

Projekt, realizacja, użytkowanie – problemy dachu pełnego niewentylowanego o konstrukcji więzara drewnianego – studium przypadku

Dr inż. Barbara Ksit, Politechnika Poznańska, mgr inż. Ewa Stępień, Politechnika Świętokrzyska

1. Wprowadzenie

Budowa dachu powinna uwzględniać wszystkie zjawiska ciepło-wilgotnościowe zachodzące w przegrodach zewnętrznych, czyli zjawisko przepływu pary wodnej oraz transportu ciepła. Przepisy prawne – W sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (tekst jedn. Dz.U. 2015, poz.1422) określają najważniejsze wytyczne dla różnego rodzaju przegród budowlanych. Każdy materiał budowlany ulega także starzeniu. Na tempo zużycia materiałów użytych do budowy warstw dachu wpływa szereg różnorodnych czynników. Sama prawidłowa budowa przegrody, dobranie właściwych materiałów nie gwarantuje prawidłowej pracy dachu, ważne tu są także technologie, wykonanie oraz eksploatacja.

2. Praca dachu pełnego niewentylowanego o konstrukcji więzara drewnianego

2.1. Materiały przeciwwilgociowe

Folie wstępnego krycia FWK są materiałami o niskiej paroprzepuszczalności, więc by swoje zadanie wykonywały poprawnie, niezbędna jest wentylacja pomiędzy nimi a termoizolacją. Dach, w którym będą zastosowane FWK, powinien mieć wykonstruowane dwie szczeliny wentylacyjne: jedną pod pokryciem, a drugą pod FWK. Tego typu folie często nazywane są również foliami paroprzepuszczalnymi. Membrany wstępnego krycia MWK, podobnie jak folie wstępnego krycia, mają ochraniać konstrukcję dachu i termoizolację przed wodą. Wysoka paroprzepuszczalność membran, osiągająca nawet $3000 \text{ g/m}^2/24\text{h}$, umożliwia układanie ich bezpośrednio na izolacji cieplnej. Ekran dachowy zaliczane są do membran wstępnego krycia o podwyższonej trwałości, gramaturze i wytrzymałości. Są także łatwiejsze w montażu, więc tym samym trudniej je uszkodzić podczas układania. Tak samo jak membrany mogą być układane bezpośrednio na termoizolacji [1, 4].

2.2. Emisja pary wodnej

Podstawowym źródłem wilgoci w budynku jest emisja pary wodnej, czyli wilgoć wynikająca z użytkowania obiektu. W wyniku przemian metabolicznych człowiek

wytwarza duże ilości pary wodnej, którą oddaje do otoczenia przez promieniowanie, konwekcję oraz parowanie. Przez samo oddychanie człowiek oddaje do otoczenia średnio 17 ml wody na godzinę. Wartość ta zależy od wilgotności względnej powietrza i temperatury. Przy aktywności fizycznej liczba oddechów na minutę będzie oczywiście większa. Duży wysiłek fizyczny może spowodować znaczny wzrost wentylacji płuc – nawet 20-krotny.

2.3. Kondensacja i dyfuzja pary wodnej

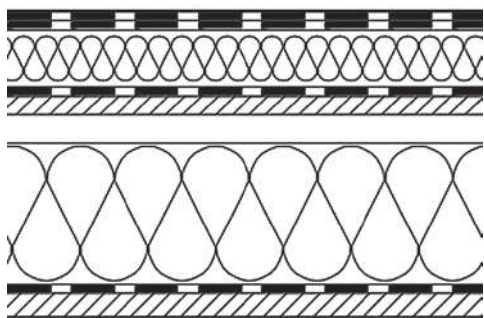
Za kondensację pary wodnej na wewnętrznej powierzchni przegród poza wartościami ciepło-wilgotnościowymi powietrza odpowiedzialne są trzy parametry:

- jakość cieplna elementu obudowy – czynnik f_{Rsi} ;
- wewnętrzny dopływ wilgoci – klasy obciążenia wilgotnością wewnętrzną (analizowany budynek zaliczamy do klasy wilgotności 4),
- temperatura powietrza wewnętrznego – Q_i przyjęta zależnie od przeznaczenia budynku [2].

