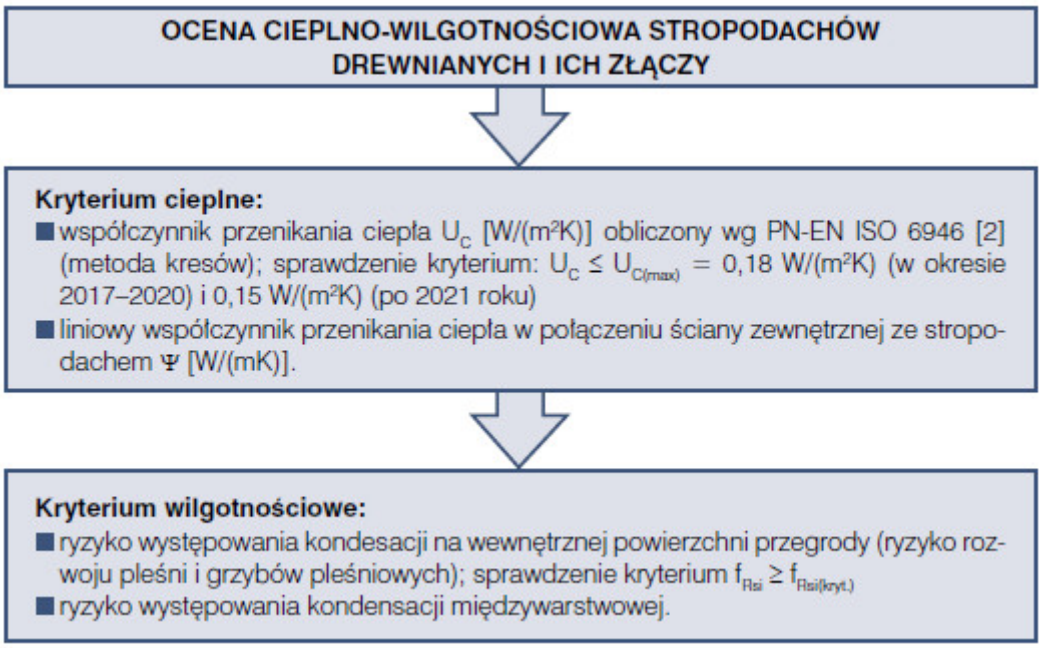
Prawidłowa izolacja cieplna poddaszy

Od 1 stycznia 2017 roku wg Rozporządzenia [1] obowiązują nowe (niższe) wartości graniczne współczynnika przenikania ciepła $U_{C(max)}$ [W/(m^{2}K)] dla pojedynczych przegród zewnętrznych budynku oraz niższe wartości graniczne wskaźnika zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną EP [kWh/(m^{2}rok)] dla całego budynku.

Na rysunku 1 przedstawiono kryteria oceny stropodachów drewnianych (poddaszy) w świetle Rozporządzenia [1]. W związku ze zmianą wartości granicznych współczynnika przenikania ciepła $U_{C(max)}$ [W/(m^{2}K)] zasadne staje się przeprowadzenie obliczeń i analiz w zakresie wytypowania rozwiązań materiałowych stropodachów drewnianych spełniających wymagania cieplne.



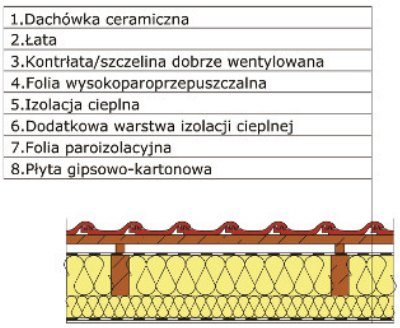
Rys. 1. Schemat oceny cieplno-wilgotnościowej stropodachów drewnianych

Rozwiązania konstrukcyjno-materiałowe stropodachów drewnianych

Rozwiązania konstrukcyjno-materiałowe stropodachów drewnianych różnią się od siebie sposobem ułożenia warstwy izolacji termicznej oraz sposobem wentylowania.

Występuje kilka możliwości mocowania termoizolacji (rys. 2):

- między krokwiami (rys. 2a)
- między krokwiami i nad lub pod nimi (rys. 2b)
- na krokwiach (rys. 2c).



