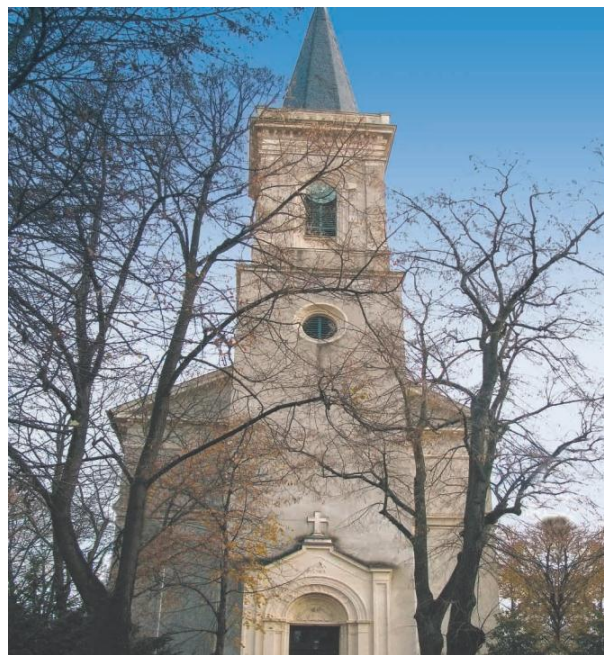


Natrysk izolacji z celulozy na powierzchnie zakrzywione w konserwacji, rewitalizacji i termomodernizacji budynków zabytkowych

Metoda natrysku na mokro celulozy isofloc F jest bezpiecznym, skutecznym i ekonomicznym sposobem docieplania powierzchni zakrzywionych: kopuły o różnym kształcie, sklepień (np.: kolebkowych, odcinkowych) i łuków. Są to powierzchnie charakterystyczne dla konstrukcji minionych wieków: katedr, kościołów, zamków, pałaców i kamienic. Prowadząc roboty konserwatorskie, termomodernizację czy rewitalizację budynków, niejednokrotnie stajemy przed problemem, którą metodę ocieplenia wybrać, jak ją projektować i poprawnie wykonać.

Dzisiejsza technika oferuje nam mnóstwo możliwości wbudowania termoizolacji w konstrukcje. Na rynku dostępne są materiały stałokształtne w postaci płyt, mat i filców układane w odpowiedni sposób i mocowane do przegrody, produkty sypkie wbudowywane poprzez wdmuchiwanie lub zasyp, oraz masy wypełniające. Żadna z tych metod nie nadaje się do ocieplania przegród o powierzchni zakrzywionej, czyli kopuły o różnym kształcie, sklepień (np. kolebkowych, odcinkowych, żebrowych, krzyżowych, gwiazdzistych itp.) oraz łuków. Nie sposób wyobrazić sobie dopasowanie płyt styropianowych do kształtu takiej przegrody albo ułożenia mat wełny mineralnej, tak by uniknąć spoin powodujących powstawanie mostków cieplnych. Z kolei zasypanie przegrody materiałem sypkim, np. celulozą, uniemożliwia uzyskanie warstwy o jednolitej grubości. Wpływ sił grawitacji powoduje ich osuwanie się. Zasypanie całej powierzchni przegrody, aż do uzyskania płaskiej powierzchni izolacji również nie jest dobrym wyjściem, generuje ogromne straty materiału i niepotrzebne obciążenia konstrukcji.



