeniach mogą się znacznie różnić w ciągu dnia, w zależności od obciążeń cieplnych i wilgotnościowych spowodowanych przebywaniem osób w pomieszczeniach. Temperatura i wilgotność powietrza wewnątrz pomieszczeń to niektóre z najważniejszych czynników mających wpływ na komfort wewnątrz pomieszczeń, zarówno w zakresie ciepła jak i odczuwalnej jakości powietrza. Zwłaszcza zbyt duża wilgotność powietrza może negatywnie wpływać na komfort powietrzny.

W celu obniżenia szczytowych wartości poziomu wilgotności powietrza w pomieszczeniach podczas przebywania w nich osób, można stosować różne metody, tym samym poprawiając komfort cieplny i akceptowalność warunków wewnętrznych. VTT badań, w jaki sposób można to osiągnąć poprzez zdolność do absorpcji wilgoci przez konstrukcje budowlane. CAR wykazał znaczenie masy wymiany powietrza przez wentylację w porównaniu z transportem wilgoci w wyniku dyfuzji otwartych dyfuzyjnie elementów budynku.

\*\*\*

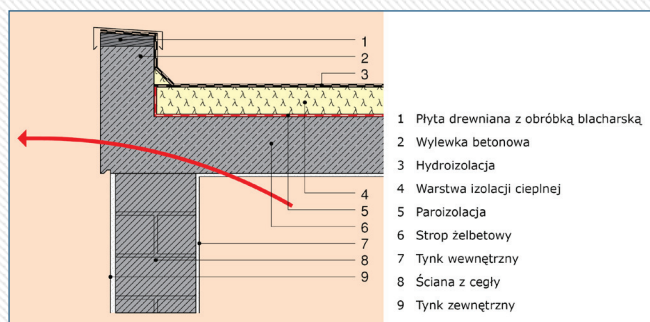
## KONDENSACJA NA POWIERZCHNIACH ELEMENTÓW BUDYNKU

Zdrowy klimat wewnątrz pomieszczeń wymaga pewnego poziomu wilgotności [2]. Ilość wilgoci, która może być utrzymana w powietrzu, zależy od temperatury. Jeśli temperatura na wewnętrznej powierzchni elementów budowlanych spadnie poniżej wartości krytycznej (np. zimą), wilgoć będzie się kondensować na tych zimnych powierzchniach, a ryzyko powstania pleśni znacznie wzrośnie. Norma DIN 4108 ustala

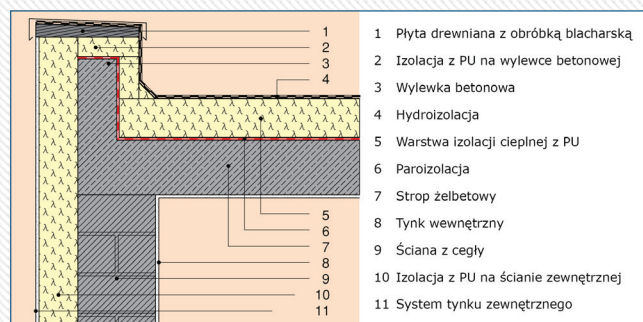
wartość tej krytycznej temperatury na poziomie 12,6°C dla Niemiec przy wilgotności względnej do 70%.

Są dwa możliwe sposoby unikania powierzchniowej kondensacji:

- Zmniejszenie zawartości wilgoci w powietrzu przez wentylację (otwieranie okien itp.); ale to będzie prowadzić do strat energetycznych



Ilustracja 4: Mostek cieplny przez attykę (Źródło: Wytyczne IVPU Flachdach dämmen mit Polyurethan-Hartschaum, 2011, s. 8)



Ilustracja 5: Izolacja z PU zapobiega mostkom cieplnym w okolicy atyki (Źródło: Wytyczne IVPU Flachdach dämmen mit Polyurethan-Hartschaum, 2011, s. 8)

i może zmniejszyć wilgotność do niezdrowego poziomu,

- Zwiększenie temperatury na powierzchni przez poprawę poziomu izolacyjności elementów obudowy budynku.

Mostki cieplne mogą powodować powstawanie „krytycznych powierzchni”, gdzie z powodu niskich temperatur może występować

powierzchniowa kondensacja wilgoci. Przykład na **Ilustracji 4** pokazuje nieizolowane połączenie ściany z dachem powodujące stratę ciepła w wyniku którego temperatura na powierzchni wewnętrznej spada poniżej punktu rosy. Dzięki bezspoinowej warstwie izolacji pokazanej na **Ilustracji 5**, wyeliminowane zostały mostki termiczne i tym samym można było uniknąć kondensacji.

