

Jan ŚLUSAREK¹
Przemysław STAWIARSKI²

FIZYKALNE ASPEKTY OSUSZANIA BUDOWLI

1. Wprowadzenie

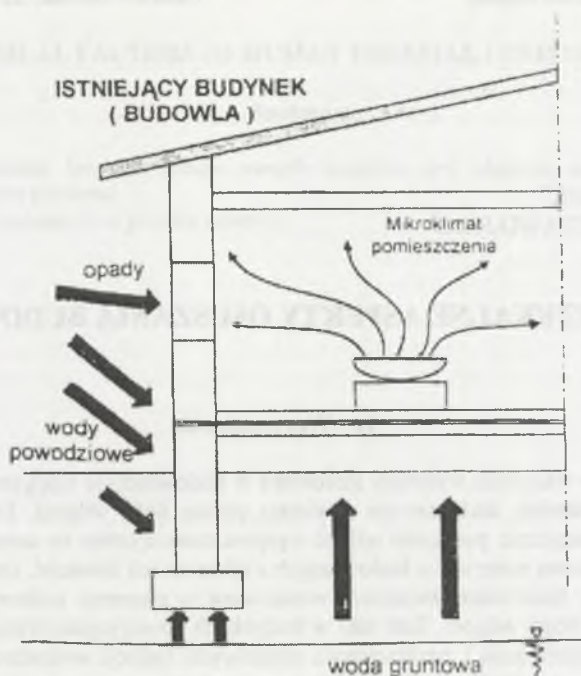
Prawie wszystkie materiały stosowane w budownictwie mają strukturę kapilarno porowatą. Materiały takie zawsze zawierają pewną ilość wilgoci. Fakt ten ma duże znaczenie praktyczne, ponieważ wilgoć wpływa niekorzystnie na szereg właściwości i wartość użytkową materiałów budowlanych a także na ich trwałość. Istotnym jest więc, aby materiały budowlane, zwłaszcza wbudowane w elementy budowli, nie zawierały nadmiernych ilości wilgoci. Stan taki w budynkach nowoprojektowanych jest możliwy dzięki zaprojektowaniu i zrealizowaniu właściwych izolacji wodochronnych. Problem zabezpieczeń wodochronnych nabiera szczególnego znaczenia w obiektach budowlanych istniejących, które z reguły nie posiadają właściwych izolacji, a narażone są na zawilgocenia, czy wręcz zalania na skutek np. fali powodziowej. Silnie zawilgocone elementy budowli wymagają niezwłocznej interwencji, polegającej na skutecznym ich osuszeniu. Skuteczna interwencja możliwa jest jednak tylko wówczas, gdy zastosowane zabiegi będą zgodne z fizykalnym charakterem zjawisk zachodzących w zawilgoconych elementach budowli. W referacie podjęto próbę analizy zjawisk fizycznych towarzyszących ruchowi wilgoci w porowatych materiałach budowlanych oraz podano sposoby osuszania wilgotnych elementów budowli.

2. Źródła zawilgocenia budowli

Wilgoć zawarta w elementach budowli jest głównym czynnikiem powodującym starzenie [2, 4], a także jest przyczyną przyspieszonej ich deterioracji. Aby zapobiec ujemnym skutkom zawilgocenia budowli, należy poznać jego przyczyny. Do podstawowych źródeł zawilgocenia materiałów i elementów budowlanych należy zaliczyć wodę termalną, wodę gruntową, opady atmosferyczne, wilgoć sorpcyjną, kondensację pary wodnej na powierzchni i wewnątrz przegród budowlanych, wody powodziowe. Zawilgocenie sorpcyjne oraz kondensacja pary wodnej na powierzchniach i wewnątrz przegród związane są zarówno z klimatem zewnętrznym jak i mikroklimatem pomieszczenia. Źródła zawilgocenia przedstawiono schematycznie na rys. 1.

¹ Dr inż., Politechnika Śląska w Gliwicach, ul. Akademicka 5, e-mail:
jan_kas@hotmail.com

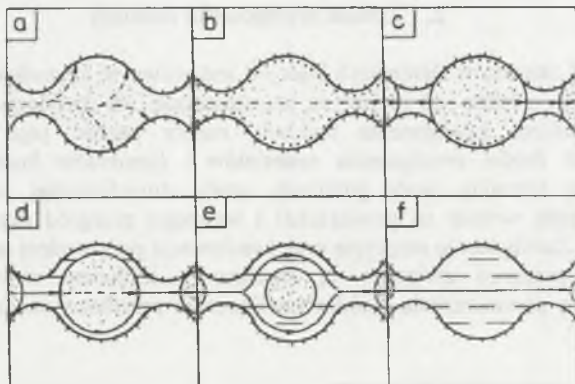
² Mgr inż., Extrade International, Katowice, ul. Wojciecha 47B/12, stawiarski@w.pl