FOT.1. Widok na kościół św. Albana w Bodenheim (Niemcy); fot.: Isofloc Wärmedämmtechnik GmbH

Najlepszym rozwiązaniem problemu docieplenia przegród zakrzywionych jest metoda natrysku celulozy na mokro. Izolacja isofloc F pod wpływem działania wody wykazuje bardzo dobrą przy



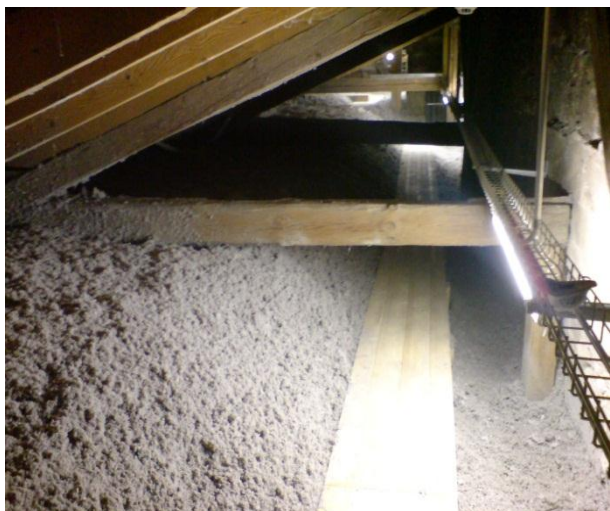
FOT. 2. Celuloza natryśnięta na sklepienie kolebkowe; fot.: DÄMMSTATT W.E.R.F. GMBH

czeepność do podłoża ceramicznych i betonowych, a więc takich, które w większości tworzą sklepienia łukowe. Ponadto, dzięki wodzie, z włókien celulozowych uwalnia się naturalny klej, który spaja płatki celulozy ze sobą i zapobiega przemieszczaniu się ich względem siebie. Metoda natrysku umożliwia naniesienie warstwy izolacji o stałej grubości na całej powierzchni przegrody, ponieważ włókna natychmiast ulegają sklejeniu, pozostając dokładnie w tym punkcie, na który zostały natryśnięte.

Metoda natrysku celulozy isofloc pozwala także wyeliminować problem występujący w przypadku docieplania materiałami stałokształtnymi – spoiny.

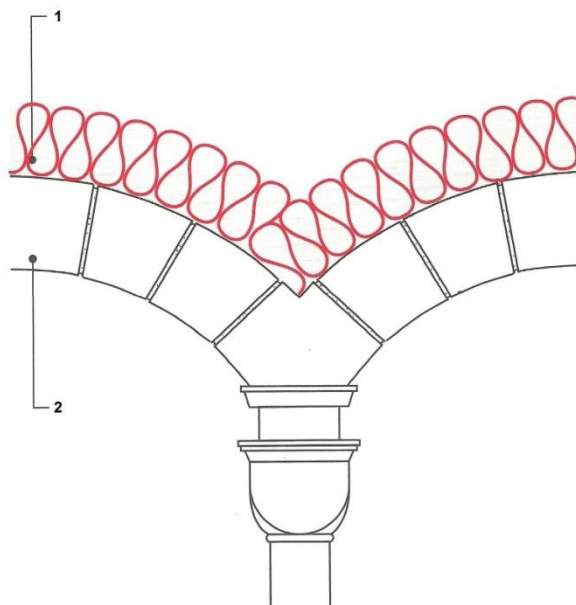
Materiał natryskiwany dociera w każde miejsce, nawet najmniejszą szczelinę, dzięki czemu uży-

skana warstwa jest nieprzerwana i jednolita. Pozwala to na całkowitą eliminację mostków, a co za tym idzie ograniczenie strat ciepła przez przegrodę.



FOT. 3. Prace natryskowe na poddaszu szwajcarskiego kościoła; fot.: DÄMMSTATT W.E.R.F. GMBH

Dzięki metodzie natrysku, przegrody o zakrzywionej powierzchni nie muszą już generować większych strat ciepła niż przegrody płaskie o analogicznej funkcji. Mogą one uzyskiwać równie dobre parametry cieplne, co przegrody płaskie. Poniższy przykład bardzo dobrze to obrazuje. Obliczeniom poddano strop odcinkowy. Obliczeniowy współczynnik przewodzenia ciepła celulozy wykorzystanej w obliczeniach wynosi 0,037 W/mK. Do uzyskania wartości współczynnika przenikania ciepła wymaganej rozporządzeniem – 0,25 W/m²K wystarczy 13 cm izolacji. Taką samą grubość warstwy należy zastosować na płaskim stropie żelbetowym, aby uzyskać wymaganą wartość współczynnika przenikania ciepła.



