

OCIEPLENIE ŚCIAN ZEWNĘTRZNYCH OD WEWNĄTRZ płytą Kooltherm K17

Opracował:

mgr inż. Jerzy Żurawski,
mgr inż. Wojciech Ćwirko,
mgr inż. Krzysztof Szymański

Sprawdził:

dr inż. arch. Agnieszka Cena-Soroko

Kwiecień 2015

SPIS TREŚCI

Wprowadzenie	2
Struktura wiekowa budynków	2
Straty ciepła w budynku	3
Zasady ocieplenia przegród od wewnątrz.....	5
Ocieplenie płytą Kingspan Kooltherm K17.	6
Budowa i Podstawowe właściwości techniczne płyt K17.....	6
Zagadnienia ciepłno-wilgotnościowe	7
Wymagania eksploatacyjne pomieszczeń.....	7
zspolona płyta do suchej zabudowy Kooltherm® K17	9
Opis szczegółowy analizowanych przegródw połączeniu ściany zewnętrznej ze ścianą wewnętrzną13	
Izolacyjność typowych ścian z cegły pełnej	13
Mostki termiczne.....	14
Mostki cieplne na połączeniu ściany zewnętrznej i wewnętrznej.....	15
Mostki cieplne na połączeniu ściany zewnętrznej ze stropami	23
Określenie mostków cieplnych dla stropu WPS.....	25
Izolacja termiczna płyty K17 dochodzi tylko do stropu	25
Izolacja termiczna ścian z płyty K17 do stropu WPS z izolacją 5 cm stropu	28
Izolacja termiczna ścian ceglanej za pomocą płyty K17 w połączeniu ze stropem Kleina typu ciężkiego31	
Izolacja termiczna ścian z płyty K17 do stropu Kleina typu ciężkiego	31
Izolacja termiczna ścian z płyty K17 do stropu Kleina typ ciężki z izolacją 5 cm stropu.....	34
Izolacja termiczna ścian ceglanej za pomocą płyty K17 w połączeniu ze stropem odcinkowym.....	37
Izolacja termiczna ścian z płyty K17 do stropu odcinkowego	37
Izolacja termiczna ścian z płyty K17 do stropu odcinkowego z dodatkową izolacją 5 cm stropu. 40	
Izolacja termiczna ścian ceglanej za pomocą płyty K17 w połączeniu ze stropem drewnianym	43
Izolacja termiczna ścian z płyty K17 do stropu drewnianego.....	43
Izolacja termiczna ścian z płyty K17 do stropu drewnianego z dodatkową izolacją stropu gr. 5 cm46	
Izolacja termiczna ścian ceglanej za pomocą płyty K17 w połączeniu ze stropem Żelbetowym	49
Izolacja termiczna ścian z płyty K17 do stropu Żelbetowym	49
Izolacja termiczna ścian z płyty K17 do stropu żelbetowego z izolacją 5 cm stropu.....	52
Analizy ciepłno-wilgotnościowe	54
Podsumowanie	57

