ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 2013
Seria: ARCHITEKTURA z. 53 Nr kol. 1889

Wacław BRACHACZEK
Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej
Wydział Nauk o Materiałach i Środowisku

INNOWACYJNE ROZWIĄZANIE W ZAKRESIE OCIEPLANIA BUDYNKÓW OD WEWNĄTRZ, Z ZASTOSOWANIEM MINERALNYCH MATERIAŁÓW O NISKIM PRZEWODNICTWIE CIEPLNYM

Streszczenie. W artykule omówiono sposoby ocieplania ścian zewnętrznych budynków. Szczególną uwagę poświęcono metodzie ocieplania ścian od wewnątrz budynków z zastosowaniem płyt krzemianowo-wapiennych. Wymieniono wady i zalety tej metody w porównaniu do pozostałych powszechnie stosowanych metod ocieplania. Opisano etapy towarzyszące kompletowaniu takiego systemu ocieplania. Wyznaczono parametry techniczne wybranych składników systemu, jak również przedstawiono zalecenia do poprawnego wykonywania ocieplenia ścian od wewnątrz z wykorzystaniem płyt krzemianowo-wapiennych.

Słowa kluczowe: termomodernizacja, ocieplanie ścian od wewnątrz, współczynnik przewodnictwa cieplnego, płyty krzemianowo-wapienne.

INNOVATIONS TO BUILDING INSULATION FROM THE INSIDE, WITH THE USE OF MINERAL MATERIALS WITH LOW THERMAL CONDUCTIVITY

Summary. This article discusses ways of external walls insulation of buildings. A special attention is given to the method of insulating walls from the inside of buildings for the use of boards silicate-limestone. The advantages and disadvantages of this method in comparison to other commonly used methods of warming. Describes the steps associated with the assembly of this system. Technical parameters of selected components of the system, and provided recommendations for the proper performance of insulation of the walls from the inside with silicate-limestone boards are determined.

Keywords: retrofitting, insulation of walls from the inside, the coefficient of thermal conductivity, silicate-limestone boards.

1. Wprowadzenie

Ponad 40% światowej produkcji energii zużywane jest w budownictwie i około 35% światowej emisji gazów cieplarnianych pochodzi z budownictwa. Kluczową rolę w ochronie środowiska naturalnego człowieka w dłuższej perspektywie odgrywają elementy wspierające efektywność energetyczną. Jednym z takich elementów jest zarządzanie energią budynków, z czym związana jest termomodernizacja.

Kiedy na polskich elewacjach zaczęły pojawiać się pierwsze systemy ocieplania budynków, minęło już blisko 30 lat. O początkowych opiniach rozpowszechnionych wśród ówczesnych wykonawców, że „Polska na węglu stoi", „grzać i tak trzeba", a coś tak nietrwałego jak styropian na elewację się nie nadaje, obecnie nikt już nie pamięta. Duża różnorodność systemów ocieplania budynków szybko zmieniła początkową niechęć do stosowania nowoczesnych technologii przez inwestorów, na czym zyskali przede wszystkim użytkownicy budynków, jak również krajobraz. Zniknęła powszechnie panująca szarość i monotonia krajobrazu, otoczenie zmieniło się na bardziej kolorowe, schludne i czyste. Obok wynikających z tego tytułu zalet pojawiły się jednak pierwsze symptomy wskazujące na nadużywanie tego nowatorskiego rozwiązania. Wraz ze znikaniem szarości i monotonii gruba warstwa styropianu przykrywać zaczęła również artystyczny kunszt mistrzów budowlanych, szczególnie na przedwojennych obiektach. Wszystko „rozgrzeszane" w imię szeroko pojętej termomodernizacji.

Ocieplanie ścian budynków od wewnątrz jest jednym z rozwiązań pozwalających obniżyć koszty i podnieść efektywność energetyczną w budynkach, może mieć zastosowanie wszędzie tam, gdzie ocieplenie ścian od zewnątrz nie może zostać przeprowadzone, ponadto pozwala zachować dobra kulturowe w nienaruszonym stanie.

