



Niekonwencjonalne technologie budowy przegród izolacyjnych i ścian w budynkach jednorodzinnych

Opracował Park Naukowo-Technologiczny Euro-Centrum

Konwencjonalne materiały izolacyjne

W budownictwie jednorodzinym konwencjonalnymi materiałami do budowy przegród izolacyjnych są dwie grupy materiałów: styropiany i wełny. Producenci oferują je jako kompletne systemy ETICS (External Thermal Insulation Composite System) lub sprzedają oddzielnie. Do grupy styropianów zalicza się:

- styropian (spieniony polistyren) ze swoimi odmianami:
 - zwykły,
 - z grafitem,
 - hydrofobizowany, z
 - folią aluminiową,
 - ryflowany,
- polistyren ekstrudowany (XPS, styrodur)

Wełna dostępna na rynku jest sprzedawana w dwóch wariantach:

- wełna skalna
- wełna szklana

Tradycyjne materiały izolacyjne występują w postaci płyt miękkich, arkuszy, płyt sztywnych, rulonów, mat oraz granulatów.

Styropian (polistyren ekspandowany) z powodu niższej ceny niż wełna najbardziej popularny materiał izolacyjny w Polsce i jest dostępny pod postaciami:

- **płyty zwykłe** (gęstość 12 kg/m³ do 30 kg/m³). Płyty o gęstości poniżej 15 kg/m³ stosuje się w izolacji ścian trójwarstwowych, stropodachów wentylowanych, stropów drewnianych oraz innych elementów izolowanych metodą lekką suchą. Płytami o gęstości 15 kg/m³ do 20 kg/m³ ociepla się ściany powyżej powierzchni gruntu, stropy piwnic. Płytami o gęstości powyżej 20 kg/m³ ociepla się stropy, podłogi na gruncie, ściany piwniczne oraz fundamentowe, tarasy oraz podłogi w garażach.
- **płyty ryflowane** – stosuje się do ocieplania ścian tradycyjnych metodą lekką moką gdzie istnieje zagrożenie zawilgacania ścian oraz metodą lekką suchą w domach drewnianych o konstrukcji szkieletowej.
- **płyty z warstwą papy** – używane są do izolacji dachów płaskich oraz ścian fundamentowych.
- **granulat** – używa się do nadmuchowego wypełniania pustek powietrznych w ścianach warstwowych oraz izolowania stropodachów i innych trudno dostępnych miejsc.

Polistyren ekstrudowany

Ten sam surowiec co styropian w wyniku innego procesu wytwarzania uzyskuje wyższą twardość, odporność na nasiąkanie. Stosowany do izolacji ścian piwnic, podłóg, dachów płaskich, tarasów i innych obciążanych powierzchni.

Wełna mineralna

Zasadniczą wadą wełny względem styropianów jest jej nasiąkliwość. Materiał w budynkach należy chronić przed dostępem wody (folie paroszczelne) ponieważ zawilgocony traci właściwości izolacyjne i dodatkowo naraża konstrukcje na rozwój grzybów i pleśni.

Płyty wełny ze względu na gęstość i przeznaczenie dzieli się na:

- **miękkie** (35-60 kg/m³) stosowane do izolacji połączeń dachów, stropów drewnianych, sufitów podwieszanych, ścian działowych i trójwarstwowych,
- **półtwarde** (80–120 kg/m³) stosowane do izolacji ścian dwuwarstwowych (metodami lekka-mokra i lekka-sucha) oraz podłóg pływających,
- **twarde** (150–220 kg/m³) stosowane do izolacji dachów płaskich, stropów, podłóg na gruncie oraz ścian metodą lekką mokrą.






Maty i filce z wełny stosuje się do izolowania połączeń dachowych, podłóg na legarach oraz sufitów podwieszanych.

Granulaty – stosuje się do nadmuchowego izolowania trudno dostępnych miejsc, takich jak stropodachy, puste przestrzenie ścian warstwowych, stropy poddaszy.