OCIEPLENIE ŚCIAN ZEWNĘTRZNYCH OD WEWNĄTRZ ZA POMOCĄ PŁYT KOOLTHERM K17

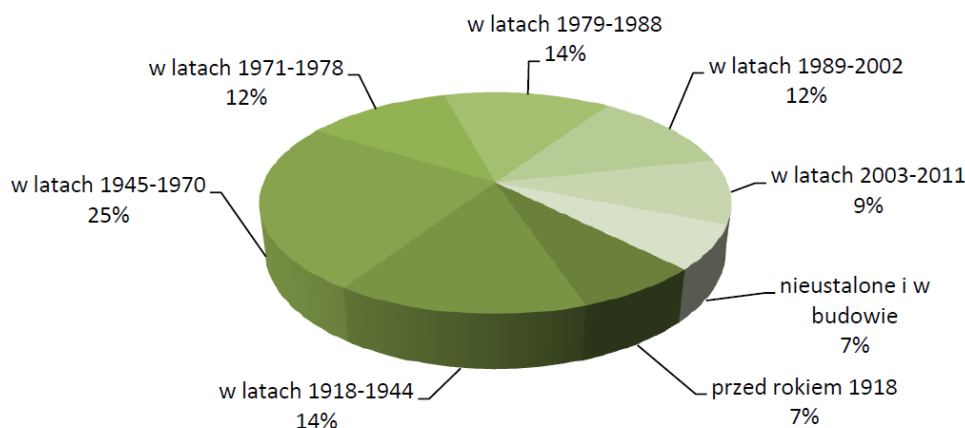
WPROWADZENIE

Od niespełna dwudziestu lat realizowana jest termomodernizacja budynków. Poprawa efektywności energetycznej dotyczy głównie budynków mieszkalnych i użyteczności publicznej. Szacuje się, że poddano łącznie około 20-25% substancji budowlanej. Dziś część z nich nadaje się do ponownej termomodernizacji. W najbliższych latach planowane są dalsze działania mające poprawić jakość energetyczną istniejących budynków. Działania te nazwane zostały głęboką termomodernizacją i mają na celu radykalne obniżenie zużycia energii w istniejących budynkach.

W Polsce praktycznie wszystkie budynki wykonane lub termomodernizowane do 1998 roku będą wymagały takich zabiegów. Uzyskanie w najbliższych latach dotacji na głęboką termomodernizację oraz przebudowę, uzależnione będzie od poprawy efektywności energetycznej budynku również podlegających konserwatorowi zabytków. Działania te dotyczyć będą znacznej części budynków, i w wielu przypadkach mogą obejmować ocieplenie ścian zewnętrznych budynku od wewnątrz.

STRUKTURA WIEKOWA BUDYNKÓW

Według Narodowego Spisu Powszechnego Ludności i Mieszkań w 2011 r. w Polsce istniało 5.54 mln budynków [3]. Strukturę wiekową budynków zamieszczono na wykresie 1.



RYСУNEK 1. UDZIAŁ BUDYNKÓW WG OKRESU WYBUDOWANIA [3]

Liczba najstarszych budynków, tj. wybudowanych przed 1918 r., wynosiła ok. 405 tys. Stanowiły one 7,3% ogółu zamieszkałych budynków mieszkalnych. Znajdowało się w nich ok. 1,2 mln mieszkań, czyli 9% ogółu mieszkań. Budynki wzniesione po II wojnie światowej stanowią 72,1% ogółu zamieszkałych budynków mieszkalnych. Mieszkania zlokalizowane w budynkach powojennych stanowiły 76,5% ogółu mieszkań. W miastach najwyższy odsetek budynków przedwojennych odnotowano w województwach: dolnośląskim - 40,4% ogółu zamieszkałych budynków mieszkalnych, lubuskim - 37,4%, opolskim - 36,1% i zachodniopomorskim - 35,1%. Najmniejszy odsetek budynków oddanych do użytkowania przed 1945 r. w miastach utrzymuje się w województwie: lubelskim - 11,6%, podlaskim - 11,7% i mazowieckim -

12,4%. Na wsi budynki wzniesione przed 1945 r. stanowiły w niektórych województwach ponad połowę całkowitej liczby budynków mieszkalnych zamieszkałych. W województwie lubuskim udział tych budynków na wsi wyniósł 64,0%, a w województwach: dolnośląskim – 60,6%, zachodniopomorskim – 55,6%, warmińsko-mazurskim – 53,0% i opolskim – 52,3%. Najniższy odsetek budynków wybudowanych przed 1945 r. występował na wsi w województwach: mazowieckim – 7,9%, świętokrzyskim – 8,1% i lubelskim – 10,1%.

Budynki wybudowane w latach 1918 - 1945 stanowią 14% całkowitej liczby budynków. Można szacunkowo przyjąć, że łączna liczba budynków podlegających ograniczeniom konserwatora zabytków wynosi ponad 21%. Część budynków wybudowanych w latach 1945-1970 może również podlegać takim ograniczeniom. Oszacowano, że ściany zewnętrzne ok. 20% budynków można będzie ocieplić jedynie od środka.

