

Wpływ typu dachu zielonego na poprawę parametrów termicznych stropu

Mgr inż. Bartłomiej Mączyński, BASF Polska Sp. z o.o., Politechnika Poznańska,
mgr inż. Natalia Rzeszowska, Uniwersytet Zielonogórski

1. Wprowadzenie

Stropodachy, zarówno te, które mają funkcję użytkową, jak i te, które tej funkcji nie pełnią, coraz częściej są wykonywane w formie dachu zielonego. Konstrukcja ta charakteryzuje się tym, iż ostatnia (wierzchnia) warstwa jest biologicznie czynna. Dachy zielone łączą w sobie nie tylko walory użytkowe i dekoracyjne, ale pozwalają również na lepsze zagospodarowanie terenu.

2. Dachy zielone

2.1. Zalety dachów zielonych i ich wpływ na środowisko

Wykonanie pokrycia dachu w formie dachu zielonego ma niebagatelne zalety techniczno-ekonomiczne [4]:

- zabezpiecza warstwy hydroizolacji przed znacznymi wahaniami temperatury, jak również przed działaniem czynników atmosferycznych, takich jak mróz czy promieniowanie UV,
- poprawia trwałość warstw pokrycia,
- chroni pokrycie dachowe przed uszkodzeniami mechanicznymi, wynikającymi zarówno z działania warunków atmosferycznych (grad, śnieg), jak i człowieka,
- stanowi dodatkową ochronę akustyczną i termiczną, zarówno w zimie jak i latem,
- poprawia odporność ogniową stropodachu,
- zmniejsza ilość wody opadowej odprowadzanej do kanalizacji.

Ale również – a może przede wszystkim – dach zielony to rozwiązanie mające szereg zalet z punktu widzenia ekologii oraz poprawy mikroklimatu [1, 7]:

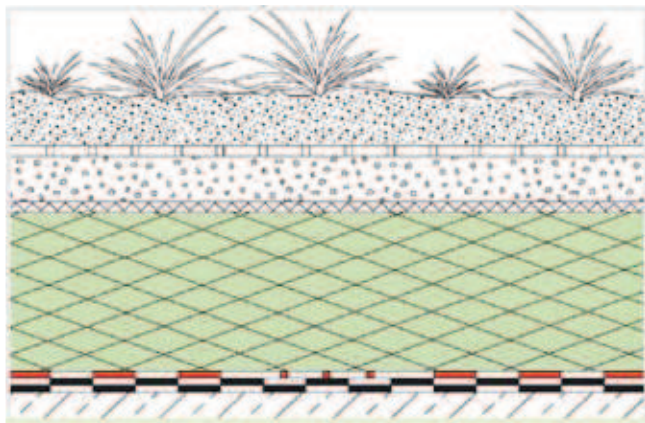
- utrzymanie i odzyskanie powierzchni biologicznie czynnej,
- poprawa wyglądu miasta,
- poprawa warunków pracy i zamieszkania poprzez stworzenie dodatkowym miejsc służących do rekreacji,
- umożliwienie dodatkowego obcowania z naturą,
- przeciwdziałanie negatywnym skutkom zmian klimatu,
- redukcja zjawiska miejskiej wyspy ciepła,
- lepszy bilans wodny – opóźnienie odpływu wód opadowych,
- redukcja zanieczyszczenia powietrza.

Dachy pokryte roślinnością są zdecydowanie chłodniejsze niż dachy i stropodachy z konwencjonalnym pokryciem. Dzieje się tak za sprawą zwiększonego współczynnika odbicia promieniowania słonecznego (albedo – na poziomie 0,15–0,40), jak również dzięki zjawiskom ewapotranspiracji, czyli parowania z powierzchni roślin (transpiracji) i gruntu (ewaporacji), oraz zacielenia – zasłonięcia powierzchni dachu roślinnością, która blokuje dopływ promieniowania słonecznego [7]. Jak wykazały badania prowadzone w Stanach Zjednoczonych Ameryki Północnej [5], latem temperatura dachu zazielenionego jest niższa, średnio o 19°C w ciągu dnia oraz o 8°C nocą, niż powierzchnia dachu standardowego, zaś gradient temperatury między tymi powierzchniami może sięgać nawet 40°C. Z kolei temperatura pomieszczeń poniżej dachu zielonego w ciągu dnia była średnio o 2°C niższa, a w nocy o 0,3°C wyższa.

