

# Wielokryterialna analiza porównawcza warstw izolacyjnych współczesnych dachów stromych

Dr inż. Wojciech Drozd, Politechnika Krakowska

## 1. Wprowadzenie

Dach stromy aktualnie dominuje w najnowszych katalogach projektów domów jednorodzinnych. W przeciwieństwie do dachów płaskich, spadziste połacie nadają całej konstrukcji budynku niepowtarzalny i indywidualny charakter, dlatego też dach stromy stał się najpopularniejszym typem dachu w nowo budowanych budynkach jednorodzinnych.

W dzisiejszym świecie rozwijającej się techniki, dostępności na rynku budowlanym niezliczonej ilości różnorodnych materiałów i technologii wykonania dachów stromych, inwestor budując swój dom często staje przed trudną decyzją, który z dostępnych wariantów wybrać. Trudno jest jednoznacznie wyłonić najlepszy z nich. Właściwości cieplne, wilgotnościowe i wytrzymałościowe, łatwość wykonania to tylko niektóre z aspektów jakie skłaniają do wyboru danego materiału czy technologii. Niejednokrotnie decyduje koszt całej inwestycji, który nie zawsze idzie w parze z jakością. Niewiedza inwestora na temat przeznaczenia i właściwego wykonania izolacji dachu skutkuje późniejszym wzrostem kosztów eksploatacji budynku.

W niniejszym artykule analizie poddane zostały kluczowe aspekty systemu dachu i poddasza: hydro- oraz termoizolacja. Jej wyniki mogą pomóc przyszłemu użytkownikowi poddasza podjąć właściwą decyzję, zabezpieczając go tym samym na przyszłość przed wysokimi kosztami ogrzewania, a w skrajnych przypadkach wnikaniem wody do wnętrza pomieszczeń oraz groźnym w skutkach zagrzybieniem i zapleśnieniem.

Do analizy wzięto pod uwagę materiały izolacyjne różnych firm: URSA, KNAUF INSULATION, ISOVER, MARMA PLAST, COROTOP, EUROVENT, dostępne obecnie na rynku budowlanym. Rozpatrzono parametry mające wpływ zarówno na trwałość izolacji, jak również łatwość montażu. Przedstawiono także koszty omawianych materiałów.

## 2. Analiza porównawcza warstw izolacyjnych

Do analizy porównawczej przyjęto: izolację termiczną, drugą płaszczyznę odwodnienia oraz paroizolację.

### 2.1. Izolacja termiczna

Jako parametry charakterystyczne dla izolacji termicznej przyjęto: współczynnik przewodzenia ciepła  $\lambda$ , wymaganą grubość warstwy ocieplenia oraz koszt zakupu.

#### 2.1.1. Współczynnik przewodzenia ciepła $\lambda$

- Wełna mineralna (średni współcz.  $\lambda = 0,037$  W/mK)

**Tabela 1.** Porównanie współczynnika  $\lambda$  wełny mineralnej różnych producentów (opracowanie własne)

RODZAJ IZOLACJI	$\lambda$ [W/mK]
Pure 39 RN SILVER	0,039
TI 135 U (Ecosse Technology)	0,035
ISO-MATA	0,036

- Pianka poliuretanowa (średni współcz.  $\lambda = 0,024$  W/mK)

**Tabela 2.** Porównanie współczynnika  $\lambda$  pianki PUR różnych producentów (opracowanie własne)

RODZAJ IZOLACJI	$\lambda$ [W/mK]
Poliuretan Spray S-403 (in-situ)	0,024
TOPLINE XR	0,023
Tecta - PUR 024	0,024

Im niższy współczynnik przewodzenia ciepła tym mniejszą grubość termoizolacji należy zastosować, aby była ona nienaganną ochroną poddasza przed ucieczką ciepła w zimie oraz przed nadmiernym przegrzewaniem pomieszczeń w lecie. Wzorowe parametry osiąga pianka poliuretanowa i biorąc pod uwagę kryterium przewodności cieplnej, staje się materiałem bezkonkurencyjnym w stosunku do wełny.