TABELA 1. STRUKTURA WIEKOWA ZASOBÓW MIESZKANIOWYCH W POLSCE I ZUŻYCIE ENERGII WG. [3]

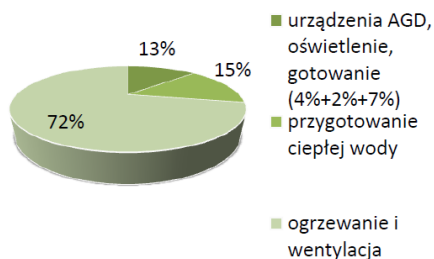
L.p.	Okres wzniesienia budynku	Budynki		Mieszkania		EP	EK
	lata	tys.	%	mln	%	kWh/(m ² rok)	kWh/(m ² rok)
1	przed 1918	404,7	7,3	1,18	9,1	> 350	> 300
2	1918 – 1944	803,9	14,5	1,45	11,2	300 – 350	260 – 300
3	1945 – 1970	1363,9	24,6	3,11	24,0	250 – 300	220 – 260
4	1971 – 1978	659,8	11,9	2,07	16,0	210 – 250	190 – 220
5	1979 – 1988	754,0	13,6	2,15	16,6	160 – 210	140 – 190
6	1989 – 2002	670,9	12,1	1,52	11,7	140 – 180	125 – 160
7	2003 – 2007	321,6	5,8	0,60	4,6	100 – 150	90 – 120
8	2008-2011	205,1	3,7	0,41	3,2	-----	-----
9	w budowie	27,7	0,5	0,04	0,3	-----	-----
10	nieustalone	332,7	6,0	0,43	3,3	-----	-----
	razem	5544,3	100,0	12,96	100,0	-----	-----

Uwaga: EP - wskaźnik określający roczne zapotrzebowanie na nieodnawialną energię pierwotną na jednostkę powierzchni pomieszczeń o regulowanej temperaturze powietrza wyrażony w kWh/(m²rok); EK – wskaźnik określający roczne zapotrzebowanie na energię końcową na jednostkę powierzchni pomieszczeń o regulowanej temperaturze powietrza wyrażony w kWh/(m²rok).

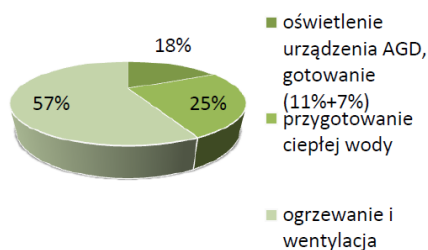
STRATY CIEPŁA W BUDYNKU

W budynkach istniejących, w których nie wykonano usprawnień termomodernizacyjnych, zużycie energii na ogrzewanie i wentylację wynosi ok. 70% całkowitego zużycia energii. W budynkach zabytkowych straty ciepła na ogrzewanie i wentylację mogą być nieznacznie większe. W nowoczesnych budynkach niskoenergetycznych zużycie energii na ogrzewanie i wentylację nie powinno przekraczać 35-40%.

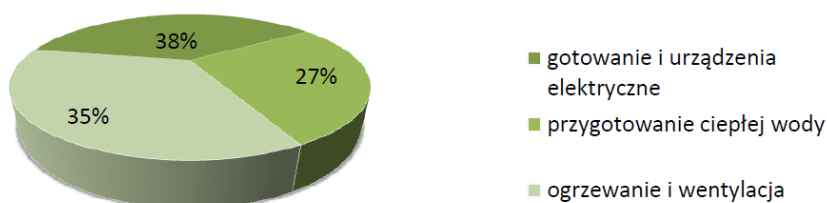
Struktura zużycia energii w budynkach mieszkalnych w Polsce



Struktura zużycia energii w budynkach mieszkalnych - w krajach "UE-15"



Struktura zużycia energii w budynkach mieszkalnych - zalecenie Międzynarodowej Agencji Energetycznej



Dla budynków podlegających konserwatorowi zabytków jedynym rozwiązaniem obejmującym poprawę jakości energetycznej ścian jest wykonanie ocieplenia od wewnątrz.

TABELA 2 ZMIANY WYMAGAŃ W ZAKRESIE WSPÓŁCZYNNIKA PRZENIKANIA CIEPŁA U [$W/M^2.K$] DLA BUDYNKÓW WIELORODZINNYCH – OGRZEWANYCH DO TEMPERATURY WIĘKSZEJ NIŻ $16^{\circ}C$ [4]