Znajdująca się na powierzchni stropodachów roślinność przyczynia się do odfiltrowania w procesie tzw. suchej depozycji niektórych zanieczyszczeń powietrza. Dach zielony o powierzchni ok. 100 m² może w ciągu roku odfiltrować nawet 18 kg zawieszonego w powietrzu pyłu, co odpowiada produkcji pyłu przez 15 samochodów osobowych w tym samym czasie [7]. Nasażona roślinność pozwala również opóźnić spływ wody opadowej z dachu. Możliwości retencyjne dachu zielonego, uzależnione od miąższości substratu, zagęszczenia roślinności, nachylenia dachu jak również częstości występowania i intensywności opadów, mogą być nawet trzy-, czterokrotnie wyższe niż dachu standardowego. Pozwala to na ograniczenie ryzyka powodzi i podtopień, zredukowanie zanieczyszczeń wody,



Rys. 1. Schemat oddziaływania dachów zielonych na klimat [7]



Rys. 2. Układ warstw dachu zielonego, odwróconego (grafika: BASF) (od góry: warstwa wegetacyjna, warstwa filtrująca, warstwa filtracyjna, warstwa ochronna, termoizolacja, warstwa odporna na przenikanie korzeni, hydroizolacja, konstrukcja nośna)

jak również (dzięki zwiększonej ewapotranspiracji) zmniejszenie kontrastów termicznych [6].

2.2. Budowa dachu zielonego

Konstrukcja dachu zielonego może być wykonana w tzw. układzie tradycyjnym (warstwa hydroizolacji znajduje się powyżej warstwy izolacji cieplnej) lub też odwróconym (izolacja termiczna znajduje się nad hydroizolacją) [2]. Przy projektowaniu układu warstw należy uwzględnić zjawiska ciepło-wilgotnościowe, w tym przede wszystkim możliwość wystąpienia kondensacji pary wodnej. Przewagą dachu o odwróconym układzie warstw jest to, że hydroizolacja, umieszczona poniżej warstw izolacji termicznej, pracuje w temperaturze zbliżonej do temperatury wewnętrznej.

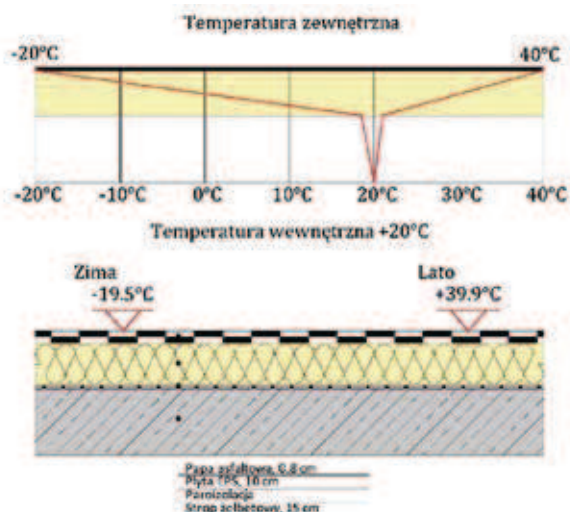
Wśród warstw konstrukcyjno-funkcyjnych dachu zielonego należy wymienić: hydroizolację, warstwę chroniącą przed przerastaniem korzeni, warstwę ochronną, termoizolację, warstwę rozdzielającą, drenażową, filtrującą, wegetacyjną (rys. 2). Ze względu na rodzaj zastosowanej roślinności dachy zielone można podzielić na trzy rodzaje: ekstensywne, intensywne niskie (półintensywne) oraz intensywne wysokie.