2. Problematyka ocieplania ścian budynków

Większość obecnie stosowanych systemów ocieplania budynków przewiduje układanie warstwy izolacyjnej po zewnętrznej stronie przegród budynków. Istnieje wiele argumentów przemawiających za ocieplaniem ścian budynków w ten właśnie sposób, zarówno natury technicznej, jak i estetycznej:

- Ocieplone od zewnątrz ściany posiadają jednolitą powierzchnię umożliwiającą aranżacje elewacji z zastosowaniem wykończeniowych materiałów elewacyjnych w szerokiej gamie struktur i kolorów.
- Ściany zewnętrzne budynków znajdują się zawsze w tzw. ciepłej strefie, poza strefą przemarzania.

- Mur nagrzewa się razem z pomieszczeniem i przy poprawnym wykonaniu izolacji termicznej posiada tę samą temperaturę, jaka panuje w pomieszczeniach.
- Nie następuje skraplanie pary wodnej w objętości muru.
- Ocieplony od zewnątrz mur stabilizuje pracę układu grzewczego z uwagi na swoją dużą bezwładność cieplną i korzystnie wpływa na mikroklimat wnętrza ze względu na pojemność wilgotnościową.

Właściwe ocieplanie wymaga uwzględnienia dwóch zjawisk fizycznych: transportu energii, czyli ciepła, oraz dyfuzji pary wodnej w przegrodach warstwowych.

Za ocieplaniem budynków od wewnątrz w porównaniu do poprzednio omawianej metody nie przemawia już tak wiele argumentów. Ocieplenie od wewnątrz powoduje przesunięcie strefy przemarzania ściany, a więc również strefy wykraplania się pary wodnej do wewnątrz muru, co grozi zawilgoceniem przegrody i zmniejszeniem trwałości ocieplenia. Przy ocieplaniu od zewnątrz te zjawiska nie występują. Metody ocieplania od wewnątrz są bardziej skomplikowane w wykonaniu niż te od zewnątrz, wymagają większej staranności oraz szczególnego uwzględnienia ciągłości termoizolacji z innymi elementami budynku, jak ściany fundamentowe lub piwniczne, podłogi na gruncie, stropy czy też dach. Dodatkowym utrudnieniem jest właściwe wykonanie ocieplenia wokół otworów okiennych i drzwiowych. Ocieplanie od wewnątrz stosuje się przede wszystkim ze względu na zabytkową fasadę wszędzie tam, gdzie niemożliwa lub utrudniona jest izolacja termiczna zewnętrzna wielu staromiejskich kamienic, zabytkowych obiektów sakralnych (kościołów, klasztorów, katedr) oraz świeckich budynków (dworów, zamków, pałaców, zabudowań wiejskich i obiektów dawnego przemysłu o ozdobnych elewacjach, wykonanych np. z muru pruskiego czy cegły klinkierowej). Problemy z ociepleniem mogą dotyczyć także właścicieli domów jednorodzinnych, gdy budynek stoi w ostrej granicy działki, a sąsiad nie zgadza się na ocieplenie ściany przylegającej do strony jego posesji [5, 6].

2.1. Metody ocieplania budynków od wewnątrz

2.1.1. Metoda z zastosowaniem styropianu lub wełny mineralnej

Większość znanych i stosowanych metod ocieplania budynków od wewnątrz polega na zamocowaniu warstwy termoizolacyjnej, stanowiącej styropian lub wełnę mineralną, po wewnętrznej stronie muru. Najczęściej płyty termoizolacyjne mocuje się z zastosowaniem odpowiedniej konstrukcji wykonanych z drewna. Innym sposobem jest mocowanie płyt od wewnątrz z zastosowaniem łączników rozprężnych. Zamocowane płyty termoizolacyjne dokładnie izoluje się folią paroszczelną w celu zapobieżenia przenikaniu pary wodnej, która może przedostać się do muru i spowodować jego zawilgocenie. Tak przygotowaną izolację przykrywa się ścianą wykonaną np. z płyt gipsowo-kartonowych, innych płyt ściennych lub boazerii drewnianej na odpowiednim ruszcie z zachowaniem 2–3-centymetrowego dystansu.