Polska norma lub przepisy	Ściana zewnętrzna	Stropodach	Strop nad nieogrzewaną piwnicą	Strop pod nieogrzewanym poddaszem	Okna i drzwi balkonowe
PN-57/B-024051 ^{a)}	1,16÷1,42	0,87	1,16	1,04÷1,163	-
PN-64/B-034041 ^{a)}	1,16	0,87	1,16	1,04÷1,163	-
PN-74/B-034042 ^{b)}	1,16	0,70	1,16	0,93	-
PN-82/B-020202 ^{b)}	0,75	0,45	1,16	0,40	2,0÷2,6
PN-91/B-020202 ^{b)}	0, 55 0,70 ^{d)}	0,30	0,60	0,30	2,0÷2,6
Przepisy techniczno-budowlane (rok 1997) ^{b)}	0,30÷0,65 ^{c)}	0,30	0,60	0,30	2,0÷2,6
Przepisy techniczno-budowlane (rok 2002) ^{b)}	0,30÷0,65 ^{d)}	0,30	0,60	0,30	2,0÷2,6
Przepisy techniczno-budowlane (rok 2009) ^{b)}	0,30	0,25	0,45	0,25	1,7÷1,8
Przepisy techniczno-budowlane (rok 2014) ^{b)}	0,25	0,20	0,25	0,20	1,3÷1,5

Objaśnienia: ^{a)} $\theta_i = 18^{\circ}C$, ^{b)} $\theta_i = 20^{\circ}C$, ^{c)} w zależności od rodzaju ściany (z otworami lub bez), ^{d)} w zależności od rodzaju i konstrukcji ściany.

Większość budynków zabytkowych zlokalizowana jest w atrakcyjnych częściach miasta. Przeprowadzenie rewitalizacji połączonej z głęboką termomodernizacją jest działaniem atrakcyjnym i ekonomicznie uzasadnionym. Z tego powodu coraz częściej rozważa się docieplanie ścian od wewnątrz. Oczekiwania użytkowników sprawiają, że działania takie stają się niezbędne. Celem dla developerów i nowych właścicieli są modne dziś lofty, czyli mieszkania o wysokim standardzie również energetycznym, zlokalizowane w atrakcyjnych częściach miast. Niezadowalające właściwości cieplnochronne obiektów zabytkowych dalekie są od współczesnych wymagań prawnych. Taki stan rzeczy skutkuje nadmierną energochłonnością budynku.

Niezależnie od miejsca ulokowania warstwy termoizolacyjnej głównym celem docieplania jest:

- zmniejszenie zużycia energii,
- zmniejszenie kosztów eksploatacji,
- podwyższenie temperatury na wewnętrznej powierzchni przegród budynku,
- wyeliminowanie słabych miejsc w budynku,
- wyeliminowanie ryzyka wystąpienia kondensacji pary wodnej w przegrodzie,
- wyeliminowanie rozwoju grzybów pleśniowych na przegrodach,
- polepszenie komfortu cieplnego pomieszczeń,
- podwyższenie wartości mieszkania.

Ocieplenie ścian od wewnątrz może być realizowane na wiele sposobów. Najczęściej wykorzystuje się technologie bezpośrednio adaptowane z zewnętrznych systemów dociepleń, wykonywanych metodą lekką mokrą, aktualnie nazywane ETICS.

Inne metody polegają na wykonaniu ocieplenia od wewnątrz, np. technologia oparta o system tzw. metody lekkiej suchej oparty o ruszt, wypełniony materiałem termoizolacyjnym. Nowe technologie dociepleniowe dedykowane izolowaniu cieplnemu od wewnątrz pojawiają się praktycznie we wszystkich grupach materiałowych: wełnie mineralnej, poliuretanie, gazobetonie, sylikatach, płytach drewnopochodnych...

Docieplenie od wewnątrz nie jest zadaniem łatwym, tym bardziej trudno jest je przeprowadzić w przypadku unikalnych zabytków architektury z zachowanymi oryginalnymi wyprawami i detalami architektonicznymi, nie tylko od zewnątrz ale i od wewnątrz. Bardzo często jest to technicznie niemożliwe, a działania projektowo-wykonawcze ograniczają się do ochrony przed wilgocią, osuszenia murów, co w niewielkim stopniu przynosi również wymierne efekty zmniejszające zużycie energii w budynkach [3].

Obiekty zabytkowe z partiami niewymagającymi szczególnej ochrony konserwatorskiej dają szerokie pole do działania w zakresie głębokiej termomodernizacji.