3. Dachy zielone w obiektach modernizowanych

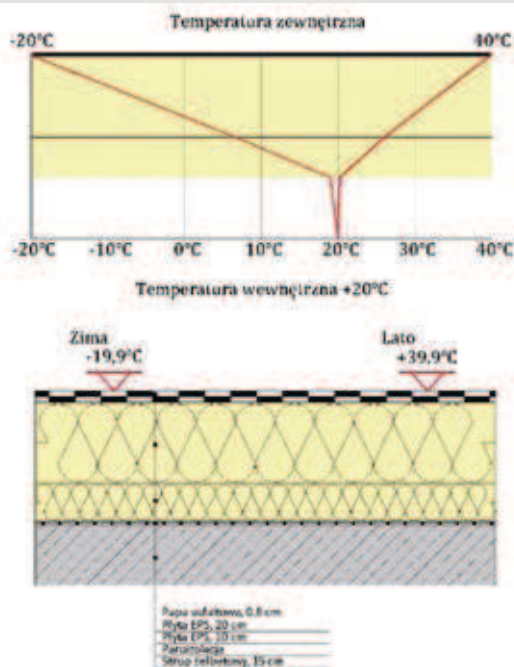
3.1. Przedmiot i metoda badań

Analizie porównawczej poddano pięć wariantów konstrukcji dachu płaskiego różniąc układ kolejnych warstw, grubość termoizolacji oraz rodzaj warstwy uszczelniającej. Poszczególne warianty zamodelowano w programie komputerowym ArCADia TERMOCAD 7.0 w celu odczytania wartości wskaźników ciepło-wilgotnościowych dla każdego z nich.

Pierwsze dwa warianty (rys. 3 i 4) przedstawiają strukturę standardowego dachu płaskiego o tradycyjnym układzie warstw, różniące się grubością termoizolacji, a tym samym wartością wskaźnika przenikania ciepła. Kolejne trzy modele prezentują konstrukcję dachu odwróconego, których współczynnik przenikania ciepła U jest równy lub niższy od dopuszczalnego. Wariant trzeci (rys. 5) przedstawia renowację konwencjonalnego

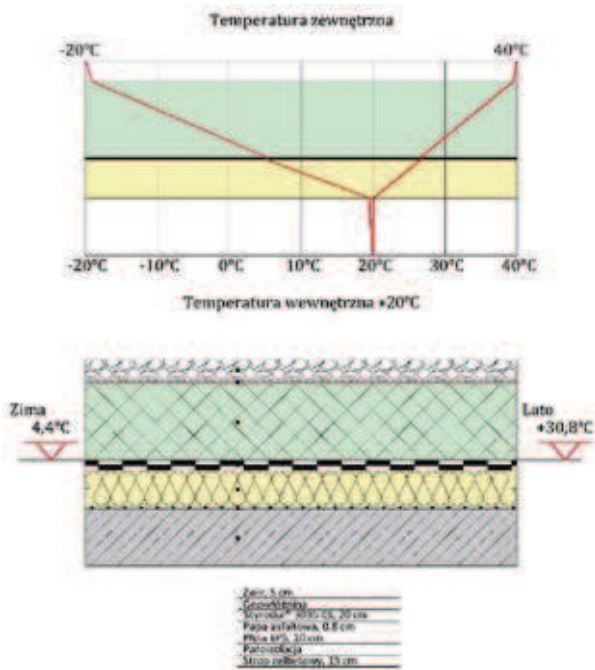


Rys. 3. Stropodach pełny przed termomodernizacją; $U=0,36 \text{ W/m}^2\text{K}$ (źródło: opracowanie własne)

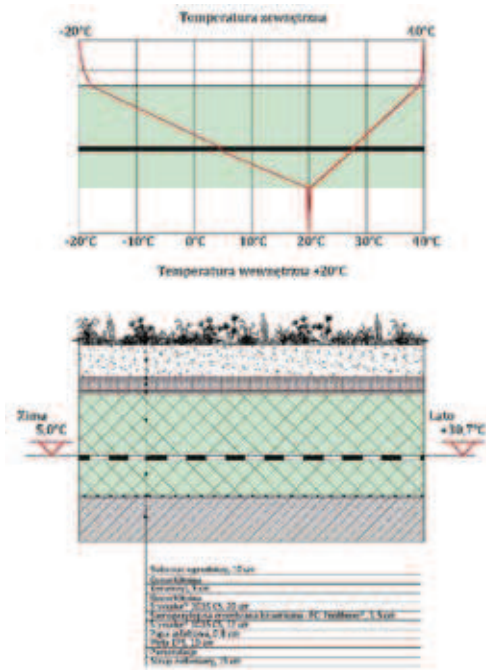


Rys. 4. Stropodach pełny docieplony; $U=0,14 \text{ W/m}^2\text{K}$ (źródło: opracowanie własne)