Rys. 2. Układy warstw materiałowych stropodachów drewnianych [3]: a) izolacja cieplna między krokwiami, b) izolacja cieplna między i pod krokwiami, c) izolacja cieplna nad krokwiami

Jej usytuowanie zależy od wielu czynników oraz zjawisk cieplno-wilgotnościowych. W dachach z poddaszem ogrzewanym ocieplenie jest najczęściej układane między i pod krokwiami. Jego grubość zależna jest od wysokości krokwi. Wykonywane jest z płyt, mat lub w postaci luźnego materiału wdmuchiwanego, na którym układana jest warstwa wiatroizolacji. Jej zadaniem jest ochrona przed powietrzem przepływającym z zewnątrz oraz przepuszczanie pary wodnej. Pod warstwą izolacji stosuje się paroizolację układaną na warstwie wykończeniowej. Nachylenie połaci dachowych zależy od rodzaju pokrycia dachowego i geometrii dachu.

Materiały do warstwy izolacji cieplnej powinny charakteryzować się niskim współczynnikiem przewodzenia ciepła λ [W/(mK)] i dużą porowatością. Inne parametry techniczne są zależne od ich pochodzenia. Do grupy materiałów warstwy izolacji cieplnej, stosowanych do izolacji poddaszy i stropów pod poddaszami nieużytkowanymi można zaliczyć wg [4]:

- wełnę mineralną – materiał nieorganiczny, włóknisty, produkowany z mieszaniny surowców naturalnych (bazalty, margle) i odpadowych (żużel wielkopiecowy). W tej grupie materiałowej funkcjonują dwa rodzaje: wełna szklana i wełna skalna.

Wełna szklana produkowana jest m.in. ze stłuczki szklanej i z piasku kwarcowego (charakterystyczny kolor – od jasnokremowego do żółtego) i występuje w postaci mat i płyt lekkich oraz w postaci granulatu. Deklarowany współczynnik przewodzenia ciepła wynosi λ_D = 0,032 W/(mK) dla płyt i mat oraz λ_D = 0,038 W/(mK) w postaci granulatu.

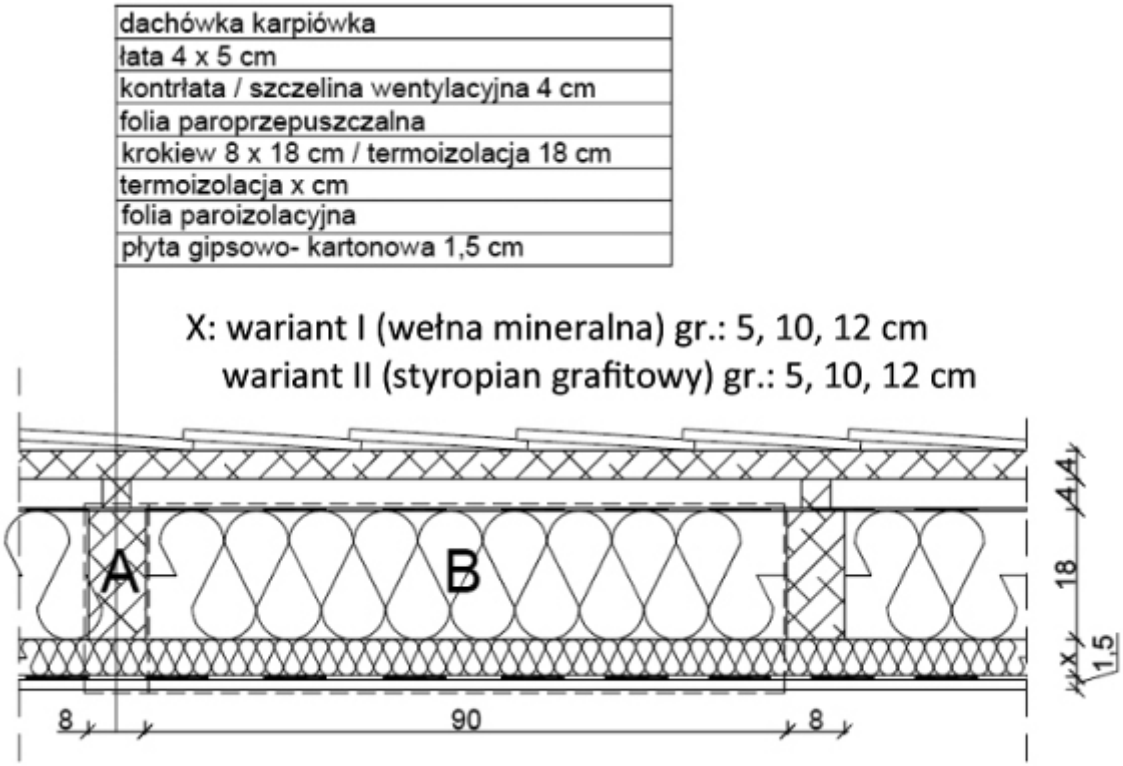
Wełna skalna jest produkowana z rożnego kruszywa kamiennego np. bazaltu, gabro, kruszywa wapiennego, brykietu mineralnego. W przypadku tego materiału występuje pełna oferta wyrobów: płyty o rożnej gęstości (λ_D = 0,035 W/(mK)), maty i granulaty (λ_D = 0,038 W/(mK)).