Utworzona w ten sposób szczelina powietrzna powinna być wentylowana. Jej zadaniem jest niedopuszczenie do zawilgocenia termoizolacji.

a)

b)

Rys. 1a. Wilgotna wełna mineralna traci swoje właściwości izolacyjne. Rys. 1b. Ognisko rozwoju grzybów wywołane punktowym uszkodzeniem izolacji paroszczelnej [4]

Fig. 1a. Wet wool loses its insulating properties. Fig. 1b. Focus development of fungi-induced damage to the insulation vapor barrier point [4]

Rys. 2. W przypadku ocieplenia od wewnątrz ściany należy chronić przed wilgocią. W przeciwnym wypadku para wodna, migrująca od wnętrza domu do środka przegrody izolacyjnej, po osiągnięciu punktu rosy wykrapla się, co związane jest ze wzrostem wilgotności i rozwojem mikroorganizmów prowadzących do zniszczenia izolacji [4]

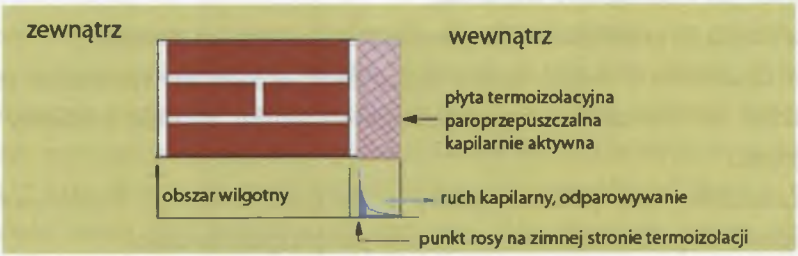
Fig. 2. In the case of insulation from the inside walls should be protected from moisture. Otherwise, the water vapor coming from the house to the center of the insulating barrier, after reaching the dew point condensation, which is associated with increased moisture content and the development of micro-organisms leading to the destruction of the insulation [4]

Ocieplenie wewnętrzne charakteryzuje się zarówno szybkim wychładzaniem, jak i nagrzewaniem pomieszczeń. Zaletą ocieplenia wewnętrznego jest możliwość jego wykonania po zakończeniu budowy, wadą zaś uciążliwość prowadzonych robót, a także zmniejszenie użytkowej powierzchni pomieszczeń. Ponadto metoda ta nie gwarantuje uniknięcia mostków cieplnych pod sufitem [6].

2.1.2. System termoizolacji od wewnątrz z wykorzystaniem płyt krzemianowo-wapiennych

W metodzie ocieplanie ścian od wewnątrz z zastosowaniem wełny lub styropianu najwięcej problemów związanych jest z wykraplaniem się wody w przestrzeni pomiędzy

ścianą a izolacją, co prowadzić może do rozwoju grzybów. Zjawisko to występuje, gdy nieprawidłowo wykonana została izolacja paroszczelna lub w przypadku mechanicznego uszkodzenia takiej warstwy paroizolacyjnej [4]. Rozwiązanie ocieplania budynków od wewnątrz z wykorzystaniem płyt krzemianowo-wapiennych (k-w) stanowi nowatorskie rozwiązanie. Innowacyjność takiego rozwiązania polega na tym, że płyty krzemianowo-wapienne montuje się bezpośrednio do ocieplanej ściany, bez konieczności wykonywania izolacji paroszczelnej. Warstwę wykończeniową takiego ocieplenia stanowi przepuszczalna dla pary wodnej warstwa szpachlowa pokryta farbą lub tynkiem o niskim oporze dyfuzyjnym.



Rys. 3. Schemat mechanizmu transportu wilgoci w systemach warstwowych z wykorzystaniem płyt krzemianowo-wapiennych
Fig. 3. Schematic mechanism of moisture transport in systems using a layered silicate-limestone boards

Płyty krzemianowo-wapienne stosuje się również w zabiegach związanych ze zwalczaniem pleśni w pomieszczeniach obciążonych wilgocią elementów budynków, które uległy uszkodzeniu wskutek błędnie wykonanego ocieplenia lub ocieplenia, które uległo uszkodzeniu. Higroskopijna pojemność materiału stanowi bufor dla szczytowych wartości wilgotności powietrza w pomieszczeniu i przyczynia się do regulowania klimatu wewnętrznego. Wilgoć gromadząca się wewnątrz elementu budowlanego jest dzięki właściwościom kapilarnym takich płyt szybko transportowana na powierzchnię i może szybciej odparować. Nasiąkliwość płyt k-w jest bardzo wysoka i wynosi ok. 300%, a porównując dla betonu komórkowego mieści się ona w przedziale 30–40%. Płyty krzemianowo-wapienne posiadają stosunkowo niski współczynnik przewodzenia ciepła, który wynosi λ = 0,06-0,08 W/(mK) [3, 5], dla porównania współczynnik λ styropianu mieści się w granicach od 0,036 do 0,045 W/(mK).