ZASADY OCIEPLENIA PRZEGRÓD OD WEWNĄTRZ

Docieplenia od wewnątrz powinny być wykonywane przy zachowaniu uniwersalnych zasad konstruowania przegród warstwowych. Z upływem lat, wraz z pojawianiem się na rynku budowlanym nowych technologii i doskonalszych narzędzi do analiz teoretycznych, opinie na ten temat ulegają jednak daleko idącym zmianom i modyfikacji. Przede wszystkim do niedawna przyjmowano, że opór cieplny przegrody można zwiększać warstwami dociepleniowymi układanymi od wewnątrz do poziomu niezagrażającego wystąpieniem wewnętrznej kondensacji pary wodnej. Jest to jedna z najstarszych koncepcji docieplania od wewnątrz, dająca dobre wyniki w przypadku przegród o pierwotnie stosunkowo wysokim oporze cieplnym, których docieplenie od wewnątrz nie powoduje wewnętrznej kondensacji pary wodnej. Zasada ta pierwotnie była stosowana w odniesieniu do ścian pokrywanych warstwami pełniącymi funkcje dekoracyjne (np. boazerie, ekrany osłonowe) oraz przez izolacje akustyczne. Współczesne techniki obliczeniowe pozwalają dokładniej przeanalizować występujące w przegrodzie zjawiska, dając możliwość złągodzenia wymagań.

Obecnie dopuszcza się zwiększanie oporu cieplnego przegrody warstwami układanymi na jej wewnętrznej powierzchni, powodującymi kondensację wewnętrzną pary wodnej, jednak skondensowana w okresie zimowym wilgoć powinna wyschnąć w okresie letnim, czyli w przegrodzie musi być zapewniony ujemny roczny bilans wilgoci. Przy realizacji tego postulatu występują ograniczenia polegające na określeniu krytycznej wartości oporu cieplnego i dyfuzyjnego warstwy dociepleniowej, której nie można przekroczyć, gdyż skutkowałoby to corocznym przyrostem wilgoci akumulowanej we wnętrzu przegrody.

W praktyce kondensacja pary wodnej występuje głównie w miejscach najbardziej wychłodzonych, jak narożniki ścian czy nadproża. Aby wartość krytyczna temperatury lokalnie nie została przekroczona, skondensowana para powinna się kapilarnie przemieszczać do suchszych stref warstwy dociepleniowej. Tak właśnie się dzieje w starych tynkach wapiennych, pokrywających stosunkowo cienkie mury, na których bardzo rzadko rozwijają się grzyby pleśniowe. Współcześnie takie możliwości dają materiały, które w nieco mniejszym stopniu zaspokajają potrzeby termoizolacyjne, jednak bardzo dobrze akumulują i transportują kapilarnie wilgoć. Zwiększenie oporu cieplnego warstwą izolacyjną wykonaną z tzw. płyt klimatycznych, doskonale akumulujących wodę dzięki wysokiej wilgociochłonności właściwej (nawet 200%), można dopisać do listy dociepleń od wewnątrz. Należy jednak pamiętać o wymaganiach wilgotnościowych stawianych docieplanej przegrodzie, o otwartości dyfuzyjnej powłok malarskich i oczywiście ekonomicznej efektywności całego przedsięwzięcia, gdyż nie są to tanie materiały.