Oprócz oczywistych zadań izolacyjnych materiały stosowane w budowie przegród termicznych powinny spełniać szereg innych kryteriów:

- łatwość montażu,
- wytrzymałość mechaniczna na obciążenia rozłożone i punktowe,
- niezmiennność właściwości cieplnych i mechanicznych w czasie eksploatacji,
- ekologiczność produktu,
- możliwość jego łatwego ponownego przetworzenia,
- ilość części energii do wytworzenia izolacji,
- odporność na zawilgocenia i wodę,
- zdolność do przewodzenia pary wodnej,
- odporność na oddziaływania chemiczne, biologiczne i mikrobiologiczne
- niepalność
- bezpieczeństwo monterów i użytkowników,
- efektywność ekonomiczna inwestycji,
- łatwość instalowania.

Zestawienie parametrów fizycznych wybranych materiałów izolacyjnych

PARAMETR	POLISTYREN EKSTRUADOWANY	STYROPIAN	WEŁNA MINERALNA	PIANKA POLIURETANO WA	WŁÓKNA CELULOZOWE
Widok					
przewodność cieplna λ deklarowana, W/mK	0,027–0,040	0,031–0,045	0,032–0,045	0,022–0,035	0,037–0,043
deklarowana wartość gęstości objętościowej kg/m ³	28–32	14–19	135–170	30–35	26–65

Niekonwencjonalne materiały izolacyjne

Do grupy niekonwencjonalnych materiałów izolacyjnych, ze względu na marginalne (lub całkowity brak) ich stosowanie w warunkach krajowych zaliczono kolejno:

- pianki poliuretanowe,
- włókna celulozowe impregnowane solami boru,
- suchy system ceramiczny HCH,
- konopie
- płyty z odpadów drzewnych
- zaprawy termoizolacyjne
- szkło piankowe
- płyty izolacyjne z włókien lnianych modyfikowanych włóknem syntetycznym
- izolacje próżniowe
- izolacje transparentne
- aerozele
- słomę

Pianka poliuretanowa

Park Naukowo-Technologiczny
Euro-Centrum Sp. z o.o.
40-568 Katowice, ul. Ligocka 103
tel. +48 78 34 339
fax +48 32 250 47 85
obserwatorium@euro-centrum.com.pl
www.pnteuro-centrum.com.pl

NIP 634-26-64-278
REGON 240789585
Nr konta bankowego:
PKO BP S.A. I Oddz. w Katowicach
25 1020 2313 0000 3602 0192 1493
Kapitał zakładowy: 12 588 000,00 zł.

Rejestr Przedsiębiorców KRS
Sąd Rejonowy w Katowicach
Wydział VIII Gospodarczy KRS
Numer KRS 0000297073

Gęstość pianki wynosi od 30–150 kg/m³. Współczynnik przewodzenia $\lambda = 0,022\text{--}0,035$ w/mK i zależy od stopnia ściśnięcia pianki. Pianki oferowane są jako:

- **plyty** – służą do izolowania ścian, dachów, tarasów oraz podłóg. Mogą być dodatkowo pokryte folią aluminiową (podwyższona paroizolacyjność) lub flizeliną (odporność na uszkodzenia mechaniczne),
- **pianki bezpostaciowe** (także na bazie olejów roślinnych np. SEALECTION Agribalance, HEATLOK SOY® –200 firmy Demilec)- są aplikowane przez natrysk i służą do wykonywania bezspoinowych termoizolacji na powierzchniach o skomplikowanym kształcie, w budynkach szkieletowych a także często do nakładania izolacji podczas modernizacji starych budynków.

Właściwości izolacyjne (wartość współczynnika przewodzenia ciepła) pianek poliuretanowych zależą od gazu służącego do jej spieniania (fluorowęgłowodory, węglowodory, ditlenek węgla). Struktura ciągła polimeru uretanowego stanowi zaledwie ok. 3% objętości pianki.

Pianki spieniane za pomocą ditlenku węgla cechują wartości współczynnika λ od ok. 0,025 W/(m·K) do 0,046 W/(m·K).