3. Część eksperymentalna

Celem eksperymentu było stworzenie pełnego systemu ocieplania budynków od wewnątrz z wykorzystaniem płyt krzemianowo-wapiennych. Do badań wykorzystano płyty krzemianowo-wapienne o wymiarach 1250/1000/50 mm, gęstości 225 kg/m3, porowatości

> 90%, współczynniku przewodnictwa cieplnego λ = 0,059 W/(mK), wytrzymałości na ściskanie > 1 MPa.

3.1. Przebieg badań i wykorzystane materiały (surowce)

W skład kompletnego systemu do ocieplania ścian zewnętrznych od wewnątrz zaproponowano następujące komponenty:

- środek służący do zapobiegania powstawaniu pleśni oraz do usuwania pleśni już istniejącej,
- płyty izolacyjne krzemianowo-wapienne,
- zaprawa klejąca do przyklejania płyt krzemianowo-wapiennych do ściany,
- zaprawa szpachlowa o niskim oporze dyfuzyjnym, służąca do wyrównania ocieplanej powierzchni od wewnątrz i wypełnienia ewentualnych szczelin pomiędzy płytami izolacyjnymi,
- tynk krzemianowy lub polikrzemianowy o strukturze rolkowej, alternatywnie farba krzemianowa lub polikrzemianowa o wysokiej paroprzepuszczalności.

Opracowanie technologii wytwarzania zaprawy klejowej do przyklejania płyt krzemianowo-wapiennych polegało na naważeniu składników i późniejszym ich wymieszaniu, a następnie dodaniu wody zarobowej i wymieszaniu zaprawy do jednolitej konsystencji. Sprawdzono szereg receptur, oceniając właściwości aplikacyjne otrzymanych produktów w zależności od składu receptur. Badano mieszanki zawierające w swoim składzie: cement CMI 42,5 w przedziałach od 25% do 33%, wapno od 0% do 4%, piasek w przedziałach od 57% do 69%, mączkę wapiennej w przedziałach od 0% do 8%, mrówczan wapnia w ilości 0,75%, zagęstnik celulozowy w ilości 0,35%.

Przy opracowywaniu technologii wytwarzania mineralnej masy szpachlowej do wyrównywania płyt krzemianowo-piaskowych pod farbę lub tynk o wysokiej przepuszczalności pary wodnej jako kryteria do oceny receptury wybrano: dobrą urabialność i aplikacyjność, wysoką przepuszczalność dla pary wodnej, wysoką nasiąkliwość względem wody oraz możliwość wygładzenia po wyschnięciu za pomocą papieru ściernego.

Badano produkty uzyskane na bazie kolejnych modyfikacji „startowej" receptury do wytwarzania mineralnych mas szpachlowych, zawierającej w swoim składzie następujące komponenty: cement CMI 42,5 w ilości 30%, mączka wapienna w ilości 2%, wapno w ilości ok. 2%, piasek 0,1–0,5 w ilości 64%, stearynian wapnia w ilości 0,15%, zagęstnik celulozowy zawierający dodatki organiczne i nieorganiczne w ilości 0,2%, oleinian sodu w ilości 0,05%, mrówczan wapnia w ilości 0,1%, spoiwo redyspergowalne na bazie kopolimeru polioctanu winylu i etylenu w ilości 1%. Powyższą recepturę zmodyfikowano w celu uzyskania pożądanych właściwości.

Każdorazowo dla poszczególnych receptur przeprowadzono badanie czasu otwartego z zastosowaniem aparatu Vicata. Metodyka polegała na przygotowaniu zaprawy przez

wymieszanie suchego produktu z wodą. Gotową zaprawę szpachlową w ilości ok. 500 g umieszczono w stożkowatym pierścieniu (znajdującym na wyposażeniu Vicata zgodnie z PN--EN 196-3). Przeprowadzono także badanie przyczepności szpachli mineralnej do podłoża bez gruntowania płyty k-w i z gruntowaniem. Jako środek gruntujący zastosowano preparat zawierający w charakterze spoiwa potasowe szkło wodne. Decyzja o zastosowaniu takiego materiału podyktowana była wysoką paroprzepuszczalnościa tego materiału. Pomiar siły zrywającej dokonano z wykorzystaniem Testera Pull Off.