Dla każdej temperatury istnieje pewna maksymalna ilość pary wodnej, powyżej której para wodna zawarta w powietrzu przechodzi z fazy gazowej w fazę ciekłą.

Para wodna wydzielana do powietrza wewnętrznego przez ludzi podczas eksploatacji budynku lub przenikająca przez przegrody budowlane powinna być odprowadzana na zewnątrz wraz z powietrzem wentylacyjnym. W zewnętrznych przegrodach budowlanych dochodzi do zjawiska dyfuzji pary wodnej. Przebieg dyfuzji zależy od wartości współczynników przepuszczania pary wodnej δ charakteryzujących materiały, z których zbudowana jest przegroda. Generalnie w projektowaniu przegród zewnętrznych, z uwagi na dyfuzję pary wodnej, stosuje się zasadę polegającą na ułożeniu w kierunku od wewnątrz na zewnątrz warstw według ich malejących oporów dyfuzyjnych. W ten sposób parze wodnej przepływającej przez przegrodę trudniej jest osiągnąć stan nasycenia pomimo coraz bardziej malejącej temperatury, dzięki czemu nie dochodzi do zjawiska wzmożonej kondensacji pary wodnej wewnątrz przegrody. Ważnym aspektem uniknięcia problemów z wilgocią jest zastosowanie odpowiedniego systemu wentylacji.

Aby wymiana powietrza w pomieszczeniach była skuteczna, konieczne jest zapewnienie jego prawidłowego



Rys. 1. Przekrój przez dach hali, warstwy od góry: papa nawierzchniowa termozgrzewalna, papa podkładowa, wełna mineralna twarda, paroizolacja, płyta OSB, pustka powietrzna wełna mineralna miękka, paroizolacja, deski strugane (archiwum autora)

odpływu i napływu. Przez konwekcję mogą być transportowane nawet 100–1000 razy większe ilości wilgoci niż na drodze dyfuzji [3]. Nadmiar kondensatu, który nie ma możliwości odparowania w okresach letnich może ulec skropleniu i tym samym ulega zawilgoceniu materiał termiczny znajdujący się w warstwie dachu. Kondensat w formie ciekłej przenika przez drewno oraz szczelinami utworzonymi przez łączniki przebijające ciągłość folii paroizolacyjnej. Kondensat ten pod postacią skroplin może wydobywać się na zewnątrz przegrody.

3. Studium przypadku

3.1. Budowa przegrody

Przykładowy stropodach (rys. 2 i 3) stanowi przekrycie kompleksu sportowo-rekreacyjnego oddanego do użytku w 2013 roku. Elementami nośnymi dachu są dźwigary drewniane z drewna klejonego klasy GL28. O wymiarach 24/160 cm, nad trybunami dźwigary o wymiarach 24/36 cm w rozstawie co 660 cm, płatwie w rozstawie 149,5 cm wymiarach 12/28 cm. Elementy drewniane połączone w systemie BMF-SIMPSON łączone na gwoździe karbowane. Stężenia w płaszczyźnie połączy dachu oraz w płaszczyźnie dźwigarów z prętów $\phi 12$, 16, 20 mm ze śrubami napinającymi. Przekrój przez warstwę dachu przedstawiano na rysunku 1 [6].

3.2. Analiza

Pierwszym symptomem złego funkcjonowania stropodachu były pojawiające się już po kilku miesiącach eksploatacji zacieki na warstwach wykończeniowych sufitu oraz na powierzchni dźwigarów nośnych. Woda, która pojawiała się na wewnętrznej powierzchni dachu, opadała grawitacyjnie na podłogę w hali, powodując utrudnienia w jej użytkowaniu.