Rys. 1. Źródła zawilgożenia materiałów budowlanych

3. Zjawiska fizyczne w zawilgoconych materiałach budowlanych

Ruch wilgoci w materiałach porowatych jest procesem skomplikowanym i przebiegającym niejednakowo w całym zakresie wilgotności materiału. Mechanizm ruchu wilgoci przedstawiono na schemacie (rys. 2) według ROSE zaczerpniętym z pracy [2]:



Rys. 2 Schemat ruchu wilgoci w materiałach porowatych [2]: a) dyfuzja, adsorbpcja, b) dyfuzja, tworzenie się warstwy mono i polimolekularnej, c) dyfuzja, przepływ kapilarny, kondensacja kapilarna, d) dyfuzja, dyfuzja powierzchniowa, przepływ kapilarny, e) przepływ kapilarny nienasycony, f) przepływ kapilarny nasycony

Ruchowi wilgoci w materiałach towarzyszy nieodłącznie przepływ ciepła. Wzajemne oddziaływanie przepływów ciepła i wilgoci w materiałach budowlanych powoduje, że opisujący ten proces układ równań jest sprzężony [2,3,4].

W liniowym przybliżeniu omawiany problem prowadzi do układu równań [2]:

$$c_m \rho_m \frac{\partial T}{\partial t} = \lambda_m \nabla(\nabla T) + \varepsilon L \rho_w \frac{\partial W}{\partial t} \quad (1)$$

$$\frac{\partial W}{\partial t} = \nabla(D \nabla W + D \cdot \delta \cdot \nabla T) \quad (2)$$

W	wilgotność materiału [m^3/m^3]
λ_m	współczynnik przewodzenia ciepła przez materiał [W/mK]
t	czas [s]
$\nabla(\dots)$	operator gradientu $\equiv \frac{\partial (\dots)}{\partial x}$
x	współrzędna liniowa
ε	współczynnik przemiany fazowej określa on ilość pary wodnej dyfundującej w materiale odniesioną do sumarycznego strumienia cieczy i pary. Gdy $\varepsilon = 0$ cała wilgoć przemieszcza się w fazie ciekłej, natomiast gdy $\varepsilon = 1$ tylko w postaci pary. W pozostałych przypadkach $0 < \varepsilon < 1$
L	ciepło parowania (kondensacji) pary wodnej [J/kg]
ρ_w	gęstość wody [kg/m^3]
D	izotermiczny współczynnik wyrównywania wilgotności [m^2/s]
δ	termiczny współczynnik wyrównywania wilgotności [$\text{m}^3/\text{m}^3\text{K}$]

Na podstawie przytoczonego układu równań można określić dosyć dobrze warunki ciepło-wilgotnościowe panujące w przegrodzie przyjmując odpowiednie warunki początkowe oraz warunki wymiany ciepła i wilgoci na powierzchniach granicznych.

W chwili początkowej spełnione są warunki:

$$T = T_0 = \text{const.} \quad (3)$$

$$W = W_0 = \text{const.} \quad (4)$$

Zakładamy, że na powierzchniach granicznych następuje wymiana ciepła i wilgoci z otoczeniem zgodnie z warunkami [2]:

$$\alpha_p (T_B - T_f) = -\lambda \nabla T - \varepsilon L \rho_w D \cdot \delta \cdot \nabla T - \varepsilon L \rho_w D \cdot \nabla W \quad (5)$$

$$\beta (W_B - W_z) = -D \cdot \nabla W - D \cdot \delta \cdot \nabla T \quad (6)$$

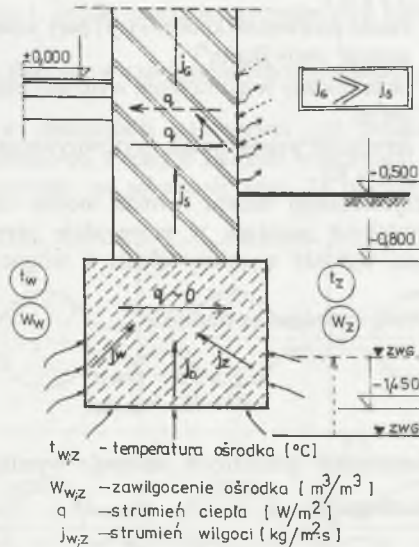
gdzie:

α_p	współczynnik przyjmowania ciepła do otaczającego środowiska [$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$]
T_B	temperatura na brzegu ciała [K]
T_f	temperatura otoczenia [K]
β	współczynnik przyjmowania wilgoci z powierzchni ciała do otoczenia [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]
W_B	wilgotność na brzegu ciała [m^3m^{-3}]
W_z	wilgotność (równowagowa) sorpcji i desorpcji [m^3m^{-3}]

4. Ruch wilgoci w przegrodach budowlanych pozbawionych zabezpieczeń wodochronnych

Z charakteru układu równań (1) i (2) wynika, że na przepływ wilgoci, czyli strumień masy ma wpływ zarówno gradient wilgotności (stężenia) jak i gradient temperatury. Przepływ ciepła zależy od gradientu temperatury i źródła ciepła związanego z przemianami fazowymi (parowanie, kondensacja). Te ostatnie przyczyny można również sprowadzić do gradientu stężenia.

Jeżeli strumień ciepła oznaczymy przez q , a strumień wilgoci przez j to w warunkach braku izolacji pionowej przegród zewnętrznych, zagłębionych w gruncie ruch wilgoci w analizowanych przegrodach będzie odbywał się według schematu przedstawionego poniżej na rys. 3.



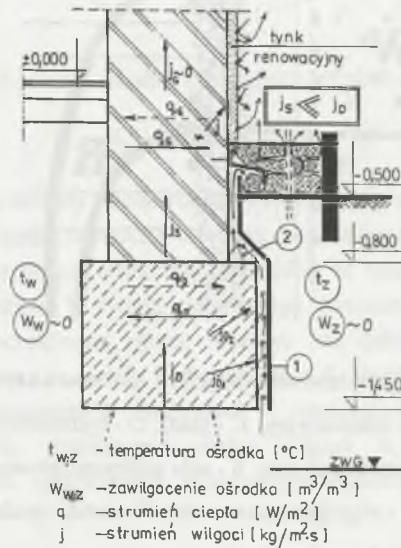
Rys. 3 Schemat ruchu wilgoci w przegrodzie istniejącej

W warunkach zbliżonych temperatur po stronie wewnętrznej i zewnętrznej przegrody $t_w \cong t_z$ oraz podobnego zawilgocenia gruntu po obydwu stronach przegrody $W_w = W_z$ będziemy obserwować zjawisko przepływu wilgoci w kierunku przegrody z obydwu jej stron.

5. Istota osuszania budowli

W warunkach zawilgacania przegród wilgocią pochodzącą z gruntu korzystnym rozwiązaniem może być obniżenie zwierciadła wody gruntowej poprzez zastosowanie skutecznego drenażu czołowego lub opaskowego.

Kolejnym etapem osuszania powinno być „wyprowadzenie” wilgoci z elementu budowlanego. Skutecznym rozwiązaniem może być wentylowana pustka powietrzna, posiadająca kontakt z powietrzem zewnętrznym, umożliwiającą odparowanie wilgoci z przegrody budowlanej zagłębionej w gruncie. Rozwiązanie takie przedstawiono schematycznie na rys. 4.

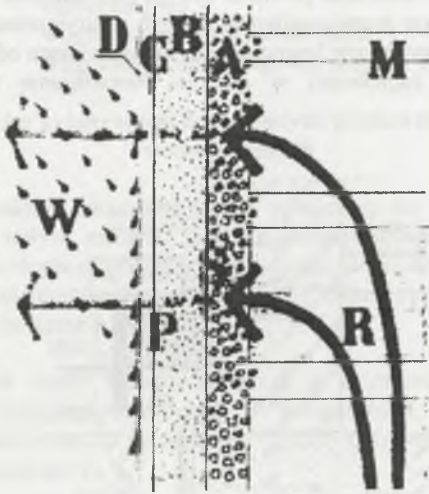


Rys. 4 Schemat ruchu wilgoci w przegrodzie zmodyfikowanej: 1 - bariera przeciwwilgociowa, 2 - wentylowana pustka powietrzna posiadająca kontakt z powietrzem zewnętrznym

Jak widać, na skutek takich zabiegów, ulegną zmianie strumienie ciepła i wilgoci w porównaniu z przypadkiem poprzednim (rys. 3). W przegrodzie zmodyfikowanej (rys. 4) odnotujemy jej samorzutne, permanentne osuszanie. Wentylowana pustka powietrzna spowoduje wzrost wartości współczynników α_p i β występujących odpowiednio w równaniach (5) i (6) co będzie skutkowało intensyfikacją wymiany ciepła i wilgoci na powierzchniach granicznych analizowanych przegród budowlanych.