OCIEPLENIE PŁYTĄ KINGSPAN KOOLTHERM K17

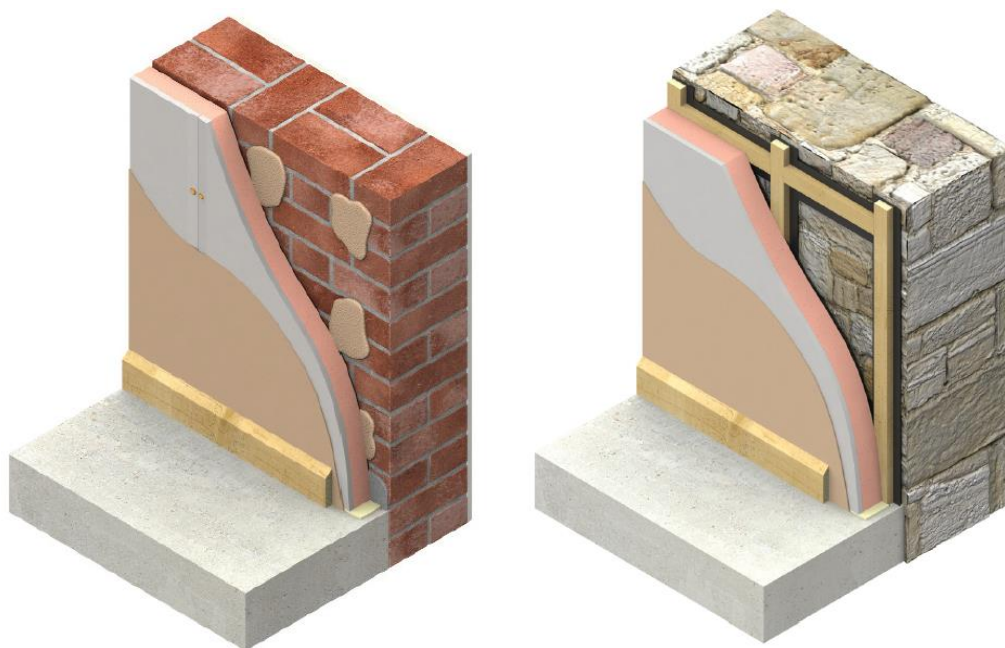
Nowoczesną metodą ocieplenia od wewnątrz jest system oparty o wielowarstwowe specjalnie skonstruowane płyty wykonane z pianki rezolowej zespolonych z płytą gipsowo kartonową o bardzo dobrych parametrach izolacyjnych oraz, co jest bardzo istotne, o dużym oporze dyfuzyjnym. Budowę płyty przedstawiono na rysunku 2.

BUDOWA I PODSTAWOWE WŁAŚCIWOŚCI TECHNICZNE PŁYT K17

Okładzinę zewnętrzną płyt Kingspan **Kooltherm K17** stanowi płyta gipsowo-kartonowa, która z łatwością poddaje się obróbce metodami suchej zabudowy. Rdzeń płyty stanowi najwyższej jakości izolacja ze sztywnej pianki rezolowej o $\lambda_D = 0,02$ do $0,021$ W/mK. Do procesu produkcji wykorzystuje się środki spieniające o zerowym potencjale niszczenia warstwy ozonowej (ODP) i niskim wskaźniku tworzenia efektu cieplarnianego (GWP).

Dolna warstwa płyty **Kooltherm K17** pokryta jest powłoką z włókna szklanego, zespolonego z rdzeniem płyty. Płyty **Kooltherm K17** produkowane są w wymiarach 1200 x 2600 mm i grubościach 20-120 mm, z prostymi krawędziami.

Płyta nie powinna być stosowana w pomieszczeniach, gdzie utrzymuje się wilgoć poniżej 60.



RYСУNEK 2. SCHEMAT ŚCIANY OCIEPLONEJ OD WEWNĄTRZ PŁYTĄ K-17 NA ŁĄCZNIKU KLEJOWYM ORAZ NA RUSZCIE DREWNIANYM.

Odporność na rozpuszczalniki, grzyby i gryzonie

Rdzeń płyt **Kooltherm K17** jest odporny na krótkotrwały kontakt z benzyną i większością rozcieńczonych kwasów, zasad i olei mineralnych. Zaleca się jednak przed przystąpieniem do montażu płyt usunięcie wszelkich pozostałości tych substancji (metodą zgodną z zaleceniami producenta tych substancji). Rdzeń nie jest odporny na niektóre systemy klejenia na bazie rozpuszczalników, szczególnie tych zawierających keton metylowo-etylowy. Kleje zawierające te rozpuszczalniki nie mogą być używane w połączeniu z płytą K17. Nie należy używać płyt, które weszły w kontakt z mocnymi rozpuszczalnikami lub kwasami.

Rdzeń płyty i jej warstwy zewnętrzne nie stanowią źródła pożywienia dla szkodników, nie stwarzają warunków korzystnych dla rozwoju pleśni czy bakterii.

ZAGADNIENIA CIEPLNO-WILGOTNOŚCIOWE

Wybierając docieplenie budynku od strony wewnętrznej musimy zdawać sobie sprawę z pewnych ograniczeń wynikających ze stosowania tej metody oraz problemów, którym musimy zaradzić. Główną przeszkodą przed stosowaniem tego sposobu jest zjawisko dyfuzji pary wodnej oraz możliwość wykraplanie się pary wodnej w przegrodzie i na wewnętrznej powierzchni. Docieplenie ścian od wewnątrz, jest bardziej kłopotliwe i wymaga większej staranności na etapie projektowania oraz wykonawstwa.