RYS. 1. Sklepienie kolebkowe ocieplone celulozą isofloc F, (1 – istniejące sklepienie kolebkowe, 2 – natryskiwana warstwa izolacji isofloc F); źródło: strona internetowa firmy DÄMMSTATT W.E.R.F. GMBH

Współczynnik przenikania ciepła U	Grubość warstwy izolacji d
[W/m ² K]	[cm]
0,25	13
0,20	17
0,18	19
0,15	23
0,10	34

Tablica 1: Wymagana grubość warstwy izolacji isofloc F dla szczególnych wartości współczynnika przenikania ciepła

Przegrody o powierzchni zakrzywionej są charakterystyczne dla konstrukcji minionych wieków: kościołów, katedr, pałaców, zamków czy kamienic. Metoda natrysku izolacji celulozowej isofloc F znajduje więc zastosowanie dla ocieplania obiektów historycznych i zabytkowych.

Wybór metody montażu izolacji jest równie ważny jak wybór właściwego materiału izolacyjnego.

Izolacja isofloc F jest biologicznie czystym materiałem pochodzenia organicznego. Pomaga utrzymać w budynku zdrowy i higieniczny mikroklimat. Umożliwia i reguluje zachodzenie zjawiska dyfuzji pary wodnej, zapobiegając pozostawaniu wilgoci w budynku oraz chroniąc go przed grzybami i pleśnią. Jest to także materiał lekki (gęstość objętościowa natryskiwanej warstwy materiału isofloc F to 30 kg/m³), dlatego nie obciąża nadmiernie konstrukcji poddanych próbie czasu.

Isofloc F tworzy skuteczną izolację termiczną (współczynnik przewodzenia ciepła $\lambda=0,037$ W/m*K) i akustyczną. Warstwa grubości 10 cm wykazuje izolacyjność akustyczną na poziomie 57 dB lub wyższym. Oznacza to ograniczenie hałasu młota pneumatycznego do głośności cichej rozmowy.

Zastosowanie celulozy w obiektach zabytkowych nabiera szczególnego znaczenia w sytuacji pożarowej. W takich obiektach zdolność materiału izolacyjnego do zapobiegania zapaleniu się konstrukcji i nierozprzestrzeniania się ognia ma nawet większe znaczenie niż jej odporność na ogień, ponieważ bardzo ważne jest by nie doszło do uszkodzenia elementów budynku. Niezależne badania materiałowe oraz doświadczenie inwestorów i straży pożarnej dowodzą, że celulozowy materiał izolacyjny skutecznie chroni elementy konstrukcyjne przed działaniem ognia. Przyczyną jest to, że włókna celulozy wystawione na działanie ognia zachowują się podobnie do drewna. Opalana wierzchnia warstwa izolacji zwęglą się, tworząc kilku-milimetrową skorupę, która zabezpiecza dalsze włókna celulozy i elementy konstrukcyjne przed dostępem ognia.

Ciekawym przykładem, w którym celuloza przyczyniła się do uratowania obiektu przed całkowitym zniszczeniem, był pożar budynku „Osada Czorsztyn”. Niewystarczający współczynnik przenikania ciepła ścian zdecydował o dociepleniu przegród pionowych granulem celulozowym. Stropy i skosy połaci dachowych w budynku były ocieplone wełną mineralną. W pożarze poważnych uszkodzeń doznały stropy, zawałił się dach. Wełna mineralna, w przeciwieństwie do celulozy, osuwała się z mocowań, narażając konstrukcję nośną na bezpośrednie działanie ognia. Zachowanie się celulozy w czasie pożaru przesądziło o wyborze izolacji przy odbudowie budynku. Całość została ocieplona granulem celulozowym. Czytaj więcej: [Naturalne materiały izolacyjne a ochrona przeciwpożarowa](#).