\*\*\*

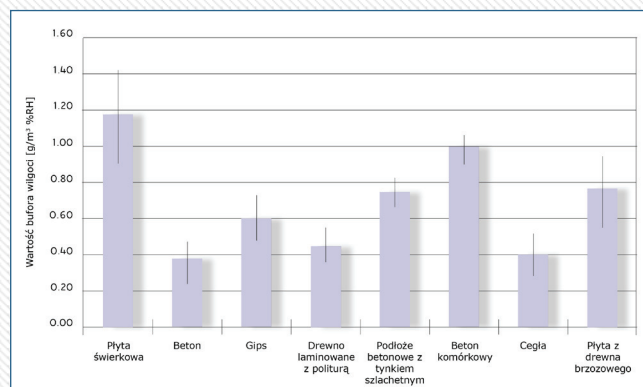
## BUFOROWANIE WILGOCI W KONSTRUKCJACH BUDOWLANYCH [2]

### Uwagi ogólne

Pojęcie buforowania wilgoci przez konstrukcje budynków można określić jako oddziaływanie higrotermiczne pomiędzy konstrukcją budynku, a powietrzem wewnętrznym. Oddziaływania te mogą przyczyniać się do komfortu powietrznego w pomieszczeniach poprzez zmniejszanie chwilowych szczytowych wartości wilgotności, które mogą mieć wpływ na komfort cieplny oraz odczuwalną jakość powietrza. Takie zmiany szczytowych wartości wilgotności powietrza mogą występować np. nocą w sypialniach.

### Produkty buforujące wilgoć a konstrukcje budowlane

Z myślą o poprawie komfortu cieplnego i odczuwalnej jakości powietrza wewnątrz pomieszczeń poprzez metody konstrukcji pasywnych opracowano metodę badawczą Nordtest [3]. Pozwala ona na określenie ilościowej wartości buforowanej wilgoci przez warstwy materiału budowlanego. **Ilustracja 6** pokazuje wartości buforowania wilgoci dla różnych materiałów.

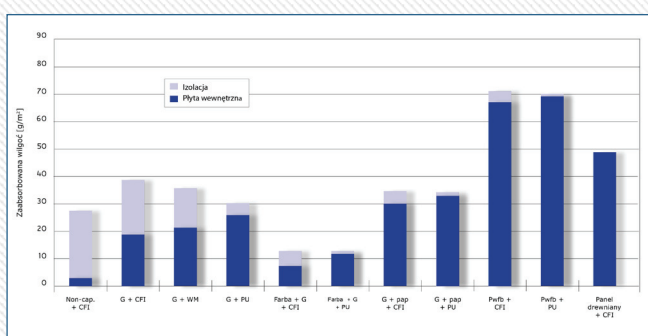


Ilustracja 6: Wartości buforowania wilgoci dla niektórych typowych materiałów budowlanych; parametry zmierzone w trzech różnych laboratoriach, na 3 próbkach z każdego rodzaju

VTT w badaniu numerycznym zbadał, jak warstwy izolacji termicznej mogą przyczyniać się do efektu buforowania wilgoci. Celem było pokazanie, jak dużo wilgoci może być zgromadzone w warstwie izolacji cieplnej za wewnętrzną płytą ścienną. **Tabela 1** pokazuje różne rozwiązania objęte tym badaniem.

Typ rozwiązania	Warstwa wewnętrzna	Właściwości użytkowe	Izolacja termiczna	Właściwości użytkowe	Inne warstwy
Non-cap. + CFI	Warstwa nieprzepuszczalna	Bardzo mała zdolność, mały opór dyfuzyjny	Izolacja z włókien celulozy	Duża zdolność, mały opór dyfuzyjny	
G + CFI	Płyta gipsowa	Mała zdolność, mały opór dyfuzyjny	Izolacja z włókien celulozy	Duża zdolność, mały opór dyfuzyjny	
Pwfb + CFI	Porowata drewniana włóknista płyta	Wysoka zdolność, mały opór dyfuzyjny	Izolacja z włókien celulozy	Duża zdolność, mały opór dyfuzyjny	
Pwfb + PU	Porowata drewniana włóknista płyta	Wysoka zdolność, mały opór dyfuzyjny	Poliuretan	Mała zdolność, duży opór dyfuzyjny	
Panel drewniany + CFI	Panel drewniany	Wysoka zdolność, mały opór dyfuzyjny	Izolacja z włókien celulozy	Duża zdolność, mały opór dyfuzyjny	
G + MW	Płyta gipsowa	Mała zdolność, mały opór dyfuzyjny	Wełna mineralna	Mała zdolność, mały opór dyfuzyjny	
G + PU	Płyta gipsowa	Mała zdolność, mały opór dyfuzyjny	Poliuretan	Mała zdolność, duży opór dyfuzyjny	
Farba + G + CFI	Płyta gipsowa	Mała zdolność, mały opór dyfuzyjny	Izolacja z włókien celulozy	Duża zdolność, mały opór dyfuzyjny	Farba do wnętrza, $S_d = 0.2\text{ m}$
Farba + G + PU	Płyta gipsowa	Mała pojemność, mały opór dyfuzyjny	Poliuretan	Mała zdolność, duży opór dyfuzyjny	Farba do wnętrza, $S_d = 0.2\text{ m}$
G + pap + CFI	Płyta gipsowa	Mała pojemność, mały opór dyfuzyjny	Izolacja z włókien celulozy	Duża zdolność, mały opór dyfuzyjny	Papier budowlany 1 mm, $S_d = 0.8\text{ m}$
G + pap + PU	Płyta gipsowa	Mała zdolność, mały opór dyfuzyjny	Poliuretan	Mała zdolność, duży opór dyfuzyjny	Papier budowlany 1 mm, $S_d = 0.8\text{ m}$