#### 2.1.2. Wymagana grubość warstwy ocieplenia

- Wełna mineralna (średnia grubość 150 mm)

**Tabela 3.** Porównanie wymaganej grubości wełny mineralnej różnych producentów (opracowanie własne)

RODZAJ IZOLACJI	GRUBOŚĆ WARSTWY [mm]
Pure 39 RN SILVER	160
TI 135 U (Ecosse Technology)	140
ISO-MATA	150

- Pianka poliuretanowa (średnia grubość 100 mm)

**Tabela 4.** Porównanie wymaganej grubości pianki PUR różnych producentów (opracowanie własne)

RODZAJ IZOLACJI	GRUBOŚĆ WARSTWY [mm]
Polyuretan Spray S-403 (in-situ)	100
TOPLINE XR	100
Tecta – PUR 024	100

Z obliczeń zgodnych z normą PN-EN ISO 6946:2008 „Komponenty budowlane budynku. Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła. Metoda obliczania” wynika, że pianka poliuretanowa charakteryzuje się najmniejszą wymaganą grubością izolacji spełniającej wymagania cieplne przegrody. W porównaniu z tradycyjną wełną mineralną można zastosować termoizolację o grubości nawet 50% mniejszej. To bardzo dobre rozwiązanie w przypadku kiedy na niskim poddaszu liczy się każdy centymetr wysokości.

### 2.1.3. Koszt materiałów

- Wełna mineralna (średnia cena brutto 45,4 zł/m<sup>2</sup>)

**Tabela 5.** Porównanie kosztów zakupu wełny mineralnej różnych producentów (opracowanie własne)

RODZAJ IZOLACJI	cena brutto [zł/ m <sup>2</sup> ]
Pure 39 RN SILVER	54,54
TI 135 U (Ecoose Technology)	40,69
ISO-MATA	41,05

- Pianka poliuretanowa (średnia cena brutto 119,8 zł/m<sup>2</sup>)

**Tabela 6.** Porównanie kosztów zakupu pianki PUR różnych producentów (opracowanie własne)

RODZAJ IZOLACJI	cena brutto [zł/ m <sup>2</sup> ]
Polyuretan Spray S-403 (in-situ)	165
TOPLINE XR	85,02
Tecta – PUR 024	109,47

Rozrzut cenowy pomiędzy izolacją wykonaną przy pomocy pianki poliuretanowej, a wełny mineralnej jest bardzo duży. Koszt wykonania 1 m<sup>2</sup> powierzchni dachu w przypadku pianki PUR jest nieporównywalnie większy w stosunku do tradycyjnej wełny mineralnej.

## 2.2. Druga płaszczyzna odwodnienia

Jako parametry charakterystyczne dla drugiej płaszczyzny odwodnienia przyjęto: równoważną dyfuzyjnie grubość powietrza S<sub>d</sub>, wytrzymałość na rozciąganie, gramaturę membran oraz koszt zakupu.

### 2.2.1. Równoważna dyfuzyjnie grubość powietrza S<sub>d</sub>

**Tabela 7.** Wartości współczynnika S<sub>d</sub> dla membran różnych producentów (opracowanie własne)

RODZAJ IZOLACJI	S <sub>d</sub> [m]
Corotop Power	0,05
Eurovent SUPER	0,04
Ekran DACHOWY 165	0,02
Ekran WŁOCHATY 265	0,01

Im mniejsza wartość S<sub>d</sub> tym folia wstępnego krycia posiada lepsze właściwości. Najlepszymi jak widać okazują się ekrany dachowe, których współczynnik S<sub>d</sub> jest na poziomie 0,01 ÷ 0,02 m. Dzięki temu, że materiały te stawiają niewielki opór parze wodnej pochodzącej z wnętrza budynku, zostaje ona w szybki sposób odparowana na zewnątrz, co skutecznie zabezpiecza termoizolację przed zawilgoceniem, a co za tym idzie przed utratą przez nią wzorowych parametrów cieplnych.

### 2.2.2. Wytrzymałość na rozciąganie

**Tabela 8.** Wytrzymałość na rozciąganie membran różnych producentów (opracowanie własne)

RODZAJ IZOLACJI	WYTRZYMAŁOŚĆ NA ROZCIĄGANIE WZDŁUŻ [N/50 mm]
Corotop Power	400
Eurovent SUPER	290
Ekran DACHOWY 165	330
Ekran WŁOCHATY 265	500

Montaż folii wstępnego krycia nastrocza monterom wielu problemów. Wszelkiego rodzaju rozdarcia i przetarcia spowodowane przesuwaniem materiału po powierzchni krokwi muszą być koniecznie reperowane co utrudnia pracę i wydłuża czas montażu. Można uniknąć tych trudności stosując membrany o wysokich właściwościach wytrzymałościowych. W tej kwestii na rynku budowlanym można znaleźć materiały o wysokich parametrach zarówno w postaci membran, jak i ekranów dachowych.