Nie każdy materiał celulozowy nadaje się do wbudowania metodą natryskową. Aprobaty techniczne niektórych produktów nie dopuszczają takiego zastosowania. Europejska aprobata techniczna isofloc F zezwala na jej wykorzystanie w metodzie natrysku na mokro.

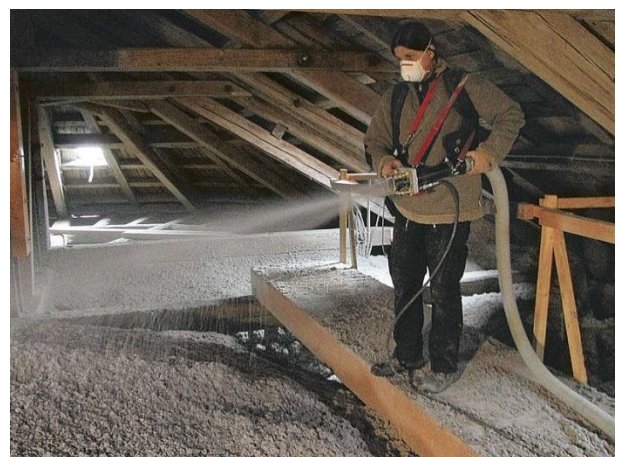
Przykłady zastosowania natrysku celulozy w obiektach sakralnych

Kościół św. Albana w Bodenheim w Niemczech



FOT. 4. Sklepienie ozdobione freskami w kościele w Bodenheim (Niemcy); fot.: Isofloc Wärmedämmtechnik GmbH

Ciekawym przykładem obiektu docieplonego celulozą isofloc F jest kościół św. Albana w Bodenheim w Niemczech, zbudowany w latach 1828-1830. W jego środku znajdują się wartościowe dzieła sztuki: zabytkowe ołtarze i przedmioty liturgiczne. Ogromną wartość artystyczną i historyczną stanowią przepiękne freski namalowane w 1910 r. na kolebkowym sklepieniu kościoła. Ich przyszłość stała się pod znakiem zapytania pod koniec XX w., kiedy to na sklepieniu zaczęła się skraplać wilgoć, do której przyklejały się cząstki kurzu i brudu całkowicie zacierając freski.



FOT. 5. Natrysk celulozy na sklepienie w kościele w Bodenheim (Niemcy); fot.: Isofloc Wärmedämmtechnik GmbH

Specjaliści od fizyki budowli szybko odkryli przyczynę tego szkodliwego procesu. Okazało się, że wpływ na wykraplanie się wilgoci mają ułożone przed 15 laty maty izolacyjne z wełny szklanej pokrytej folią aluminiową. Ruch zimnego powietrza pomiędzy łączeniami mat powodował obniżenie temperatury powierzchni stropu w punktach łączeń i wykraplanie się w tych miejscach wody. Nie było żadnych wątpliwości, należało powstrzymać ten proces, by nie dopuścić do degradacji malowideł. Usunięto maty i zastąpiono je nowym materiałem.

Dostęp do sklepienia kolebkowego możliwy był tylko przez bardzo wąskie schody, zatem transport materiału izolacyjnego w płytach lub matach na poddasze byłby bardzo problematyczny. Zdecydowano się na izolację sypką - celulozę, którą podawano z zewnątrz na poddasze węzami instalacyjnymi i przesyłowymi przy pomocy maszyny do pneumatycznego transportu izolacji sypkich. Wyeliminowało to problem wnoszenia materiału wąskimi schodami. Co więcej, celuloza dzięki możliwości wchłaniania wilgoci w ilości do 15% swojej masy, mogła z powodzeniem chronić warstwy leżące pod nią, a przede wszystkim strop, przed destrukcyjnym działaniem wilgoci.