Tabela 1: Przypadki rozwiązane numerycznie



Ilustracja 7: Akumulacja wilgoci podczas pierwszych 8 godzin po zmianie warunków brzegowych

Symulacje te pokazują marginalny wpływ przepuszczalności wilgoci w warstwie izolacji cieplnej na warunki wilgotności

powietrza wewnątrz pomieszczenia, jeśli efekt buforowania jest osiągany w wyniku wysokiej zdolności do gromadzenia wilgoci przez warstwę powierzchniową materiału wewnętrznego. Badanie wskazuje, że większość wilgoci jest przechowywana w porowatej drewnianej włóknistej płycie (Pwfb) oraz, że nie ma faktycznej różnicy czy za tą płytą zastosowano otwarty materiał izolacyjny jak włókna celulozy czy zamknięto-komórkowy jak PU (**Ilustracja 7**).

Gdy używane są warstwy o małej zdolności do buforowania (np. płyty G-K), odnotowano trochę większy udział warstwy izolacji otwarto-komórkowej. Choć efekt buforowania płyty PU jest niższy, to całkowita zdolność buforowania elementu ściennego była prawie taka sama.

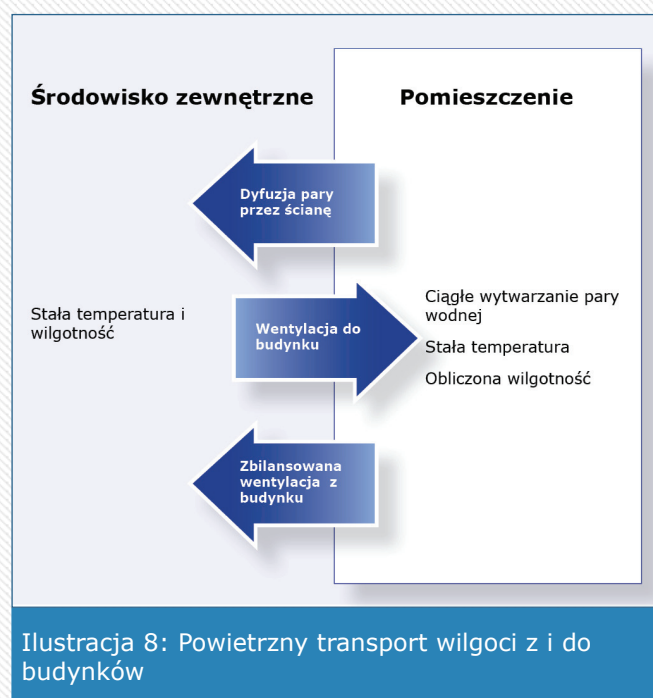
Główną zaletą zdolności konstrukcji do buforowania wilgoci jest zmniejszenie szczytowych wartości wilgotności w pomieszczeniach podczas przebywania w nich ludzi. Kiedy efekt buforowania wilgoci ma być efektywnie wykorzystany, materiał powierzchni wewnętrznej powinien mieć wysoką zdolność do buforowania. W takich warunkach, właściwości buforowania wilgoci izolacji cieplnej nie będą miały znaczenia.

VTT odkryło, że efekt buforowania jest istotny dla wyrównywania dziennych wahań wilgotności. Jednakże, kiedy porównano higroskopijne, otwarte na parę struktury z powierzchniami paroszczelnymi, długookresowe (tygodniowe i dłuższe), średnie wartości wilgotności były prawie takie same. Dla regulacji wilgotności powietrza w pomieszczeniach bardzo ważna jest masowa wymiana powietrza przez wentylację. Zostało to zbadane przez CAR [4].