Skuteczne odparowanie wilgoci z powierzchni ściany, powyżej gruntu, możliwe jest dzięki zastosowaniu tynku renowacyjnego [7]. Schemat działania takiego tynku przedstawionego na rys. 5 [6]. Ograniczenie podciągania kapilarnego przy wysokiej porowatości możliwe jest przez nadanie właściwości hydrofobowych całej masie tynku. Hydrofobowość tynku powoduje zasadnicze ograniczenie wnikania wody opadowej. Dodatkową korzyścią, wynikającą ze stosowania tynku renowacyjnego, jest złagodzenie skutków działania higroskopijnych soli zawartych w porowatych materiałach elementów ściennych (rys. 5). Specyfika oddziaływania hydrofobowej powłoki malarskiej

przedstawiona na została na rys. 6. Zmiana wzajemnych relacji sił adhezji i kohezji (por. rys. 2) skutkuje tutaj wytworzeniem wypukłego menisku wody wnikałej w szczelinę (brak zwilżania powierzchni szczeliny - kapilary). Menisk taki, jak wiadomo, powoduje przepływ cieczy w kierunku powierzchni ściany, co znacząco ogranicza zawilgocenie jej wnętrza.

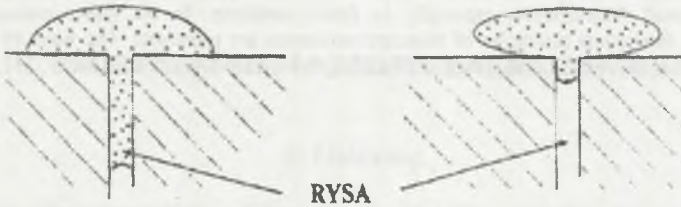


Rys. 5. Schemat działania tynku renowacyjnego [6]: A - warstwa tynku magazynującego, B - właściwy tynk renowacyjny, C - gładź, D - hydrofobowa powłoka malarska, R - roztwór soli penetrujący mur, S - sole wykrystalizowane w warstwie magazynującej, P - migrująca para wodna, W - woda opadowa blokowana przez hydrofobową powłokę malarską.

POWIERZCHNIA TYNKU

PRZED HYDROFOBIZACJĄ

PO HYDROFOBIZACJI



Rys. 6. Zasada działania środków hydrofobizujących

6. Podsumowanie

Zawilgocone materiały budowlane narażone są na korozję biologiczną, chemiczną, a także ulegają destrukcji mechanicznej. Wilgotne materiały cechują się również gorszą izolacyjnością termiczną. Wszystkie te negatywne skutki wywołują znaczne straty gospodarcze. W świetle powyższego, osuszanie budowli jest oczywistą koniecznością. Jego oczekiwany skutek możliwy jest jednak tylko wówczas. Gdy zastosowane metody oraz materiały będą zgodne z fizykalnym charakterem zjawisk zachodzących w zawilgoconych materiałach i elementach budowlanych. Analiza podstaw teoretycznych, dotyczących ruchu wilgoci w materiałach kapilarno-porowatych, umożliwia zastosowanie skutecznych sposobów osuszania elementów budowli.

Literatura

- [1] Aksielrud G. A., Altszuler M. A.: Ruch masy w ciałach porowatych. WNT, Warszawa, 1987.
- [2] Wyrwał J.: Ruch wilgoci w porowatych materiałach i przegrodach budowlanych. Studia i Monografie z. 31 WSI w Opolu, 1989.
- [3] Gawin D., Klemm P.: Przegląd literatury dotyczącej sprzężonych procesów transportu masy i energii w ośrodkach kapilarno-porowatych. Prace Katedry Fizyki budowli Materiałów Budowlanych politechniki Łódzkiej – Fizyka Materiałów Konstrukcji Budowlanych. Wybrane modele i metody badań, tom 1 s. 4–33.
- [4] Praca zbiorowa: Struktura materii. PWN, Warszawa, 1980.
- [5] Ślusarek J.: Podstawy teoretyczne osuszania budowli. Materiały Konferencji Naukowo- Technicznej „Powódź '97”. Wiśła 1998, s.421-429.

Materiały

- [6] Informator Budowlany „Przewóz 21”, X.96.
- [7] Wytyczne dla tynków renowacyjnych - WTA - Merkblatt 2 - 2 - 91 „Sanierputze”.

PHISICAL ASPECTS OF BUILDING DRYING

Summary

Protection against moisture movement in building is a very important technical and economical problem. Commonly found of satisfactory damp proof courses in building can affect their accelerated deterioration, especially in flood condition. In the paper porous-capillary structure and theoretical principles of moisture movement are presented. The ways of protection against moisture movement in building and building drying are presented, as well.