

# Wełna mineralna i jej odporność na wodę

mgr **Adam Buszko**  
 ekspert MIWO – Stowarzyszenie Producentów  
 Wełny Mineralnej Szklanej i Skalnej

Prawidłowo zainstalowana izolacja z wełny mineralnej nie stanowi żadnego zagrożenia dla struktur budowlanych pod względem transportu wilgoci.

**N**ie ma podstaw, aby twierdzić, że wełna mineralna nie jest odporna na działanie wilgoci, tym bardziej że w tym zakresie zostały przeprowadzone różne badania, zaprzeczające takim stwierdzeniom.

W niniejszym artykule poruszono wiele aspektów oddziaływania wilgoci lub wody na izolacyjne materiały z wełny mineralnej. Podstawą wniosków dotyczących zachowania się tych produktów były raporty z badań przeprowadzonych w 2017 r. w Finlandii, w Instytucie Badaw-

czym VTT Expert Services w Espoo. Aby lepiej zrozumieć mechanizmy działania wilgoci na materiały budowlane, należy najpierw poznać podstawowe zasady jej transportu i źródła pochodzenia.

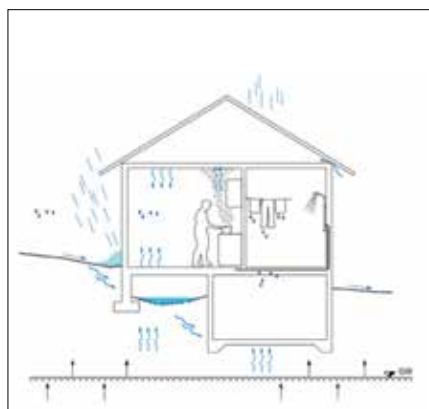
Transport wilgoci może się odbywać według czterech mechanizmów jej przenoszenia: jako widoczny przepływ wody, przez kapilarność, przez konwekcję lub przez dyfuzję pary wodnej.

## Przenikanie wilgoci kapilarnej

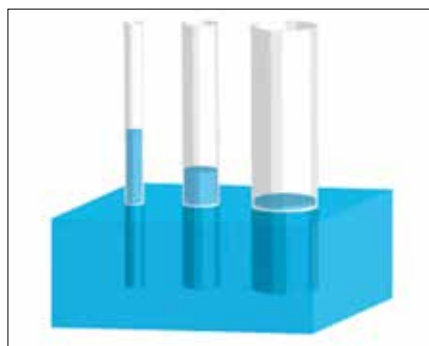
Transport kapilarny oznacza zdolność cieczy do migracji w porowatym materiale z powodu niskiego ciśnienia w porach. Zjawisko to występuje np. w glebie. Wysokość podniesienia się wody zależy od wielkości porów. Przenikanie wilgoci kapilarnej jest powszechnie spotykane na fundamencie i jako kapilarne ssanie za zewnętrznym wykończeniem. Przenikaniu wilgoci kapilarnej można zapobiec, blokując lub powiększając pory.

## Transport wilgoci przez konwekcję

Transport wilgoci następuje w konwekcyjnym jej przenoszeniu z ciepłym przepływem powietrza – wymuszonym (wentylacja) lub naturalnie. Maksymalna ilość wody zawartej w powietrzu zależy od temperatury powietrza. Ilość pary wodnej w powietrzu wyraża się na dwa sposoby – albo przez ciśnienie cząstkowe pary ( $p$ , [Pa]), albo gęstość pary wodnej ( $v$ , [g/m<sup>3</sup>]). Gęstość pary nasyconej  $v_k$  (lub ciśnienie pary nasyconej  $p_k$ ) wskazuje maksymalną ilość pary wodnej, jaka może być zawarta w danym ciepłym powietrzu.



Rys. 1. Rodzaje transportu wilgoci



Rys. 2. Migracja wilgoci w porach

Wilgotność względna RH [%] wskazuje, ile procent rzeczywistej wilgotności pochodzi z poziomu nasycenia w określonej temperaturze.