W piankach otwartokomórkowych spienianych czynnikiem HFC 365/227 po około trzech latach eksploatacji wartość współczynnika przewodzenia ciepła zmienia się od 0,019 W/(m·K) do ok. 0,025 W/(m·K).

Wadą tych rozwiązań jest to, że pianki PU z każdym rokiem użytkowania tracą swoje właściwości izolacyjne (wartość współczynnika przewodzenia ciepła rośnie). Efekt starzenia wynika z wymiany gazowej pomiędzy pianką a otoczeniem i zastępowaniem gazu spieniającego przez powietrze. Do spieniania były jeszcze niedawno stosowane czynniki CFC i HCFC, które zostały w Europie bezwzględnie zakazane. W składzie pianek PU produkowanych w UE znajdują się gazy spieniające o gorszych właściwościach cieplnych.

Wartości współczynnika przewodzenia ciepła gazów wypełniających komórki pianek poliuretanowych w zależności od sposobu spieniania i czasu eksploatacji

Gaz	Rodzaj spieniania	Okres eksploatacji	Wartość współczynnika λ [W/(m·K)]
Ditlenek węgla	Chemiczne	Bezpośrednio po spienieniu	0,01640
Powietrze	Chemiczne	Podczas eksploatacji	0,02400
C-pentan	Fizyczne	Cały okres eksploatacji	0,01197
N-pentan	Fizyczne	Cały okres eksploatacji	0,01520
I-pentan	Fizyczne	Cały okres eksploatacji	0,01470
HFC 365 mfc	Fizyczne	Cały okres eksploatacji	0,01060
HFC 227ea	Fizyczne	Cały okres eksploatacji	0,01270

Rozszerzalność pod wpływem temperatury pianek PU jest duża, szczególnie im mniejsza jest gęstość płyty. Największe zmienności wykazują wyroby o gęstości 40–30 kg/m³. Zmiana długości płyty dachowej o gęstości 30 kg/m³ w polskich warunkach pogodowych może wynieść 2 cm. Powstające wtedy mostki cieplne są częściowo kompensowane w płytach PU z zamkami.

Włókna celulozy

Włókna celulozowe produkowane są z makulatury, która nie zawiera szkodliwych farb drukarskich. W procesie produkcji makulatura jest przecierana i nasączana solami boru dla polepszenia odporności na ogień i na narażenia biologiczne (rozwój mikroorganizmów, grzybów i pleśni. Izolacja z włókien celulozowych (EKOFIBER, TERMEX, TERMOFLOC) stosowana jest często dla ścian w technice szkieletu (drewniany, stalowy) jako izolacja termiczna i akustyczna. Ze względu na metodę nanoszenia i brak łączów technologicznych zapewnia ciągłość izolacji, co ogranicza występowanie mostków termicznych. Włókna celulozy dzięki higroskopijności nie wymagają stosowania paroizolacji pod warunkiem zapewnienia jej dobrej wentylacji. Higroskopijność włókien celulozy, w przypadku zastosowania ich do izolacji przegród znajdujących się poniżej poziomu gruntu czy podłóg na gruncie, stwarza zagrożenie kapilarnego podciągania wody. Znamionowe właściwości termoizolacyjne zachowuje do 12% poziomu wilgotności własnej.

Aplikacja celulozy odbywa się dwiema metodami:

- **Metoda sucha** – rozdrobnione włókna są wdmuchiwane pneumatycznie w wolne przestrzenie i szczeliny w ścianach, stropodachach (odległość do 50 m w poziomie i 30 m w pionie) lub wysypywane luzem na stropy belkowe i podłogi na legarach.



Gęstości izolacji w metodzie suchej wynoszą w zależności od miejsca jej montażu zazwyczaj:

- stropodachy wentylowane i poddasza nieużytkowe - 26/m³,
- przestrzenie międzykrokwie - 45kg/m³,
- ściany - 55kg/m³;

- **Metoda mokra** – włókna celulozowe są zwilżane wodą z dodatkiem kleju i przy użyciu pompy wodnej i dedykowanej dyszy natryskowej nanoszona jest na powierzchnię. Taka mieszanka bardzo dobrze trzyma się na ścianach, a nawet na sufitach.