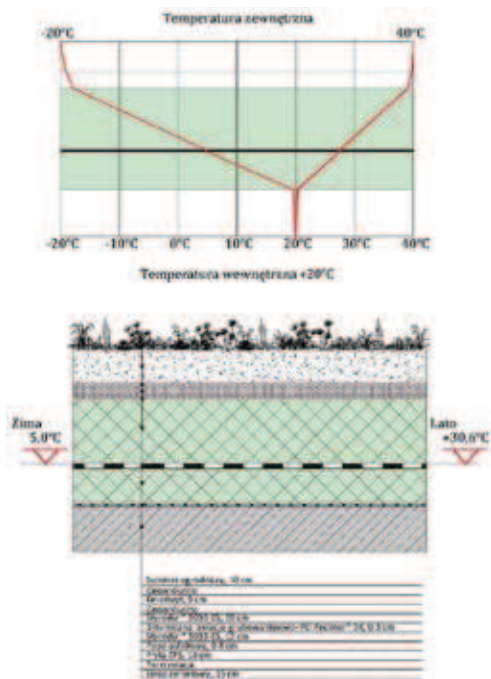
dachu płaskiego z zastosowaniem konstrukcji stropodachu PLUS. To rozwiązanie szczególnie sprawdza się w przypadkach, kiedy istniejące ocieplenie stropodachu nie zapewnia odpowiedniej termoizolacji, a stan istniejącej konstrukcji umożliwia nadbudowę kolejnych warstw dachu. Warianty czwarty (rys. 6) oraz piąty (rys. 7) dotyczą dachu zielonego o odwróconym układzie warstw. W każdym z nich zastosowano rozwiązanie dachu DUO, którego konstrukcja jest dostosowana do szczególnie wysokich wymagań odnośnie współczynnika przenikania ciepła. Ze względu na zagrożenie kondensacji pary wodnej nie jest jednak wskazane projektowanie więcej niż jednej warstwy termoizolacji bez warstwy rozdzielającej.



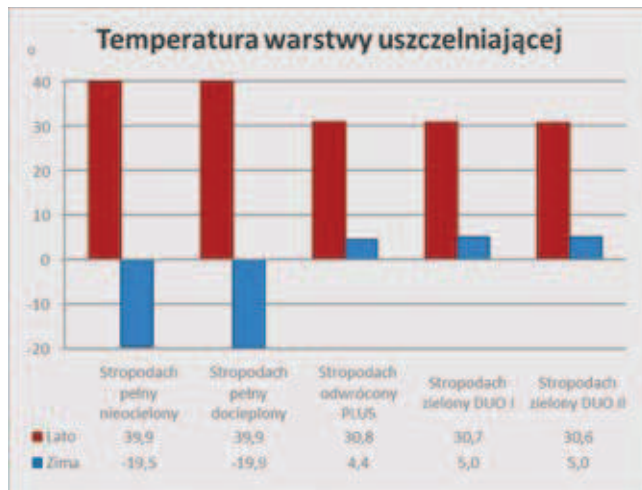
Rys. 5. Stropodach odwrócony PLUS: $U=0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$ (źródło: opracowanie własne)



Rys. 6. Dach zielony DUO I: $U=0,13 \text{ W/m}^2\text{K}$ (źródło: opracowanie własne)



Rys. 7. Dach zielony DUO II: $U=0,13 \text{ W/m}^2\text{K}$ (źródło: opracowanie własne)



Rys. 8. Temperatura warstwy uszczelniającej

4. Wyniki badań

W każdym z wariantów przyjęto następujące warunki ciepło-wilgotnościowe:

- temperatura zewnętrzna maksymalna: 40°C (wilgotność 70%),
- temperatura zewnętrzna minimalna: -20°C (wilgotność 100%),
- temperatura wewnętrzna: 20°C (wilgotność 55%).

Wykres przedstawiony na rysunku 8 prezentuje temperaturę warstwy uszczelniającej dla poszczególnych układów warstw stropodachu. W pierwszej kolejności należy zauważyć, iż grubość zastosowanej izolacji w przypadku stropodachu pełnego nie ma wpływu na temperaturę warstwy uszczelniającej – oba przedstawione warianty prezentują zbliżone wartości. Warianty drugi i trzeci dotyczą renowacji dachu z wariantu pierwszego w celu obniżenia wartości współczynnika przenikania ciepła. Mimo że każdy z nich został dostosowany w tym zakresie, to ze względu na żywotność przegrody bardziej sprawdzi się stropodach odwrócony – dla stropodachu pełnego roczny gradient temperatury wynosi ok. 60°C, natomiast w przypadku stropodachu odwróconego ok. 26°C.