Dzięki otwartemu nadmuchowi celulozy isofloc otrzymano jednolitą i bezspoinową izolację, która bezproblemowo dopasowała się do różnorodnej geometrii podłoża. Drewniane sklepienie kolebkowe zostało zadmuchane na sucho, a następnie lekko zroszone wodą. Po wyschnięciu warstwy celulozy isofloc powierzchnia się wzmocniła. Murowane kopuły zostały natomiast zaizolowane celulożą na mokro.

Kościół p.w. Ofiarowania NMP w Górnio

W Polsce również możemy znaleźć przykład zastosowania celulozy natryśniętej na kościelne sklepienie. W roku 2008 zostało wykonane docieplenie sklepienia krzyżowo-żebrowego kościoła p.w. Ofiarowania NMP w Górnio. Obiekt budowany był w latach 1911-1913. Został wzniesiony z czerwonej cegły na cokole kamiennym z profilowanym gzymsem, w stylu neogotyckim na rzucie krzyża łacińskiego.



FOT. 6. Widok na kościół p.w. Ofiarowania NMP w Górnio; fot.: S. ZIELIŃSKI

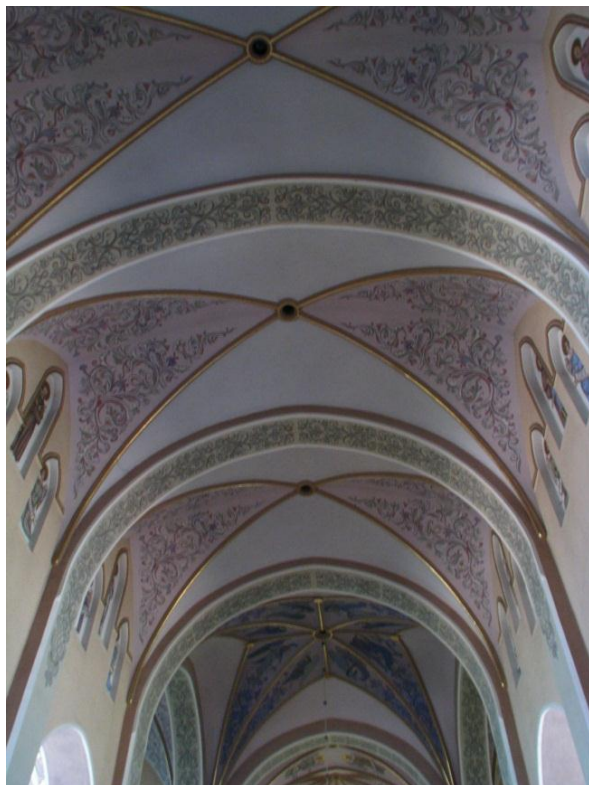
Decyzja inwestora o dociepleniu stropu kościoła była poprzedzona zainstalowaniem w obiekcie ogrzewania. Niewyobrażalny jest fakt istnienia ogrzewanego budynku pozbawionego termoizolacji. Brak docieplenia wiąże się z ogromnymi stratami ciepła (zwłaszcza przez stropy budynków), które generują dodatkowe koszty ogrzewania. Dlatego decyzja o instalacji ogrzewania w kościele zawsze jest nieodłącznie związana z termomodernizacją.



FOT. 7. Widok na sklepienie od strony poddasza; fot.: S. ZIELIŃSKI



FOT. 8. Prace natryskowe na poddaszu kościoła w Górnio; fot.: S. ZIELIŃSKI



FOT. 9. Polichromowane sklepienie krzyżowo-żebrowe kościoła w Górnio; fot.: S. ZIELIŃSKI

W większości ogrzewanych i niedocieplonych kościołów pojawia się jednak dodatkowy problem. W kościołach z reguły ogrzewanie włączane jest sporadycznie, niejednokrotnie tylko raz w tygodniu na czas niedzielnej mszy. Stropy i ściany w okresie zimowym są w zasadzie ciągle zimne, ponieważ są niedogrzone. Podczas mszy wierni, oddychając, mówiąc i śpiewając produkują duże ilości pary wodnej, która wraz z ciepłym powietrzem unoszona jest do góry. W kontakcie z zimną przegrodą budowlaną para wodna skrapla się. Notoryczny proces skraplania się wilgoci na sklepieniach i ścianach, podobnie jak w przykładzie niemieckiego kościoła w Bodenheim, powoduje uszkodzenia polichromii.