### 2.2.3. Gramatura

**Tabela 9.** Gramatura membran różnych producentów (opracowanie własne)

RODZAJ IZOLACJI	GRAMATURA [g/ m <sup>2</sup> ]
Corotop Power	230
Eurovent SUPER	170
Ekran DACHOWY 165	165
Ekran WŁOCHATY 265	265

Negatywnym skutkiem dużego ciężaru powierzchniowego w przypadku tradycyjnych membran jest obniżona paroprzepuszczalność związana ze współczynnikiem S<sub>d</sub>. Dobrą folię wstępnego krycia charakteryzuje jak najniższa wartość S<sub>d</sub>, a więc wydawać by się mogło, że najlepszymi membranami są te, które mają jak najmniejszą gramaturę. Niestety następstwem niewielkiej masy materiału jest duża podatność na uszkodzenia. Mając jednak na uwadze wcześniejszą analizę pod względem wartości współczynnika S<sub>d</sub> okazuje się, że ekrany dachowe przy zachowaniu znacznego ciężaru mają najmniejszą wartość współczynnika S<sub>d</sub>. Biorąc pod uwagę wszystkie te czynniki, najlepszą folię wstępnego krycia okazują się ekrany dachowe.

2.2.4. Koszt materiałów

**Tabela 10.** Koszty zakupu membran różnych producentów (opracowanie własne)

RODZAJ IZOLACJI	CENA BRUTTO ZA 1m <sup>2</sup> [zł]
Corotop Power	10,02
Eurovent SUPER	4,86
Ekran DACHOWY 165	6,14
Ekran WŁOCHATY 265	Jeszcze niedostępny w sprzedaży

Jak widać ceny są zróżnicowane, dlatego też decydując się na wybór izolacji, kryterium ceny powinno być brane pod uwagę w ostatniej kolejności. Ekran dachowy Włochaty jako najnowszy materiał nie jest jeszcze dostępny w sprzedaży.

2.3. Paroizolacja

Jako parametry charakterystyczne dla paroizolacji przyjęto: równoważną dyfuzyjnie grubość powietrza Sd, wytrzymałość na rozciąganie, gramaturę membran oraz koszt zakupu.

2.3.1. Równoważna dyfuzyjnie grubość powietrza Sd

- Folia z ekranem aluminiowym (średnia wartość współczynnika Sd=96,7 m)

**Tabela 11.** Porównanie współczynnika Sd dla folii z ekranem alu. różnych producentów (opracowanie własne)

RODZAJ IZOLACJI	Sd [m]
DORKEN Delta Reflex	100
Strotex AL150	150
Corotop Reflex	40

- Paroizolacja aktywna (średnia wartość współczynnika Sd=9,7 m)

**Tabela 12.** Porównanie Sd dla paroizolacji aktywnych różnych producentów (opracowanie własne)

RODZAJ IZOLACJI	Sd [m]
VARIO KM Duplex	5
Corotop ACTIVE CONTROL	14
Wallint 10	10

Największy średni współczynnik równoważnej dyfuzyjnie grubości powietrza charakteryzuje folie z ekranem aluminiowym. Nie jest to korzystne rozwiązanie. W połączeniu z niesprawną wentylacją i szczelnymi oknami grozi wywołaniem tzw. „efektu torby foliowej”, a co za tym idzie rozwojem pleśni i grzybów mających niekorzystny wpływ na zdrowie człowieka. Zastosowanie aktywnej paroizolacji rozwiązuje ten problem. W przypadku podwyższonej wilgotności w pomieszczeniu folia przepuszcza niewielkie ilości pary do termoizolacji skąd następnie uwalnia je na zewnątrz. Należy ją stosować wyłącznie z wysoko-paroprzepuszczalną membraną dachową.

2.3.2. Gramatura materiału

- Folia z ekranem aluminiowym (średnia gramatura 148,3 g/m<sup>2</sup>)

**Tabela 13.** Porównanie gramatury dla folii z ekranem alu. różnych producentów (opracowanie własne)

RODZAJ IZOLACJI	GRAMATURA [g/m <sup>2</sup> ]
Delta Reflex	180
Strotex AL150	150
Corotop Reflex	115

- Paroizolacja aktywna (średnia gramatura 100 g/m<sup>2</sup>)

**Tabela 14.** Porównanie gramatury dla paroizolacji aktywnych różnych producentów (opracowanie własne)

RODZAJ IZOLACJI	GRAMATURA [g/m <sup>2</sup> ]
VARIO KM Duplex	83
Corotop ACTIVE CONTROL	97
Wallint 10	120