- wełnę celulozową – materiał w formie sypkiego włóknistego granulatu. Wytwarzana jest z papieru gazetowego, który jest najpierw sortowany, następnie rozdzierany i rozdrabniany, aż do uzyskania postaci izolujących płatków celulozy. Układana jest metodą zasypu (λ_D = 0,037 W/(mK)).
- płyty drzewne – materiały drewnopochodne z rozwłóknionego drewna (λ_D = 0,038 W/(mK)).
- płyty z wełny owczej – naturalny materiał organiczny z wełny owczej w postaci płyt. Dodatkową zaletą materiału jest zdolność m.in. do neutralizacji formaldehydow (λ_D = 0,037 W/(mK)).
- piankę poliuretanową PIR/PUR – materiał chemoutwardzalny, w postaci sztywnej piany natryskowej. Występuje w postaci pianki o porach otwartych (spieniona na budowie) i o porowatości zamkniętej (płyty z osłoną lub bez osłony). Sztywne płyty stosowane są jako izolacja podkrokwiowa (często z wykończeniem płytą gipsowo-kartonową) lub jako izolacja nadkrokwiowa (λ_D = 0,020–0,023 W/(mK)).
- płyty korkowe – powstają z tkanki korkowej formowanej przez drzewa dębów korkowych. Produkowane są z korka ekspandowanego (λ_D = 0,037 W/(mK)).

Dobór materiału termoizolacyjnego powinien opierać się na podstawie szczegółowych obliczeń i analiz w zakresie ochrony cieplno-wilgotnościowej, akustycznej i przeciwpożarowej.

Obliczenia cieplne wybranych stropodachów drewnianych

Do analizy parametrów cieplnych wybrano stropodach drewniany z izolacją cieplną między i pod krokwiami (wariant I, II, III).



Rys. 3. Model obliczeniowy stropodachu drewnianego [6, 7, 8]

Do obliczeń przyjęto następujące założenia:

- wartości współczynnika przewodzenia ciepła λ [W/(mK)] wg danych producenta oraz pracy [5]; dla wełny mineralnej λ = 0,035 W/(mK) (wariant I), dla płyt ze styropianu grafitowego λ = 0,031 W/(mK) (wariant II), dla płyt z pianki poliuretanowej PIR λ = 0,026 W/(mK) (wariant III)
- w wariancie obliczeniowym stropodachu zaprojektowano dobrze wentylowaną warstwę powietrza grubości 4 cm, więc wg PN-EN ISO 6946:2008 [2] opor cieplny komponentu budowlanego będzie liczony z pominięciem oporu cieplnego warstw między szczeliną powietrzną a środowiskiem zewnętrznym oraz wliczając zewnętrzny opor przejmowania ciepła, który odpowiada powietrzu nieruchomemu (R_{si} = 0,10 (m^2K)/W); obliczenia przeprowadzono metodą kresów.

Modele obliczeniowe zawierające układy warstw materiałowych analizowanych stropodachów w powszechnie stosowanych rozwiązaniach materiałowych (izolacja pod krokwiami i między krokwiami), przedstawiono na rysunku 3.

Wyniki obliczeń współczynnika przenikania ciepła U [W/(m^2K)] dla wybranych rozwiązań materiałowych stropodachów drewnianych, metodą kresów, zestawiono w tablicy 1.

Przypadek	X [m]	R'_T [(m²K)/W]	R''_T [(m²K)/W]	R_T [(m²K)/W]	U [W/(m²K)]
Wariant I – ocieplenie z wełny mineralnej między krokwiami gr. 18 cm i pod krokwiami gr. X = 5, 10, 12 cm					
Przypadek a	0,05	6,098	5,550	5,824	0,17
Przypadek b	0,10	7,692	6,978	7,335	0,14
Przypadek c	0,12	8,264	7,550	7,907	0,13
Wariant II – ocieplenie styropianem grafitowym między krokwiami gr. 18 cm i pod krokwiami gr. X = 5, 10, 12 cm					
Przypadek a	0,05	6,803	6,090	6,447	0,16
Przypadek b	0,10	8,547	7,703	8,125	0,12
Przypadek c	0,12	9,259	8,348	8,804	0,11
Wariant III – ocieplenie wełną mineralną między krokwiami gr. 18 cm i płytami z pianki PIR pod krokwiami gr. X = 5, 10, 12 cm					
Przypadek a	0,05	6,581	5,938	6,260	0,16
Przypadek b	0,10	8,646	7,861	8,254	0,12
Przypadek c	0,12	9,448	8,631	9,327	0,11