Nie mamy informacji o tym, jak długi okres czasu dzielił instalację ogrzewania i termomodernizację kościoła w Górnio. Nie wiemy zatem, czy na decyzję o dociepleniu miała wpływ chęć oszczędności kosztów energii, czy może wnętrze kościoła zaczęło ulegać niszczeniu w wyniku niedogrzenia i postanowiono je ratować. Jedno jest pewne: podjęto bardzo słuszną decyzję, zwłaszcza przy wyborze rodzaju izolacji i metody jej wbudowania.

Nie mamy informacji o tym, jak długi okres czasu dzielił instalację ogrzewania i termomodernizację kościoła w Górnio. Nie wiemy zatem, czy na decyzję o dociepleniu miała wpływ chęć oszczędności kosztów energii, czy może wnętrze kościoła zaczęło ulegać niszczeniu w wyniku niedogrzenia i postanowiono je ratować. Jedno jest pewne: podjęto bardzo słuszną decyzję, zwłaszcza przy wyborze rodzaju izolacji i metody jej wbudowania.

Katedra św. Marii Himmelfahrt w Chur (Szwajcaria)



FOT. 10. Katedra św. Marii Himmelfahrt w Chur (Szwajcaria); fot.: Isofloc Wärmedämmtechnik GmbH

Jesienią 2007 r., po 6 latach renowacji odbyła się inauguracja Katedry św. Marii Himmelfahrt w Chur. Obiekt powstał w latach 1150-1272 i znajduje się na liście chronionych zabytków. Rozległa restauracja była konieczna ze względu na wiele uszkodzeń budynku oraz ochronę cennego wnętrza przed destrukcją. Podczas prac sklepienie nawy głównej katedry zostało docieplone celulozą isofloc.

W 1937 r. w katedrze zainstalowano dmuchawę grzewczą, która w dobrym stanie funkcjonuje do dziś. Wiele lat po montażu dmuchawy, strop katedry został zaizolowany płytami z wełny mineralnej, aby chronić konstrukcję przed niekorzystnymi zmianami temperatury. Podczas prac renowacyjnych w latach 2001 - 2007 istniejące ocieplenie zostało skontrolowane.

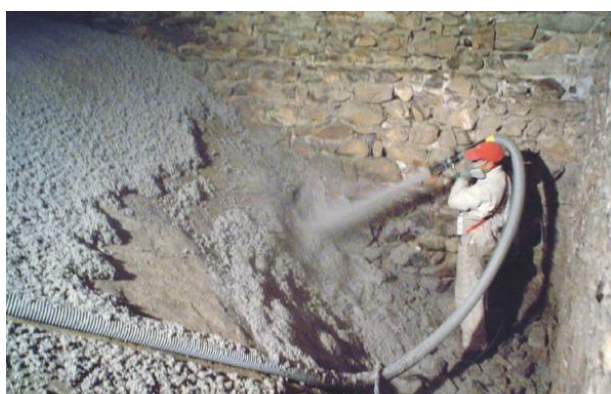


FOT. 11. Prace budowlane we wnętrzu katedry św. Marii Himmelfahrt w Chur (Szwajcaria); fot.: Isofloc Wärmedämmtechnik GmbH

Niestety ze względu na wiele wad oraz zanieczyszczenia przez brud i gruz, **włna mineralna musiała zostać usunięta**. Było to również konieczne, ponieważ inżynierowie budowlani musieli sprawdzić stan sklepienia, a elektrycy zainstalować nową instalację elektryczną. Włna mineralna zanieczyszczona gruzem została usunięta bez większego wysiłku przy pomocy tuby o potężnej mocy ssania.