Gęstości izolacji w metodzie mokrej wynoszą w zależności od miejsca jej montażu zazwyczaj:

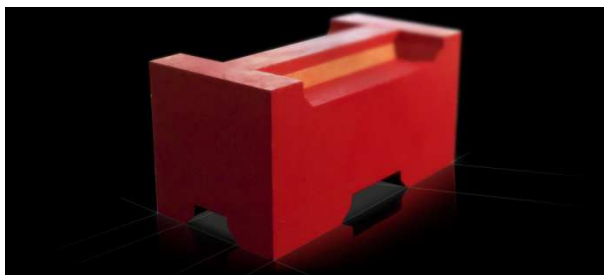
- stropodachy wentylowane i poddasza nieużytkowe - 26/m³,
- ściany - 35kg/m³.

Tabela 5. Porównanie przykładowych systemów ocieplenia ścian

System ze styropianem np. BOLIX	System z wełną mineralną np. ECOROCK– L	System z włóknami celulozowymi np. THERMOFLOCK (na mokro)	System z pianką poliuretanową np. LAF
ZALETY			
<ul style="list-style-type: none"> – niska cena systemu – łatwość obróbki materiału – duża kolorystyka i faktura tynków – brak konieczności stosowania dodatkowych środków ochrony wykonawców – mały ciężar elewacji 	<ul style="list-style-type: none"> – wysoka odporność ogniowa – łatwość ocieplania skomplikowanych detali architektonicznych – duża kolorystyka i faktura tynków – odporność materiału izolacyjnego na czynniki chemiczne 	<ul style="list-style-type: none"> – łatwość i niska pracochłonność wykonania – brak konieczności kolkowania materiału termoizolacyjnego – możliwość izolowania miejsc trudnodostępnych, – niskie koszty związane z utrzymaniem elewacji 	<ul style="list-style-type: none"> – szybki montaż prefabrykowanych płyt – brak konieczności klejenia płyt do przegrody – niskie koszty związane z utrzymaniem elewacji – duży wybór płytek elewacyjnych – duża odporność na uszkodzenia mechaniczne
WADY			
<ul style="list-style-type: none"> – mała odporność na uszkodzenia mechaniczne – wysokie koszty eksploatacji związane z malowaniem i tynkowaniem – konieczność kontrolowania warstwy tynku i napraw – system nie jest niepalny i ma ograniczenia co do stosowania tylko do 11 kondygnacji 	<ul style="list-style-type: none"> – mała odporność na uszkodzenia mechaniczne – wysokie koszty eksploatacji związane z malowaniem i tynkowaniem – konieczność kontrolowania warstwy tynku i napraw – duży ciężar płyt fasadowych, – konieczność stosowania masek i rękawic ochronnych 	<ul style="list-style-type: none"> – trudność wykonania skomplikowanych detali architektonicznych – potrzeba stosowania specjalnych maszyn do nadmuchu oraz masek – w przypadku wykonania ściany elewacyjnej z cegły klinkierowej wysoki koszt i wkład pracy 	<ul style="list-style-type: none"> – wysoki koszt elementów prefabrykowanych – konieczność przyklejania dodatkowych płytek w miejscu łączenia płyt i wykonania fug pomiędzy płytkami elewacyjnymi – konieczność doszczelniania prefabrykowanych płyt w miejscach połączeń z balkonem i drzwiami za pomocą silikonu
NAJCZĘŚCIEJ POPEŁNIANE BŁĘDY WYKONAWCZE			
<ul style="list-style-type: none"> – mocowanie płyt na nieoczyszczonym podłożu – nakładanie zbyt małej ilości kleju – nieodpowiednia ilość kółków mocujących – brak stosowania zakładów siatki z włókna szklanego 	<ul style="list-style-type: none"> – mocowanie płyt na nieoczyszczonym podłożu – nakładanie zbyt małej ilości kleju – nieodpowiednia ilość kółków mocujących – brak stosowania zakładów siatki z włókna szklanego 	<ul style="list-style-type: none"> – słabe zagęszczenie włókien celulozowych – niezabezpieczenie otworów przez które może wydostać się materiał w czasie wdmuchiwania 	<ul style="list-style-type: none"> – brak poziomego przymocowania szyny startowej – nieodpowiednia ilość kółków – nie zerwanie specjalnej powłoki w miejscach przeznaczonych na doklejenie płytek – niestaranne wykonanie fug – brak zabezpieczenia miejsc łączenia płyt np. z balkonem
UTRZYMANIE			
<ul style="list-style-type: none"> – malowanie co 5 lat elewacji – tynkowanie co 15 lat elewacji 	<ul style="list-style-type: none"> – malowanie co 5 lat elewacji – tynkowanie co 15 lat elewacji 	<ul style="list-style-type: none"> – mycie co 15 lat elewacji 	<ul style="list-style-type: none"> – mycie co 15 lat elewacji