X – grubość termoizolacji [m]
R'_T – kres górny całkowitego oporu cieplnego [(m²K)/W] wg PN-EN ISO 6946:2008
R''_T – kres dolny całkowitego oporu cieplnego [(m²K)/W] wg PN-EN ISO 6946:2008
R_T – opór cieplny przegrody [(m²K)/W] wg PN-EN ISO 6946:2008
U – współczynnik przenikania ciepła przegrody [W/(m²K)] wg PN-EN ISO 6946:2008

Tablica 1. Wyniki obliczeń współczynnika przenikania ciepła U [W/(m^{2}K)] stropodachów drewnianych z izolacją cieplną między i pod krokwiami
– opracowanie własne na podstawie [6, 7, 8]

Podsumowanie i wnioski

Dobór warstw materiałowych poddaszy drewnianych nie powinien być przypadkowy, lecz przeprowadzony w oparciu o obliczenia i analizy w aspekcie cieplno-wilgotnościowym (rys. 1). Na podstawie przeprowadzonych obliczeń współczynnika przenikania ciepła U [W/(m^{2}K)] wybranych stropodachów drewnianych (tablica 1) można stwierdzić, że warunek izolacyjności cieplnej $U_C \leq U_{C(max)}$ = 0,18 (w okresie 2017–2020) został spełniony dla wszystkich wariantów obliczeniowych. Natomiast, aby spełnić wymagania obowiązujące po 2021 roku ($U_{C(max)}$ = 0,15) należy zastosować izolację podkrokwiową o grubości min. 10 cm (tablica 1).

W ramach analizy zaleca się przeprowadzenie szczegółowych obliczeń parametrów fizykalnych złączy budowlanych (np. połączenie stropodachu ze ścianą zewnętrzną, połączenie stropodachu z oknem połaciowym) tj.: wartość liniowego współczynnika przenikania ciepła Ψ [W/(mK)] oraz czynnika temperaturowego f_{Rsi}. Szczegółowe procedury w zakresie kształtowania układów materiałowych przegród zewnętrznych i złączy budowlanych w aspekcie cieplno-wilgotnościowym przedstawiono w pracy [5]. Poprawne ukształtowanie warstw materiałowych złączy pozwala na ograniczenie dodatkowych strat ciepła oraz uniknięcie ryzyka występowania kondensacji powierzchniowej (ryzyka rozwoju pleśni i grzybów pleśniowych) i kondensacji międzywarstwowej.

dr inż. Krzysztof Pawłowski
Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy

Literatura

1. Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowania (Dz.U z 2013 r., poz. 926).
2. PN-EN ISO 6946:2008 Komponenty budowlane i elementy budynku – Opor cieplny i współczynnik przenikania ciepła – Metoda obliczania.
3. Maciaszek M., *Studium projektowe przegród zewnętrznych i ich złączy z zastosowaniem nowoczesnych materiałów izolacyjnych*, Praca dyplomowa inżynierska napisana pod kierunkiem dr. inż. K. Pawłowskiego, UTP w Bydgoszczy, Bydgoszcz, 2016.
4. Wesołowska M., Pawłowski K., *Aspekty związane z dostosowaniem obiektów istniejących do standardu budownictwa energooszczędnego*, Agencja Reklamowa TOP, Włocławek, 2016.
5. Pawłowski K., *Projektowanie przegród zewnętrznych w świetle aktualnych warunków technicznych dotyczących budynków. Obliczenia cieplno-wilgotnościowe przegród zewnętrznych i ich złączy*,

Wydawnictwo Grupa Medium, Warszawa, 2016.
6. Wojtalewicz A., *Studium projektowe przegród zewnętrznych niskoenergetycznego budynku jednorodzinnego*, Praca dyplomowa inżynierska napisana pod kierunkiem dr. inż. K. Pawłowskiego, UTP w Bydgoszczy, Bydgoszcz, 2016.
7. Mrzygłod M., Wojtalewicz A., *Analiza rozwiązań materiałowych przegród zewnętrznych budynku w standardzie niskoenergetycznym*, w: Nowoczesne projektowanie i realizacja konstrukcji budowlanych, Politechnika Krakowska, Kraków, 2016.
8. Pawłowski K., *Kształtowanie rozwiązań materiałowych stropodachów drewnianych w świetle nowych wymagań cieplnych*, Izolacje, 10/2016, str. 64–68.