\*\*\*

## TRANSPORT WILGOCI PRZEZ DYFUZJĘ W PORÓWNANIU DO WYMIANY POWIETRZA PRZEZ WENTYLACJĘ

Wilgoć w powietrzu jest transportowana do i z budynków przez dwa mechanizmy: dyfuzję pary wodnej przez dachy, ściany i podłogi budynku oraz przez masową wymianę powietrza (zamierzoną lub kontrolowaną wentylację) do i z budynku ([5], Ilustracja 8).



Ilustracja 8: Powietrzny transport wilgoci z i do budynków

Na rynku pojawiły się zastrzeżenia co do korzyści płynących z dyfuzji w konstrukcjach dyfuzyjnie otwartych ("oddychających") jako takich, a w szczególności w odniesieniu do dyfuzyjnie otwartych, gdy wentylacja nie działa wystarczająco wydajnie zwłaszcza w starych, remontowanych obiektach. Zwolennicy takiej teorii ostrzegają, że wilgoć będzie się tworzyć w "nieoddychających" konstrukcjach czy

budynkach prowadząc do budynkach powierzchniowej kondensacji. To z kolei będzie prowadzić do rozwoju struktur mikrobiologicznych (pleśń, roztocza) ze wszystkimi negatywnymi następstwami.

Dla zweryfikowania tych uwag, Cambridge Architectural Research Ltd. (CAR) przeprowadził badanie transportu wilgoci w budynkach oraz znaczenie transportu wilgoci przez elementy budynku w wyniku dyfuzji w porównaniu z masową wymianą powietrza przez wentylację [4].

CAR zbadał ściany o różnym oporze pary wodnej, zakładając współczynnik całkowitej wymiany powietrza na 0.5 wymian na godzinę. Z przyczyn zdrowotnych naukowcy nie zalecają mniejszych wartości. Nawet przy tak ograniczonej wartości, kontrolowana wentylacja odpowiadała za 95% transportu pary z domu z dyfuzyjnie otwartymi ścianami. Wyliczenia pokazują, że dyfuzja pary wodnej przez tzw. "oddychające" konstrukcje budynku nie ma istotnego wpływu na wskaźnik transportu pary. Masowa wymiana powietrza przez kontrolowaną wentylację jest niezbędna dla utrzymania zdrowego wskaźnika wymiany powietrza.

	Całkowity opór na parę ścian (MN·s/g)	Obliczeniowa wewnętrzna wilgotność względna	Transfer pary przez dyfuzję
Ściana 1	8	74%	5.0%
Ściana 2	111	75%	0.4%
Ściana 3	611	75%	0.1%

Tabela 2: Obliczenia transportu wilgoci przez ściany o różnym oporze na parę dokonane przez CAR [4]

**Można wyciągnąć następujący wniosek:**

**Kluczowym dla stworzenia i utrzymania komfortowych i zdrowych warunków wewnątrz pomieszczeń jest dobra konstrukcja cieplna oraz odpowiedni poziom izolacji, połączony z zapewnieniem właściwej masowej wymiany powietrza przez kontrolowaną wentylację. To, czy konstrukcja budynku jest otwarta na parę czy też paroszczelna nie odgrywa istotnej roli.**

## **Materiały źródłowe**

- [1] *PU a zdrowie: Jakość powietrza wewnątrz pomieszczeń a izolacja poliuretanowa* (PU Europe Broszura nr 18, 2013)
- [2] *Badanie koncepcji konstrukcji budynku oddychającego: Oddziaływanie materiałów izolacyjnych*, VTT Expert Services Ltd., 2011
- [3] Rode, C. a.o., *Projekt NORDTEST dot. wartości bufora wilgoci materiałów*, Obrady Konferencji ds. przepisów regulujących wydajność energetyczną AIVC, Bruksela, wrzesień 2005
- [4] *Transport wilgoci i znaczenie oddychalności w budynkach*, Cambridge Architectural Research Ltd. (CAR) – 2008
- [5] *Biała Księga Oddychalności*, Wyd. 2, listopad 2009 – Kingspan Insulation Ltd.

Informacja zawarta w niniejszej publikacji jest, według naszej najlepszej wiedzy, prawdziwa i dokładna, jednak wszelkie zalecenia czy sugestie z niej płynące są pozbawione gwarancji, gdyż warunki zastosowania i skład materiałów źródłowych pozostają poza naszą kontrolą. Co więcej, żadnej części z zawartości niniejszego dokumentu nie należy traktować jako zalecenia do stosowania jakiegokolwiek produktu naruszającego istniejące patenty chroniące jakikolwiek materiał czy jego wykorzystanie.