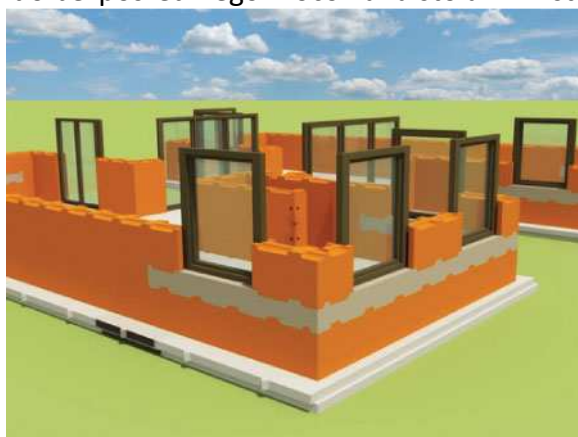
Suchy ceramiczny system modułowy HCH

Służy do budowy ścian, stropów, płyt fundamentowych i stropodachów. Jest to system modułowy montowany bez użycia zapraw czy klejów zawierający dedykowane elementy ściennie, segmentowe płyty fundamentowe, stropy zaciskowe i konstrukcje dachowe ze scalonymi płytami dachowymi, w których powierzchnie elementów murowych są wyposażone w mineralne warstwy izolacyjne.



- **Ściany HCH**

Podstawowy element ściany ma wymiar 30 x 30 x 60 cm. System HCH wymaga budowania ścian równocześnie z elementami stolarki budowlanej. Elementy murowe mają dedykowane dla ościeżnic zagłębienia do bezpośredniego mocowania stolarki w strukturze muru.



- **płyty fundamentowe HCH**

Segmentowa płyta fundamentowa składa się z modułowych elementów łączonych dedykowanymi zamkami.

- **strop dla HCH**

Strop zaciskowy HCH składa się z trapezowych stalowych belek-profilii zamkniętych z dwoma rodzajami elementów wypełniających (podstawowy - obejmujący oraz zaciskowy- klinujący).

- **dach dla HCH**

Belki więźby dachu z elementów scalonych wykonane są z prostokątnych stalowych profili zamkniętych z bocznymi zagnieceniami.

System HCH umożliwia łączenie techniki tradycyjnej i HCH poprzez wybudowanie domu na tradycyjnej betonowej płycie fundamentowej, ścian z elementów HCH ze stolarką, zwieńczenia stropem oraz tradycyjnej więźby dachowej.

Izolacje z konopi

Biodegradowalne płyty z konopi wzmacniane są elementami z włókien sztucznych typu Bikofasern lub z włókien lnianych i włókien syntetycznych, skrobi czy nawet wełny owczej.



Współczynnik przewodzenia ciepła płyt z konopi wynosi $\lambda = 0,038-0,045$ W/(mK). Ich zaletami jest łatwa obróbka, duża elastyczność, dobra odporność na ogień (B2), przepuszczalność pary wodnej, nietoksyczność, odporność na czynniki biologiczne. Stosuje się je między krokwie, na powierzchnię stropów.