Przykład. Jeśli rzeczywista gęstość pary wynosi 10 g/m<sup>3</sup> w 20°C, a gęstość nasycenia w 20°C wynosi 17,3 g/m<sup>3</sup>, wilgotność względna wynosi 57,8%.

$$\begin{aligned} \text{Wilgotność względna} &= \\ &= \frac{10 \text{ g/m}^3}{17,3 \text{ g/m}^3} \cdot 100\% = 57,8\% \end{aligned}$$

## Komfortowa wilgotność względna powietrza wewnętrznego to 40–60%.

W tabeli 1 łatwo zauważyć, jak niska może być temperatura wewnętrznej powierzchni okna, zanim nastąpi kondensacja – w pomieszczeniu o wilgotności względnej 50% i temperaturze 22°C gęstość pary w RH 50% wynosi  $v_k = 0,5 \times 19,4 = 9,7 \text{ g/m}^3$ . Patrząc na gęstość pary nasycenia na poziomie 9,7 g/m<sup>3</sup>, widzimy, że temperatura nasycenia wynosi około 10–11°C. Oznacza to, że musimy zachować wszystkie powierzchnie powyżej 11°C, aby uniknąć kondensacji.

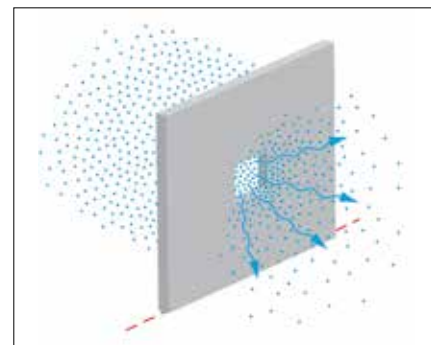


Fot. MIWO

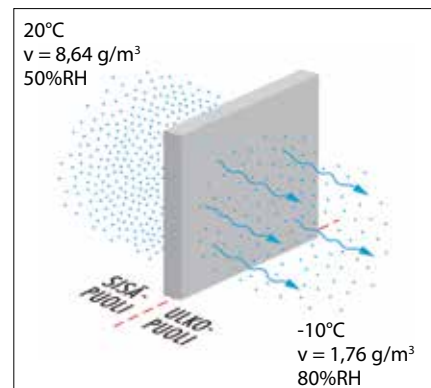
### Wpływ konwekcji na przegrody budowlane

Zasadą jest zjawisko zwiększonej ilości przenoszenia wilgoci wraz ze wzrostem temperatury powietrza. Stwierdzono, że nawet małe nieszczelności w przegrodzie mogą powodować duży problem, ponieważ

jeden otwór 10 mm w całej strukturze, z 2 Pa różnicy ciśnienia powietrza w całej konstrukcji, może powodować przepływ przez nią 1 litra wody na miesiąc. Natomiast mały otwór w folii paroizolacyjnej za nienaruszoną płytą gipsową nie spowoduje żadnych uszkodzeń. Gdy wilgotne



Rys. 3. Przepływ wilgoci wskutek konwekcji



Rys. 4. Przepływ wilgoci wskutek dyfuzji

powietrze przechodzi przez przegrodę budynku, wilgoć w nim się skrapla na każdej powierzchni, której temperatura jest poniżej punktu rosy.

### Przenikanie wilgoci przez dyfuzję

Dyfuzja następuje z powodu różnic w ciśnieniu cząstkowym pary między dwoma pomieszczeniami.

W sezonie grzewczym powietrze w pomieszczeniach jest zwykle bardziej wilgotne niż powietrze z zewnątrz. Różnica między różnymi stężeniami wilgoci ma tendencję do wyrównania się przez strukturę budowlaną. Jeśli para wodna napotka gęstą i zimną powierzchnię na swojej drodze, może skondensować się w wodę wewnątrz struktury. Dyfuzji zapobiega zastosowanie szczelnej bariery paroizolacyjnej.