Oględziny pokrycia wykazały dobry stan warstwy wodoszczelnej stropodachu. Jako materiał wierzchniego krycia zastosowano papę termozgrzewalną, stan papy nie budził zastrzeżeń, połączenia nie wykazywały wad, wytopy bitumu ze spodniej warstwy arkuszy papy były



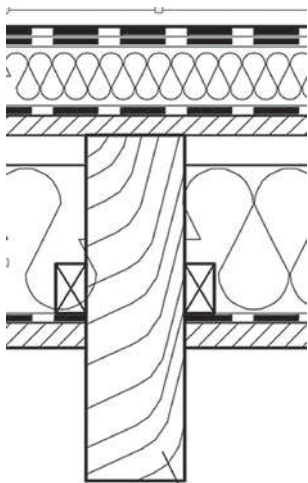
Rys. 2. Widok dźwigarów (archiwum autora)



Rys. 3. Pokrycie dachu wielokrotnie naprawiane (archiwum autora)

prawidłowe, a także wywiniecia na attykę wykonano prawidłowo. Opierzenia wszelkich elementów nie budziły zastrzeżeń. Obróbki blacharskie i orynnowanie z blachy, rynny budynku głównego hali sportowej o przekroju prostokątnym i rury spustowe wykonano prawidłowo. Jednakże na podstawie dokonanych odkrywek stwierdzono zawilgocenie płyt OSB oraz wełny mineralnej, miejscami obwieszona, przylegającej do spodniej warstwy folii paroszczelnej. Największe miejscowe uszkodzenie biologiczne wykazywał ruszt z drewna iglastego, na którym pojawił się grzyb Basidiomycotina. Warstwa folii znajdująca się pod miękką wełną mineralną mocowaną zszywkami do płatwi i listew szkieletu boazerii sufitowej miała skropliny i małe zastoiny wody.

W trakcie wizji lokalnej aparatura pomiarowa wykazała w hali maksymalną temperaturę $t = 26,5^{\circ}\text{C}$, maksymalna odczytana wilgotność $w = 51,6\%$. Druga próba pomiaru, wykonana w godzinach rannych w trakcie normalnego użytkowania, na poziomie 1,0 m ponad poziomem parkietu pokazała temperaturę $t = 22,7^{\circ}\text{C}$ i wilgotność $w = 78,5\%$ [6]. Wyniki pomiarów parametrów termicznych i wilgotnościowych świadczyły o tym, że system wentylacji **nie funkcjonuje prawidłowo**. W trakcie wizji lokalnej wentylatory, zainstalowane na dachu hali sportowej, były wyłączone. Projekt wykonawczy konstrukcji



Rys. 4. Możliwość wnikania pary wodnej (archiwum autora)

zawierał klauzulę mówiącą o użytkowaniu konstrukcji. W projekcie przyjęto I klasę użytkowania konstrukcji (temperaturę powietrza 20°C i wilgotności powyżej 65% tylko przez kilka tygodni w roku). Klauzula ta oznacza, że więźba dachowa może być narażona na degradację w przypadku okresowo działającej wentylacji (co stwierdzono podczas wizji lokalnych). W celu zabezpieczenia przegrody przed wnikaniem wilgoci ułożono paroizolację na deskach struganych i płycie OSB. Jednakże brak wyprowadzenia folii na boki płatwi powoduje możliwość przenikania wilgoci, która przechodzi przez drewno w kierunku materiału termoizolacyjnego, poprzez boczne przewodzenie (rys. 4). Opór dyfuzyjny drewna wynosi $\mu = 40$, wewnątrz przegrody tworzy się kondensat pary wodnej.

Nadmiar kondensatu, który nie ma możliwości odparowania w okresach letnich, może ulec skropleniu i tym samym ulega zawilgoceniu wełna mineralna miękka. Kondensat w formie ciekłej przenika przez struganą tarcicę oraz miejscami poprzez nieciągłą folię paroizolacyjną w postaci kropli wydobywa się na zewnątrz przegrody w kierunku wnętrza budynku.