Ocieplenie stropu sprawia, że różnica pomiędzy temperaturą ciepłego powietrza wewnątrz katedry a temperaturą powierzchni stropu jest mniejsza. Dzięki temu podatność stropu na rozwój pleśni i grzybów jest mniejsza. Spada także zapotrzebowanie na ciepło z ogrzewania.

Ciepłe powietrze z dmuchawy cyrkuluje tylko w nawie głównej katedry. Dlatego postanowiono nie docieplać stropu naw bocznych. W styczniu 2007 sklepienie zostało zaizolowane 15 cm warstwą celulozy przy wykorzystaniu metody natrysku na mokro. Wykonawca wybrał celulozę, ponieważ w porównaniu do materiałów w płytach jest łatwiejsza do wbudowania, lżejsza i skuteczniej izoluje przegrody. Zdolność sorpcji wody przez włókna celulozy była również ważnym czynnikiem.



FOT. 12. Katedra św. Marii Himmelfahrt w Chur (Szwajcaria) – natrysk celulozy; fot.: Isofloc Wärmedämmtechnik GmbH

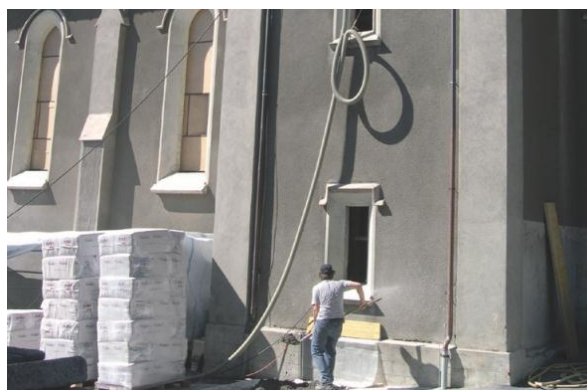
Zimą 2007 r., kiedy spadł pierwszy śnieg, przekonano się o bardzo dobrych właściwościach celulozy. Opad dostał się na poddasze katedry, ponieważ warstwa dachówek nie była od spodu zabezpieczona wiatroizolacją. Celuloza łatwo wchłania nadmiar wilgoci z otoczenia i oddaje ją, gdy powietrze jest wystarczająco suche. Zimą 2007 r. izolacja wchłonęła wilgoć z roztopionego śniegu i ochroniła niżej leżące warstwy. Dzięki temu nie było konieczności zaizolowania nieszczelności między dachówkami. Latem wilgoć zmagazynowana przez celulozę odparowała, pozostawiając izolację w nienaruszonym stanie.

Przytoczone przykłady pokazują zalety stosowania natrysku celulozy na powierzchnie zakrzywione. Nie tylko posiada ona bardzo dobry współczynnik przewodzenia ciepła, ale również szereg innych cech sprawiających, że wbudowanie jej w obiektach zabytkowych przynosi dodatkowe korzyści.

Inne przykłady zastosowania celulozy w kościołach



FOT. 13. Klasztor Engelthal w Altenstadt (Niemcy); fot.: Isofloc Wärmedämmtechnik GmbH



FOT. 14. Kościół parafialny w Ulrichen (Szwajcaria): transport celulozy węzłem na poddasze; fot.: Isofloc Wärmedämmtechnik GmbH



FOT. 15. Kościół parafialny w Ottering (Niemcy); fot.: Isofloc Wärmedämmtechnik GmbH



FOT. 16. Kościół św. Mateusza w Bazylei (Szwajcaria); fot.: Isofloc Wärmedämmtechnik GmbH



FOT. 17. Kościół parafialny w Ulrichen (Szwajcaria); fot.: Isofloc Wärmedämmtechnik GmbH