Z powyższego zestawienia wynika, że najcięższy rodzaj paroizolacji stanowią folie z ekranem aluminiowym. Gramatura materiałów hydroizolacyjnych wpływa znacząco na wytrzymałość izolacji na rozdieranie, a co za tym idzie na komfort pracy podczas ich montażu. Folie o niewielkim ciężarze powierzchniowym są podatne na wszelkiego rodzaju uszkodzenia, które koniecznie należy naprawiać, aby zapewnić całkowitą szczelność paroizolacji. Zaklejanie rozdarć materiału wydłuża czas montażu i skutecznie utrudnia pracę. Dlatego też lepszym rozwiązaniem okazuje się zastosowanie paroizolacji z ekranem aluminiowym.

2.3.3. Wytrzymałość na rozciąganie

- Folia z ekranem aluminiowym (średnia wytrzymałość 286,7 N/50 mm)

**Tabela 15.** Porównanie wytrzymałości na rozciąganie dla folii z ekranem alu. (opracowanie własne)

RODZAJ IZOLACJI	WYTRZYMAŁOŚĆ NA ROZCIĄGANIE WZDŁUŻ [N/50mm]
Delta Reflex	350
Strotex AL150	320
Corotop Reflex	190

- Paroizolacja aktywna (średnia wytrzymałość 182,7 N/50 mm)

**Tabela 16.** Porównanie wytrzymałości na rozciąganie dla paroizolacji aktywnej (opracowanie własne)

RODZAJ IZOLACJI	WYTRZYMAŁOŚĆ NA ROZCIĄGANIE WZDŁUŻ [N/50mm]
VARIO KM Duplex	128
Corotop ACTIVE CONTROL	180
Wallint 10	240

Zdecydowanie wyższą wytrzymałość na rozciąganie wzdłuż włókien mają folie z ekranem aluminiowym. Jest to spowodowane dużym ciężarem powierzchniowym paroizolacji. Podobnie jak we wniosku wysuniętym w punkcie poprzednim, tak i teraz można stwierdzić, że lepszym rozwiązaniem jest wybór paroizolacji z ekranem

aluminiowym, która zapewnia optymalne warunki pracy nie narażając swą delikatną budową na dodatkowe roboty związane z naprawianiem uszkodzeń.

#### 2.3.4. Koszt materiałów

- Folia z ekranem aluminiowym (średnia cena brutto 6,7 zł/m<sup>2</sup>)

**Tabela 17.** Porównanie kosztów zakupu folii z ekranem alu. różnych producentów (opracowanie własne)

RODZAJ IZOLACJI	CENA BRUTTO ZA 1m <sup>2</sup> [zł]
Delta Reflex	8,70
Strotex AL150	2,65
Corotop Reflex	8,79

- Paroizolacja aktywna (średnia cena brutto 7,8 zł/m<sup>2</sup>)

**Tabela 18.** Porównanie kosztów zakupu paroizolacji aktywnej różnych producentów (opracowanie własne)

RODZAJ IZOLACJI	CENA BRUTTO ZA 1m <sup>2</sup> [zł]
VARIO KM Duplex	13,37
Corotop ACTIVE CONTROL	4,10
Wallint 10	6,00

Jak widać średni koszt zakupu zarówno paroizolacji z ekranem aluminiowym, jak i folii aktywnych są porównywalne. Nie ma pod tym względem wyraźnego podziału. W każdym z rodzajów można znaleźć materiały o bardzo wysokiej, jak i niskiej cenie. Dlatego też ważnym jest, aby koszt zakupu jako kryterium decydujące o wyborze danego rozwiązania paroizolacji, brać pod uwagę w ostatniej kolejności.

### 3. Podsumowanie

Wyniki przeprowadzonej analizy pozwalają ocenić warstwy izolacyjne dachów stromych pod względem różnych kryteriów, mających wpływ na wybór danego rodzaju materiału i zaproponować dwa korzystne rozwiązania kompletnej izolacji dachu. Pierwsze z zastosowaniem pianki poliuretanowej jako warstwy termo- i hydroizolacji oraz drugie z wykorzystaniem wełny mineralnej i paroizolacji aktywnej w połączeniu z ekranem dachowym jako hydroizolacji.