### Właściwości wilgotnościowe wełny mineralnej

W 2017 r. w VTT Expert Services w Finlandii przeprowadzono badania porównawcze niektórych materiałów izolacyjnych pod kątem ich zachowania się pod wpływem działania na nie wody lub wilgoci. Badania obejmowały

Tab. 1. Gęstość pary nasyconej w danej temperaturze powietrza

t [°C]	vk [g/m³]	pk [Pa]	t [°C]	vk [g/m³]	pk [Pa]	t [°C]	vk [g/m³]	pk [Pa]
-20	0,87	102	-3	3,89	485	14	12,10	1602
-19	0,95	111	-2	4,19	524	15	12,86	1708
-18	1,04	122	-1	4,51	566	16	13,65	1820
-17	1,14	135	0	4,85	611	17	14,49	1939
-16	1,25	149	1	5,21	658	18	15,37	2064
-15	1,38	164	2	5,58	708	19	16,30	2197
-14	1,52	181	3	5,98	762	20	17,28	2337
-13	1,67	200	4	6,40	818	21	18,31	2484
-12	1,83	221	5	6,84	878	22	19,40	2640
-11	2,01	242	6	7,31	941	23	20,54	2805
-10	2,20	266	7	7,80	1008	24	21,74	2979
-9	2,40	292	8	8,32	1079	25	23,00	3162
-8	2,61	319	9	8,87	1154	26	24,32	3355
-7	2,84	348	10	9,45	1234	27	25,71	3559
-6	3,08	379	11	10,06	1318	28	27,17	3773
-5	3,33	412	12	10,71	1408	29	28,70	3999
-4	3,60	447	13	11,38	1502	30	30,31	4237

Tab. 2. Wyniki badań materiałów izolacyjnych

Material	Gęstość, zmierzona [kg/m <sup>3</sup> ]	Przewodność cieplna, 10°C, zmierzona [mW/(m·K)]
Wełna mineralna skalna (kamienna)	30	36
PIR	31	21
Styropian (EPS)	15	31
Płyta celulozowa	38	40
Pianka fenolowa	37	19

Tab. 3. Wyniki badań sorpcji higroskopijnej z powietrza (98%RH/ 23°C)

Material	Zawartość wilgoci, zmierzona [kg/m <sup>3</sup> ]
Wełna mineralna skalna	0,2
PIR	1,0
Styropian (EPS)	0,1
Płyta celulozowa	10,5
Pianka fenolowa	16,1

Tab. 4. Wyniki badania absorpcji wody w określonym czasie przez materiały izolacyjne

Material	Absorpcja wody [kg/m <sup>2</sup> ]			
	7 dni	14 dni	21 dni	28 dni
Wełna mineralna skalna	0,10	0,10	0,15	0,18
PIR	0,10	0,13	0,16	0,17
Styropian (EPS)	0,10	0,16	0,08	0,20
Płyta celulozowa	15,0	14,2	13,0	12,7
Pianka fenolowa	2,0	2,5	3,3	3,5

Tab. 5. Wyniki badania próbek z różnych materiałów poddanych zanurzeniu w wodzie

Material	Czas zanurzenia			
	7 dni	14 dni	21 dni	28 dni
Wełna mineralna skalna	1 dzień	1 dzień	1 dzień	1 dzień
PIR	1 dzień	2 dni	1 dzień	1 dzień
Styropian (EPS)	1 dzień	3,5 dnia	1 dzień	2 dni
Płyta celulozowa	14 dni	16,5 dnia	17 dni	19 dni
Pianka fenolowa	8 dni	8 dni	11 dni	9 dni

Tab. 6. Badanie absorpcji wody przez różne materiały przy długotrwałej dyfuzji pary wodnej

Material	Absorpcja wody po określonej liczbie dni [kg/m <sup>2</sup> ]			
	7 dni	14 dni	21 dni	28 dni
Wełna mineralna skalna	2,5	4,0	6,0	7,0
PIR	1,0	2,0	2,5	3,0
Styropian (EPS)	2,5	5,0	6,5	7,5
Płyta celulozowa	6,5	10,0	13,5	16,0
Pianka fenolowa	3,0	5,0	8,0	10,0

Tab. 7. Absorpcja kapilarna, poziom wody 3 mm powyżej próbek testowych (po 7 i 14 dniach)

Material	Absorpcja wody po określonej liczbie dni w zanurzeniu kg/m <sup>2</sup>	
	7 dni	14 dni
Wełna mineralna skalna	0,4	0,5
PIR	0,4	0,4
Styropian (EPS)	0,05	0,3
Płyta celulozowa	35,0	30,0
Pianka fenolowa	1,6	2,2

następujące właściwości materiałów izolacyjnych:

- ▶ sorpcję higroskopijną wg EN 12571;
- ▶ wchłanianie wody przez długotrwałe zanurzenie wg EN 12087, metoda 2;
- ▶ schnięcie materiałów;
- ▶ wchłanianie wody przez dyfuzję wg EN 12088;
- ▶ absorpcję kapilarną wg EN-480-5.