Płyty izolacyjne z włókien lnianych modyfikowanych włóknem syntetycznym

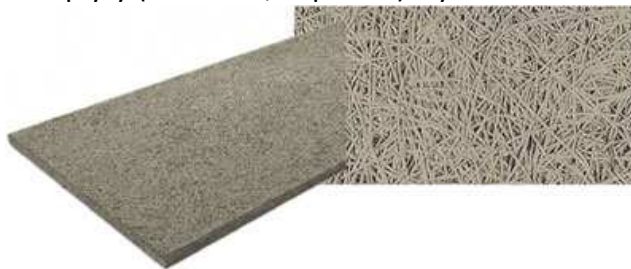
Miękkie płyty i maty z konopi lnianych na podkładzie z włókien syntetycznych bądź lnianych (skład 82-85% włókna konopne, 10-15% włókna syntetyczne Bikofasern, 3-5% soda i inne związki) posiadają gęstość 30-42 kg/m³, współczynnik przewodzenia ciepła $\lambda = 0,040$ W/(m.K), klasę palności B2.



Płyty z odpadów drzewnych

Płyty z odpadów drewna (wiórki, zręby) spajane są substancjami poprawiającymi ich trwałość. Forma izolacji przybiera postać płyt lub mat miękkich do wypełniania przestrzeni w

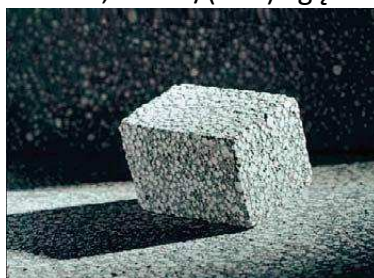
konstrukcjach szkieletowych oraz twardych płyt do systemów ociepleń typu ETICS. Inną odmianą są kompozytowe płyty (Heraklith, Suprema) wytwarzane z wełny drzewnej.



Często płyty wytwarza się z wełny drzewnej połączonej spoiwem cementowym. Są one sprzedawane w postaci sprasowanych płyt. Ich gęstość objętościowa i współczynnik przenikania ciepła zależą od stopnia sprasowania płyt. Zaletą takiego rozwiązania jest wysoka wytrzymałość mechaniczna, co pozwala je montować jako ocieplenie ścian bezpośrednio pod tynk, jako podsufitki czy wieńce. Suprema jest też łączona warstwowo ze styropianem.

Zaprawa termoizolacyjna

Kompozytowa styropianowo-cementowa zaprawa izolacyjna (Pollytech) posiada współczynnik przewodzenia ciepła $\lambda < 0,060 \text{ W/(m.K)}$ i gęstość 35-50 kg/m³.



Zaprawy stosowane są w postaci wylewek lub zapraw z suchych mieszanek i aplikowane metodą na mokro do izolacji dachów płaskich, stropów i podłóg na gruncie. Nadaje się im także postać bloczków, które następnie stosuje się do budowy ścian.

Szkoło piankowe

Szkoło piankowe (foamglass) jest materiałem o strukturze porów zamkniętych, który produkuje się w postaci płyt i granulatów w dwóch odmianach:

- szkło białe o porach otwartych, gęstość 240-300 kg/m³,
- szkło czarne o zamkniętych porach hydroizolacyjne, gęstość 100-130 kg/m³.



Płyty izolacyjne posiadają współczynnik przewodzenia ciepła $\lambda = 0,038-0,042 \text{ W/(m.K)}$. Jego zaletą jest całkowita odporność na zawilgocenie. Jest on również nieszkodliwy dla środowiska. Szkło piankowe stosuje się do ocieplania stropodachów, zwłaszcza na warstwie nośnej z blach fałdowanych nad pomieszczeniami o dużej wilgotności oraz do ocieplania stropów i podłóg na gruncie, na którym występują duże naciski

Izolacje próżniowe

Izolacje próżniowe VIP budowane są w postaci płyt warstwowych, które tworzą zamknięty w specjalnym opakowaniu próżniowym porowaty rdzeń z polistyrenu, poliuretanu, krzemionki, tlenku tytanu i węgla.