5. Podsumowanie

Stale zaostrzane przepisy dotyczące efektywności energetycznej przegród zakładają coraz niższe wartości współczynnika przenikania ciepła, co wymusza częstokroć zastosowanie kilku warstw termoizolacji. System DUO umożliwia budowę stropodachu zielonego, którego współczynnik przenikania ciepła może być niższy od wymagań minimalnych. Zastosowanie odwróconego układu warstw pozwala ponadto obniżyć temperaturę warstwy uszczelniającej o ponad 56%. W ten sposób ryzyko szkód związanych z krótko- i długookresowymi, znacznymi wahaniami temperatury jest znacznie niższe, a dzięki warstwie termoizolacyjnej uszczelnienie jest dodatkowo chronione przed promieniowaniem UV czy też uszkodzeniami mechanicznymi. Warto również zauważyć, że w przypadku stropodachów DUO oraz PLUS temperatura warstw uszczelniających nigdy nie spadła poniżej zera, co należy postrzegać za istotną zaletę tych rozwiązań.

Dachy zielone przyczyniają się również do ograniczania emisji gazów cieplarnianych. Obok pochłaniania dwutlenku węgla w procesie fotosyntezy wpływają również, analogicznie do tzw. dachów chłodnych [3], na mikroklimat wewnętrzny, przez obniżenie temperatury w budynku oraz pozwalają ograniczyć zużycie energii na potrzeby klimatyzacji.

BIBLIOGRAFIA

- [1] DAFA DZ 1.01, Wytyczne do projektowania, wykonywania i pielęgnacji dachów zielonych – wytyczne dla dachów zielonych, DAFA, 2015
- [2] Monczyński B., ABC dachów odwróconych, Inżynier Budownictwa, 10/2017, str. 44–48
- [3] Monczyński B., Ksist B., Komu w Polsce są potrzebne chłodne dachy, Inżynier Budownictwa, 2/2017, str. 96–100
- [4] Rokiel M., Hydroizolacje w budownictwie. Wybrane zagadnienia w praktyce, Dom Wydawniczy MEDIUM, Warszawa, 2009
- [5] Rosenzweig C., Gaffin S., Parshall L., Green Roofs in the New York Metropolitan Region: Research Report, Columbia University Center for Climate Systems Research and NASA Goddard Institute for Space Studies, New York, 2006
- [5] Walawender J. P., Miejska wyspa ciepła – negatywne skutki urbanizacji oraz możliwości przeciwdziałania (na przykładzie Krakowa), 2015, serwis internetowy Zielona Infrastruktura (<http://zielonainfrastruktura.pl>), dostęp: 03.12.2017
- [6] Walawender J.P., Wpływ dachów zielonych na warunki klimatyczne w mieście, 2015, portal Zielona Infrastruktura (<http://zielonainfrastruktura.pl>), dostęp: 03.12.2017

Wpływ lunet na stan naprężeń sklepień kolebkowych historycznych budynków

Prof. dr hab. inż. Romuald Orłowicz, dr inż. Rafał Nowak, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

1. Wprowadzenie

Ceglane sklepienia w obiektach historycznych po wieloletniej eksploatacji często budzą obawy, odnośnie ich nośności i możliwości dalszego bezpiecznego użytkowania. Dotyczy to zwłaszcza sklepień w remontowanych obiektach zabytkowych lub obiektach poddanych modernizacji z uwagi na zmianę sposobu użytkowania. Uszkodzenie lub stan awaryjny sklepień występuje najczęściej ze względu na poziome przemieszczenia wezłowski sklepień, co z kolei powodowane jest przez nierównoważone siły rozporu lub nierównomierne pionowe osiadanie ścian czy filarów nośnych. Przyczyną uszkodzeń może być również fakt, że wiele sklepień wybudowanych zostało w sposób nie w pełni racjonalny pod względem statycznym, jak również z powodu niewłaściwego ich obciążenia [1, 2, 3]. Warto nadmienić, że ilość prac związanych z analizą zachowania się oraz sposobów napraw zabytkowych sklepień jest stosunkowo mała, a ich badanie oraz rozwiązania konstrukcyjne nie cieszą się zbyt dużym zainteresowaniem [2].

2. Sklepienia z lunetami

Najbardziej wyťažonymi strefami sklepień są wezłowania, czyli płaszczyzny oparcia sklepień. W płaszczyznach tych poza ściskaniem w kierunku prostopadłym do spoin wspornych muru występują naprężenia ścinające wywołane siłami rozporu. Istotnym czynnikiem wpływającym na poziom wyężenia konstrukcji sklepienia są lunety występujące w postaci poprzecznej kolebki przenikającej się z kolebką sklepienia głównego w celu umożliwienia wykonania okien lub drzwi



Rys. 1. Widok sklepienia ceglanoego z lunetami (a) i nowo wykonanymi otworami okiennymi (b)