Badaniom poddano różne materiały izolacyjne (tab. 2).

W pierwszym badaniu obserwowano, ile wody z wilgotnego powietrza absorbują poszczególne materiały izolacyjne. Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, że najlepiej pod tym względem zachowały się produkty ze styropianu i wełny mineralnej, które odpowiednio zaabsorbowały 0,1 i 0,2 kg/m<sup>3</sup> wody z powietrza. Powietrze miało wilgotność względną 98% i temperaturę 23°C. Zdecydowanie gorsze wyniki zaobserwowano dla płyty celulozowej (10,5 kg/m<sup>3</sup>) oraz dla pianki fenolowej (16,1 kg/m<sup>3</sup>). Można więc powiedzieć, że wełna mineralna praktycznie nie absorbuje wilgoci z otaczającego powietrza. Mimo że w tabeli 3 pokazano wyniki tylko dla wełny skalnej, również wełna szklana w podobnych gęstościach, które były badane, osiąga podobne rezultaty.

W kolejnym badaniu mierzono absorpcję wody przy długotrwałym zanurzeniu próbki w czasie 7, 14, 21 i 28 dniach. Również w tym badaniu w próbkach z wełny mineralnej zaobserwowano bardzo niską absorpcję wody, nawet po 28 dniach jej zanurzenia. Wyniki badania podane są w tab. 4.

Dla badanych próbek materiałowych zmierzono również czasy ich wysychania po długotrwałym zanurzeniu. Wysychanie odbywało się w pomieszczeniu o wilgotności względnej powietrza 50% i temperaturze 23°C. Także i w tym badaniu próbki z wełny mineralnej charakteryzowały się najkrótszym czasem wysychania – jeden dzień. Wyniki pozostałych badanych próbek są podane w tab. 5. Ciekawym badaniem, jakim zostały poddane próbki materiałowe, było zbadanie absorpcji wody przy długotrwałej dyfuzji pary wodnej. Badanie polegało na określeniu przyrostu masy badanej próbki poddanej działaniu różnicy ciśnień pary wodnej i różnicy temperatur przez 28 dni.

Tab. 8. Wpływ różnego rodzaju materiałów izolacyjnych na czas wysychania betonu konstrukcyjnego

Izolacja	Rodzaj ściany zewnętrznej	Czas schnięcia betonu 85% RH	Wewnętrzne pokrycie-wysychanie powierzchni
Wełna mineralna 220 mm	Betonowa płyta warstwowa	135 dni	~4,8 miesięcy
	Fasada otynkowana (ETICS)	125 dni	
	Fasada wentylowana	178 dni	
EPS (styropian) 220 mm	Betonowa płyta warstwowa	474 dni	~16 miesięcy
	Fasada otynkowana (ETICS)	457 dni	
	Fasada wentylowana	514 dni	
PIR 170 mm	Betonowa płyta warstwowa	458 dni	~15,4 miesięcy
	Fasada otynkowana (ETICS)	440 dni	
	Fasada wentylowana	490 dni	
PIR (aluminium) 170 mm	Betonowa płyta warstwowa	716 dni	~23,8 miesięcy
	Fasada otynkowana (ETICS)		
	Fasada wentylowana		
Pianka fenolowa 130 mm	Betonowa płyta warstwowa	402 dni	~13,7 miesięcy
	Fasada otynkowana (ETICS)	392 dni	
	Fasada wentylowana	441 dni	

Próbka umieszczana była na ramie zbiornika, w którym znajduje się woda o temperaturze 50°C, a następnie na powierzchni badanej próbki umieszczano zaizolowaną płytę chłodzącą o temperaturze 1°C. Badaną próbkę poddawano się działaniu różnicy temperatur i ciśnienia pary wodnej przez 28 dni, obracając ją co 7 dni.