Z powyższych zestawień wynika, że najlepszym rozwiązaniem izolacji termicznej pod względem parametrów cieplnych jest zastosowanie pianki poliuretanowej, jako materiału o najniższym współczynniku przewodzenia ciepła  $\lambda = 0,023 \div 0,024$  [W/mK]. Również pod względem wymaganej grubości lepszym materiałem okazuje się pianka poliuretanowa. Zaledwie 11 cm warstwa zapewnia spełnienie wymogów odnośnie współczynnika przenikania ciepła dla dachów. Niestety dużą wadą wyboru takiej izolacji jest koszt wykonania. W porównaniu z wełną mineralną niebagatelnie większy. Jednak pianki PUR posiadają niepowtarzalną zaletę, której nie posiadają izolacje z wełny mineralnej. Dzięki nim „za jednym razem” można uzyskać nie tylko doskonałą izolację termiczną,

ale również za sprawą zamknięto komórkowej struktury również warstwy hydroizolacyjne.

Jeżeli nie zależy nam na krótkim czasie wykonania izolacji dachu oraz nie musimy się liczyć z ograniczoną wysokością pomieszczeń na poddaszu, możemy zastosować izolację z wełny mineralnej. Jej średni współczynnik przewodzenia ciepła  $\lambda = 0,037$  [W/mK] w połączeniu z odpowiednią grubością materiału oraz właściwie ułożonymi warstwami hydroizolacji skutecznie chroni zarówno przed ucieczką ciepła w zimie, jak i przegrzewaniem pomieszczeń w lecie. Posiada jednak wadę w postaci sprzyjających warunków do kondensacji pary wodnej. Dlatego należy ją odpowiednio zabezpieczyć. Jako paroizolację najlepiej zastosować folię aktywną, która dzięki współczynnikowi równoważnej dyfuzyjnie grubości powietrza  $S_d$  na poziomie 9,7 m pozwala na uniknięcie problemu w postaci tzw. „efektu torby foliowej”. W przypadku podwyższonej wilgotności w pomieszczeniu folia przepuszcza niewielkie ilości pary do termoizolacji skąd następnie zostaje uwolniona za sprawą wysokoparoprzepuszczalnej folii wstępnego krycia na zewnątrz. Paroizolacja w postaci folii polietylenowych z ekranem aluminiowym nie posiada takich właściwości. Pomimo, że folie z ekranem aluminiowym cechują się dużą wytrzymałością na rozciąganie w porównaniu z paroizolacjami aktywnymi nie stanowi to czynnika decydującego o jej wyborze. Średni koszt zakupu zarówno paroizolacji aktywnej, jak i folii z ekranem aluminiowym jest zbliżony i zawiera się w granicach 6 ÷ 8 zł/m<sup>2</sup>. Najlepszym dostępnym na rynku rodzajem drugiej płaszczyzny odwodnienia zatem okazują się ekrany dachowe o podwyższonej gramaturze, bardzo dobrych wartościach współczynnika  $S_d$  na poziomie 0,01 ÷ 0,02 m oraz wysokiej wytrzymałości na rozciąganie. Ekrany dachowe to stosunkowo nowe rozwiązanie w dziedzinie membran dachowych, dlatego koszt zakupu nie do końca można dokładnie zobrazować. Niektóre z materiałów są jeszcze niedostępne na rynku budowlanym. Cena ekranów o słabszych parametrach waha się w granicach 6,14 zł/m<sup>2</sup>. Natomiast jeżeli chodzi o tradycyjne membrany to koszt ich zakupu zależy od parametrów i jest to wydatek rzędu 4 ÷ 10 zł/m<sup>2</sup>.

Niniejszy artykuł nie porusza innych rozwiązań dachowych w postaci paneli dachowych, czyli gotowych fragmentów dachu czy termoizolacji w postaci płyt z rdzeniem ze sztywnej piany fenolowej, stanowiących przedmiot dalszych badań autora. Może jednak stanowić przyczynek do zmiany „sprawdzonych” decyzji odnośnie materiałów i technologii przy realizacji dachów stromych.

#### BIBLIOGRAFIA

- [1] „Izolacje styropianowe w budownictwie – Poradnik dla projektantów”, rozdz. 4, „Dachy strome”, Stowarzyszenie Producentów Styropianu 2005
- [2] Izolacje I 2010: „Zjawisko przewiewoszczelności dachów”
- [3] Izolacje V 2010: „Przegląd izolacji termicznych z wełny mineralnej”
- [4] Izolacje XI/XII 2010: „Pianki poliuretanowe PUR i PIR, a inne materiały termoizolacyjne”
- [5] Murator 12/2010: „Przemysłany standard izolacji”
- [6] PN-EN ISO 6946:2008 „Komponenty budowlane budynku. Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła. Metoda obliczania”