4. Podsumowanie

Dach jest przegrodą budowlaną szczególnie narażoną na działanie wilgoci. Musi być zbudowany w taki sposób, by chronił pomieszczenia przed opadami atmosferycznymi, a także umożliwiał swobodny przepływ pary wodnej tworzącej się wewnątrz budynku poza jego obszar. Wprowadzenie odpowiedniego systemu wentylacji dachu jest podstawą do ochrony tej przegrody przed destrukcyjnym działaniem wody. Wykonstruowanie szczelin wentylacyjnych powoduje zmniejszenie akumulacji pary wodnej w dachu, dzięki czemu może on spełniać swoje podstawowe funkcje przez długie lata. Prawdopodobnie zaprojektowana wentylacja pomieszczeń powinna w znacznym stopniu usuwać nadmiar wytworzonej wilgoci.

Stropodach pełny można stosować, gdy występuje mechaniczna wentylacja oraz możliwość odprowadzenia powstającego kondensatu na zewnątrz przegrody [5]. Ważne dla prawidłowego funkcjonowania obiektu jest: nie manualne, lecz automatyczne działanie wentylacji. W analizowanym przekroju dachu występuje warstwa powietrzna jednak w dokumentacji technicznej brak informacji, jak wyprowadzić nagromadzony kondensat. Przy stosowaniu pokryć z pełnym deskowaniem (np. płyty OSB) przestrzeń niedostatecznie rozszczelniona (zamknięta przestrzeń powietrzna o gr. 3 cm) powoduje zawilgocenie izolacji termicznej oraz zaburzenia funkcji pracy dachu. Choć folie paroizolacyjne nazywa się również paroszczelnymi, to w rzeczywistości nie są materiałami idealnie szczelnymi. Ich paroprzepuszczalność jest co prawda niewielka, ale wynosi 0,5 g/m²/dobę. Należy zwrócić szczególną uwagę, że nadmiar pary wodnej, który nie będzie wyprowadzony przez wentylację może dostawać się do konstrukcji dachu różnymi drogami. Nawet przez małe nieszczelności, para z łatwością przedostaje się do izolacji. Dlatego aby nie mieć problemów z nadmierną wilgocią, dachy powinny mieć taką budowę, aby para wodna mogła się wydostać na zewnątrz. Specjalna warstwa drenująca zapobiega zaleganiu wilgoci. Ponadto według Dz.U. [7] pkt 2.2.5... „Dopuszcza się kondensację pary wodnej, o której mowa w § 321 ust. 2 rozporządzenia, wewnątrz przegrody w okresie zimowym, o ile struktura przegrody umożliwi wyparowanie kondensatu w okresie letnim i nie nastąpi przy tym degradacja materiałów budowlanych przegrody na skutek tej kondensacji...”. Ważne jest, aby projektant w celu zminimalizowania ewentualnych problemów, przy pracy nad każdym tematem indywidualnie podchodził do zadania i przyjmował ekstremalne warunki pracy poszczególnych przegród. Dokumentacja dachu powinna zawierać rysunki szczegółowych rozwiązań przebiegu wszystkich warstw i różnych niewrażliwych miejsc. Rozwiązywanie powstałych problemów po wykonaniu przegród jest zawsze wielowątkowe i bardzo trudne.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Błaszczński T., Dachy. Podstawy projektowania i wykonawstwa, DWE, Wrocław, 2014
- [2] Gołasz M, Klatt R., Przyczyny kondensacji w dachach z płyt warstwowych i dachach niewentylowanych pokrytych blachami płaskimi, Materiały Budowlane, 6/2010
- [3] Klatt R., Rak D., Kondensacja pary wodnej i jej skutki, Materiały Budowlane, 6/2009
- [4] Kłopotcka L., Wentylacja dachu a analiza bilansu pary wodnej w budynkach mieszkalnych. Praca dyplomowa 2015, Politechnika Poznańska
- [5] Ksit B., Monczyński B., Izolacje przeciwwilgociowe i przeciwwodne dachów płaskich i tarasów, Verlag Daschofer sp. z o.o., 2012
- [6] Ksit B., Szyguła Z., Opinia specjalistyczna dla budynku z dnia 08.2016 Hala sportowa przy Zespole Szkół Publicznych
- [7] Przepisy Rozporządzenia MI z 12.04.2002 z późniejszymi zmianami – W sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (tekst jedn. Dz.U. 2015, poz. 1422)