3.2. Omówienie wyników

Badanie przyczepności zapraw klejowych do płyt wykazało, że gotowe produkty, otrzymane na bazie analizowanych receptur, wykazują na tyle dużą adhezję do powierzchni płyt krzemianowo-wapiennych, że za każdym razem następowało zrywanie wewnątrz płyty, wartości siły zrywającej wyznaczone za pomocą Testera Pull-Off mieściły się w przedziale od 0,09 do 0,12 MPa. Różnice w wynikach siły zrywającej pochodziły od zmian w miejscowej wytrzymałości samej płyty krzemianowo-wapiennej. Jako kryterium wyboru odpowiedniej receptury przyjęto właściwości aplikacyjne zapraw klejowych.

W przypadku mineralnej masy szpachlowej na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że zastosowanie gruntowania polepsza przyczepność szpachli do podłoża, o czym świadczą wyższe wyniki siły zrywania oraz obraz zrywania w podłożu, czyli wewnątrz płyty krzemianowo-wapiennej. Siła zrywająca dla masy szpachlowej bez gruntowania wynosiła 0,09 MPa, po zagruntowaniu płyty i naniesieniu masy szpachlowej następował wzrost siły zrywającej do wartości powyżej 0,16 MPa.

Jako warstwę wykończeniową wybrano tynk krzemianowy lub polikrzemianowy o strukturze rolkowej, alternatywnie farbę krzemianową lub polikrzemianową. Produkty te wybrano ze względu na ich właściwości, ze szczególnym naciskiem zachowania mineralnego charakteru całego systemu, jak również ze względu na wysoką paroprzepuszczalność tych produktów.

Wszystkie produkty do systemu ocieplenia od wewnątrz budynku z zastosowaniem płyt krzemianowo-wapiennych zostały przygotowane w ilościach półprodukcyjnych i wyznaczono dla nich podstawowe parametry techniczne. W tabeli 1 przedstawiono orientacyjne wydajności komponentów wchodzących w skład systemu ocieplania od wewnątrz, dla produktów w postaci suchych mieszanek podane zostały ilość wody zarobowej.

Tabela 1

Orientacyjne zużycie komponentów wchodzących w skład systemu ocieplania od wewnątrz z wykorzystaniem płyt krzemianowo-wapiennych

Produkt		Zużycie	Ilość wody zarobowej
1	Masa klejowa do przyklejania płyt krzemianowo-wapiennych	3,0 kg/m^2	20–24% wody zarobowej
2	Środek gruntujący do płyt krzemianowo-wapiennych	0,2 l/m^2	–
3	Szpachla mineralna na płyty krzemianowo-wapienne	2,0 kg/m^2	32–34% wody zarobowej
4	Farba krzemianowa	0,33 l/m^2	–

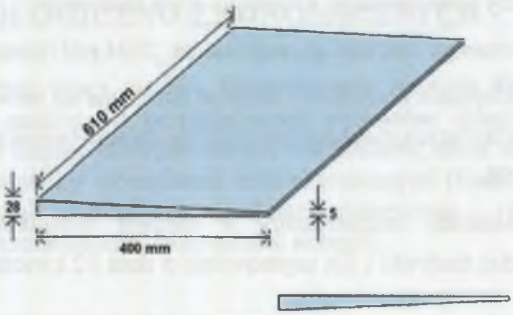
Zużycie komponentów wchodzących w skład systemu ocieplania z zastosowaniem płyt krzemianowo-wapiennych wyznaczono zgodnie z następującą technologią wykonania ocieplenia:

Zaprawę klejową rozprowadzano na ścianie za pomocą pacy zębatej o wielkości zębów 8 mm, pochyloną pod kątem, tak aby uzyskać „rowki" o głębokości ok. 6 mm. Na przygotowaną w ten sposób powierzchnie przyklejono płytę izolacyjną stroną ryflowaną, aby możliwie jak największą powierzchnią przylegała ona do naniesionej warstwy kleju. Płytę montowano w taki sposób, aby uniknąć konieczności wykonania fug. Ewentualne wolne przestrzenie pomiędzy płytami wypełniano pianką piliuretanową. Przed nałożeniem masy szpachlowej, której zadaniem jest wyrównanie powierzchni płyt, i przed przygotowaniem powierzchni pod powłokę malarską powierzchnię płyt pokryto krzemianowym preparatem gryntującym. Przy układaniu płyt na powierzchniach poziomych (sufitach) dodatkowo mocowano płytę plastikowymi dyblami talerzowymi [8].