Współczynnik przewodzenia ciepła VIP wynosi (pod warunkiem utrzymania niskiego ciśnienia wewnątrz panelu) $\lambda = 0,002-0,008 \text{ W/(m.K)}$.

Izolacje transparentne

Zadaniem izolacji transparentnej (np. panele typu Okalux i STOSolar) oprócz minimalizacji migracji ciepła przez przegrodę budowlaną jest pozyskiwanie światła i ciepła słonecznego do wnętrza budynku. Pozyskiwanie energii słonecznej zachodzi dzięki zastosowaniu:

- okien trzyszybowych wypełnionych kryptonem,
- okien dwuszybowych z wypełnieniem granulatem z aerożelu krzemionkowego między taflami szkła;
- struktur komórkowych lub kapilarnych z tynkiem szklanym i absorberem pozyskującym energię słoneczną

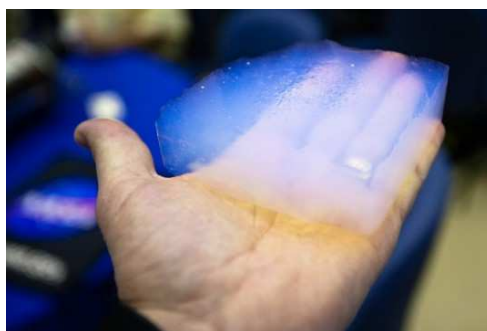
Izolacja transparentna (TI) przepuszcza krótkofalowe promieniowanie słoneczne oraz tłumi promieniowanie podczerwone.



Współczynnik przewodzenia ciepła transparentnej izolacji jest jedynie składową całego bilansu cieplnego. Izolacje transparentne montuje się zazwyczaj jedynie od strony południowej budynku nie przekraczając powierzchni w ten sposób izolowanej nie więcej niż 25-30% powierzchni ściany. Jeśli planuje się większą powierzchnię paneli to zaleca się pod absorberem umieścić system odbierający ciepło (np. system rurek z cieczą i zbiornikiem akumulacyjnym).

Aerożel

Aerożel krzemionkowy (np. Aspen Aerogels, POROGEL) połączony z innymi materiałami przezroczystymi (np. tafle szkła) przewodzi promieniowanie słoneczne jednocześnie będąc izolatorem. Szacuje się, że współczynnik przenikania ciepła aerożelu wynosi $\lambda = 0,012\text{--}0,030\text{W/m}^2\text{K}$.



W takim rozwiązaniu współczynnik przewodzenia ciepła wynosi $\lambda = 0,021\text{ W}/(\text{mK})$. Stosuje się go też do wypełnienia przestrzeni w panelach poliwęglanowych. Aerożel przepuszczając światło umożliwia także doświetlanie pomieszczeń światłem rozproszonym. Aerożele są produkowane także jako nieprzezroczyste (Spacetherm, Medium Spacelot).

Aerożel stosuje się też jako izolację samoistną w postaci cienkich elastycznych mat, płyt i taśm.



Producenci zalecają, ze względu na koszty, stosowanie aerożelu do izolacji ścian nie posiadających otworów okiennych i drzwiowych. Zaleca się umieszczanie izolacji z aerożelu na ścianach wewnętrznych budynku. Zaletą tego rozwiązania jest to, że zajmują znacznie mniej miejsca niż tradycyjne materiały izolacyjne. Aerożele lub maty aerożelowe mocuje się mechanicznie do elementów ścian i pokrywa gładzią tynkową.

W drewnianych domach o konstrukcji szkieletowej rekomenduje się stosowanie cienkich pasów z aerożelu w trudno dostępnych przestrzeniach dla likwidacji mostków termicznych w ścianach.

Aerożele produkuje się także jako giętkie kompozyty i wzmocnienia się je włóknami szklanymi lub włókniną.