Wyniki tych badań znajdują się w tab. 6. Wiadomo, że włóknista struktura wełny mineralnej jest otwarta na przepływ przez nią wilgoci i nie stanowi bariery dla przepływającej przez nią pary wodnej. Natomiast pewnym zaskoczeniem jest gromadzenie się wilgoci w próbce ze styropianu, mniej więcej na tym samym poziomie co w wełnie mineralnej, a wiemy, że struktura styropianu jest komórkowa i przez zamknięte komórki powinien być problem z transportem wilgoci. Wynika z tego wnioski, że w dłuższym czasie nawet w strukturach komórkowych następuje gromadzenie się wilgoci pochodzącej z dyfuzji pary wodnej. Różnica polega na tym, że wełna mineralna wysycha bardzo szybko (1 dzień) w porównaniu z materiałami o strukturze komórkowej. Na podstawie tych wyników można też stwierdzić, że stosowanie barier paroizolacyjnych w przegrodzie budowlanej ocieplonej

wełną mineralną jest korzystne ze względu na ograniczenie transportu wilgoci, która miałaby niekorzystne oddziaływanie na izolacyjność cieplną przegrody, a w przypadku braku możliwości jej odprowadzenia obniżałaby trwałość izolowanej konstrukcji.

Przeprowadzono również badania dotyczące przenoszenia kapilarnego wilgoci przez wełnę mineralną. Ich wyniki podano w tab. 7.

Ostatnim, poruszonym w tym artykule, zagadnieniem związanym ze zjawiskiem transportu wilgoci jest wpływ różnego rodzaju materiałów izolacyjnych na czas wysychania betonu konstrukcyjnego. Na podstawie badań, przeprowadzonych w VTT Expert Services w Finlandii, dla ścian zewnętrznych izolowanych różnymi systemami ociepleniowymi zmierzone czasy schnięcia betonu o gr. 120 mm przedstawione w tab. 8.

Okazało się, że czas schnięcia betonu konstrukcyjnego w ścianach zewnętrznych, izolowanych wełną mineralną gr. 220 mm, jest najkrótszy w porównaniu z innymi materiałami izolacyjnymi i wynosi średnio około 4,8 miesięcy dla różnych systemów ociepleniowych. W przypadku izolacji ściany innymi materiałami izolacyjnymi

czas schnięcia betonu jest zdecydowanie dłuższy, niekiedy nawet 3–4-krotnie. Zjawisko takie jest spowodowane tym, że wełna mineralna ma strukturę otwartą, włóknistą i praktycznie nie stanowi ona bariery w odprowadzaniu wilgoci budowlanej z betonu konstrukcyjnego.

Prawidłowo zainstalowana izolacja z wełny mineralnej nie stanowi żadnego zagrożenia dla struktur budowlanych pod względem transportu wilgoci, wręcz przeciwnie można powiedzieć, że wspomaga ona jej odprowadzanie i przyczynia się do szybszego ustabilizowania warunków wilgotnościowych w izolowanej przegrodzie budowlanej. Ponieważ wyroby z wełny mineralnej są hydrofobizowane w procesie produkcyjnym, jest to dodatkowe zabezpieczenie przed bezpośrednim działaniem wody na włókniste struktury wełny mineralnej.

Wspomniane cechy właściwości wełny mineralnej w połączeniu z wysoką izolacyjnością cieplną, akustyczną i przeciwogniową pozwalają stwierdzić, że jest to materiał jak najbardziej polecany do izolacji budynków, zapewniający długotrwałość izolowanej konstrukcji budowlanej oraz komfort ich użytkowników. ◀

### Co z tym nadzorem? – LIST CZYTELNIKA

W lutym br. zerwany przez wiatr dach wypożyczalni w Bukowinie Tatrzańskiej zabił trzy osoby. Właściciel obiektu – samowoli budowlanej – nawet nie starał się o pozwolenie na budowę. Nasz czytelnik – długoletni pracownik nadzoru budowlanego – napisał do redakcji list. Jego zdaniem problemy z nadzorem są dwa: pierwszym są katastroficznie niskie zarobki, a przez to niemożność pozyskania wykwalifikowanej kadry zasilającej szereg tej instytucji. Drugim problemem jest niespójne i złe prawo. Inspektor, widząc oczywistą nieprawidłowość, ma związane ręce. Cały list opublikowaliśmy na [www.inzynierbudownictwa.pl](http://www.inzynierbudownictwa.pl).