Rys. 4. Wykonanie ocieplenia ścian od wewnątrz z zastosowaniem płyt krzemianowo-wapiennych [8]
Fig. 4. Implementation of insulation from the inside walls with silicate-limestone boards [8]

4. Uwagi praktyczne do wykonywania ocieplenia od wewnątrz z zastosowaniem płyt krzemianowo-wapiennych

1. System ocieplania budynków od wewnątrz z zastosowaniem płyt krzemianowo-wapiennych stanowi nowatorskie rozwiązanie w kontekście obniżenia kosztów energii cieplnej. Jest łatwy w wykonaniu, trwały i pozwala na zachowanie estetyki pomieszczeń.
2. Funkcjonalność systemu gwarantuje prawidłowo wykonany projekt techniczny ocieplenia budynków od wewnątrz.
3. Grubość warstwy izolacyjnej powinna być tak dobrana, aby zgodnie z obowiązującymi obecnie przepisami (warunki techniczne, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie) dla ścian zewnętrznych po ociepleniu wynosiło 0,3 W/(m2·K) [3, 7].



Rys. 5. Płyty w kształcie trójkątnym dostosowane do izolowania stropów oraz do wykonywania izolacji wokół ościeży okiennych [2]
Fig. 5. Panels (triangle shape) used for insulating ceilings, as well as to perform the insulation around the jambs of windows [2]

4. W przypadku ocieplenia od środka niełatwo uniknąć mostków termicznych. Trudno bowiem zapewnić ciągłość izolacji wewnętrznej w istniejącym budynku, bo oznaczałoby to konieczność ocieplenia nie tylko ścian, ale także wszystkich podłóg i stropów, przeniesienia wszystkich instalacji i zaizolowania ich przejść przez stropy. Można tego uniknąć, izolując nie tylko ścianę zewnętrzną, lecz również na szerokości 60–100 cm przylegające do niej przegrody poziome-stropy prostopadłe do ścian zewnętrznych, a także stropy nad i pod pomieszczeniem. W sytuacji, kiedy nie jest to możliwe, można wykorzystać gotowe płyty krzemianowo-wapienne uformowane w kształcie klina. Nie uniknie się wówczas mostka termicznego, ale zmieniony zostanie rozkład temperatur na korzystniejszy. Zapobiegnie się w ten sposób zjawisku skraplania wody w zimnych miejscach [2, 6].

Bibliografia

1. Aprobata techniczna ITB: AT-15-7325/2007: Płyty krzemianowo-wapienne Calsitherm Klimaplatte. Warszawa 2007.
2. Calciumsilikat-Platte: http://www.casiplus.de/ [dostęp: 10.03.2011].
3. Dyrektywa 89/106/EWG wdrożona ustawą z dnia 16 kwietnia 2004 r. o wyrobach budowlanych, Dz. U. nr 92, poz. 881, z 2009 r. nr 18, poz. 97 oraz z 2010 r. nr 114, poz. 760.
4. Fischer K.: Altbau und Denkmalpflege Informationen. Online – Magazins: www.konrad-fischer-info.de [dostęp: 26.01.01].
5. Gaczek M.: Systemy zewnętrznego ocieplania ścian budynków: http://www.ikb.poznan.pl/ mariusz.gaczek/budma_2004.pdf [dostęp: 21.01.2004].
6. Muratorplus.pl, Ocieplanie budynków: izolacja termiczna od wewnątrz: http://www.muratorplus.pl/technika/izolacje/ocieplanie-budynkow-izolacja-termiczna-od-wewnatrz_65690 [dostęp: 02.11.2009].
7. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie z dnia 12 kwietnia 2002 r. Dz. U. nr 75, poz. 690.
8. Zastosowanie oraz instrukcja montażu płyt klimatycznych Renovario: http://www.ecovario.pl/ [dostęp: 10.05.2012].