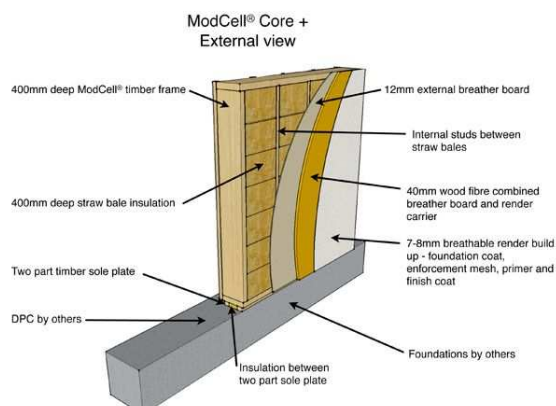


Aerożele kompozytowe mogą być stosowane i montowane także na zewnątrz budynku. Przykłady wykorzystania aerożelu w izolacjach budynków to aplikacje w ZAE-Bayern w Würzburgu oraz General Hospital St. Helier w Jersey,

Słoma

Izolacje ścian ze słomy wykonuje w postaci prefabrykowanych beli słomy uszczelnianych konopiami (np. rozwiązanie BaleHaus at Bath, ModCell). Firma ModCell oferuje

prefabrykowane panele tworzące ramę z drewna konstrukcyjnego wypełnioną balami ze słomy.



Uszczelnieniem połączeń są konopie. Elewacja zewnętrzna wykonana jest paro przepuszczalnego tynku wapiennego



Materiały wykorzystane w pisaniu Raportu

www.bath.ac.uk
http://news.cnet.com/8301-11128_3-10445362-54.html ;
<http://www.sciencedaily.com/releases/2010/02/100209183137.htm> ;
<http://www.sciencedaily.com/releases/2011/03/110316152951.htm> ;
<http://www.dobrebudowanie.pl/izolacja-z-odpadow.html>
<http://www.termodom.pl/>
<http://www.izolacje.com.pl/>
http://trucinska.zut.edu.pl/fileadmin/IZOLACJE_TRANSPARENTNE_1.pdf
http://suw.biblos.pk.edu.pl/resources/i5/i4/i3/i1/r5431/WlodarczykM_NoweTermoizolacje.pdf
http://www.citt.polsl.pl/content/files/Oferty_wspolpracy/grudzien/budynek_zeroenergetyczny/Termoizolacje_nowych_generacji_w_budynkach%20.pdf
<http://www.e-izolacje.pl/>
<http://www.systemhch.com/>
<http://izomat.net/frame/aerogels.html>
<http://www.thisoldhouse.com>
<http://www.builderonline.com/>
<http://www.tech-spray.eu/natrysk-pianki-167.html>
<http://www.purizol.pl/>
<http://www.interior-zachod.pl/?id=heraklith>
<http://www.modcell.com/>
<http://docieplam.pl/>
<http://www.ciechpianki.pl/>
<http://www.kumibex.pl/>
<http://agmainvest.pl/izolacje-i-ocieplenia-pianka-poliuretanowa/19>
<http://izospray.pl/ocieplenie-poddasza/>
<http://www.va-q-tec.com/en/Vacuum-Insulation-Panels-68.html>
<http://www.porextherm.com/en/products.html>
<http://www.umwelt-wand.de/ti/about/mission.html>
<http://www.okalux.de/en/solutions/brands/kapilux/kapilux-twd.html>
<http://live.pege.org/2005-weiz-renovation/transparaent-insulation.htm>
<http://en.czsanyou.com/index.html>
<http://www.okalux.de/index.php?id=22&L=1>
<http://muratordom.pl>
<http://www.starcompanieskc.com/ATS.pdf>
<http://www.basf-cc.co.in/en/products/Sustainable%20Construction/NEOPOR%20BOARD/Documents/Neopor%20-%20Wall%20Insulation.pdf>
http://www.brita-in-pubs.eu/bit/uk/03viewer/retrofit_measures/pdf/DesignGuideline-04-Insulation.pdf
<http://www.knightwallsystems.com/rain-screen-products/continuous-insulation/>
<http://www.radiantbarrier.com/>
<http://www.ybsinsulation.com/insulation.html>