WYMAGANIA EKSPLOATACYJNE POMIESZCZEŃ

Podstawowym zadaniem projektowym jest zapewnienie odpowiednich parametrów powietrza wewnętrznego zgodnie z przeznaczeniem pomieszczenia. Budynki użyteczności publicznej, mieszkalne i zamieszkania zbiorowego powinny spełniać co najmniej minimalne wymagania w zakresie: wewnętrznej temperatury, wymiany powietrza-wentylacji oraz wilgotności powietrza.

W istniejących budynkach, wyposażonych w wentylację naturalną trudno jest zapewnić niezbędną, określoną prawnie, wymianę powietrza a co za tym idzie i właściwą wilgotność. W budynkach mieszkalnych wielorodzinnych niezbędne jest zapewnienie minimalnej wymiany powietrza na poziomie:

- mieszkanie z kuchnią elektryczną i łazienką - 100 m³/h (średni 86 m³/h)
- mieszkanie z kuchnią elektryczną, w-c oraz łazienką do 130 m³/h (średnio 115 m³/h)
- mieszkanie z kuchnią gazową i łazienką - 120 m³/h (średni 100 m³/h)
- mieszkanie z kuchnią gazową, w-c oraz łazienką do 150 m³/h (średnio 130 m³/h)

Wilgotność względna powietrza w pomieszczeniach mieszkalnych powinna wahać się w przedziale od 40 do 60%. Niestety z powodu nadmiernego ograniczania zużycia energii rzeczywista wymiana powietrza jest znacznie mniejsza zwłaszcza w pomieszczeniach, w których wymienione zostały okna bez zastosowania urządzeń nawiewnych i wynosi od 20 do 30 m³/h. Jest to przyczyną wzrostu wilgotności powietrza do 60%, a nawet w skrajnych przypadkach zdecydowanie ponad 60%. Stan taki jest niezgodny z wymaganiami prawnymi. Pomieszczenia użytkowane są w sposób nieprawidłowy. Ma to szczególne znaczenie przy próbie poprawy izolacyjności termicznej ścian zewnętrznych od wewnątrz.

TABELA 3. WARTOŚCI OBLICZENIOWE LICZBOWYCH PARAMETRÓW POWIETRZA WEWNĘTRZNEGO W OKRESIE LETNIM I ZIMOWYM.

Aktywność fizyczna	Okres zimowy				Okres letni					
	Temperatura	Wilgotność względna		Prędkość powietrza maksymalna	Wartości optymalne		Wartości dopuszczalne			Prędkość powietrza maksymalna
		optymalna	dopuszczalna minimalna		Temperatura	Wilgotność względna	Temperatura przy zyskach ciepła jawnego odniesionych do 1 m ² powierzchni podłogi pomieszczenia lub strefy roboczej		Wilgotność względna maksymalna	
							do 50 [W/m ²]	ponad 50 [W/m ²]		
[°C]	[%]		[m/s]	[°C]	[%]	[°C]		[%]	[m/s]	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Miała	20–22	40–60	30	0,2	23–26	40–55	$t_z + 3$	$t_z + 5$	70	0,3
Średnia	18–22			0,2	20–23	40–60				0,4
Duża	15–18			0,2	18–21	40–60				0,6

Wiele pomieszczeń, zwłaszcza w budynkach użyteczności publicznej, powinno charakteryzować się znacznie większymi strumieniami powietrza wentylacyjnego. Przykładowe wymagania w zakresie wymiany powietrza i wilgotności przedstawiają się następująco:

- średnia wymiana powietrza w szkołach wynosi 1,5-1,8 wym/h przy wilgotności do 45-60%, w klasach 500 m³/h co stanowi nawet 2,5 wym./h,
- dla pomieszczeń biurowych: 20 m³/osobę, co przy typowym obciążeniu użytkownikami stanowi najczęściej ok. 1 wym./h i wilgotność do 40-55%,
- dla drukarni: 3-6 wym./godzinę i wilgotność do 45-55%.

Jeżeli wentylacja naturalna jest skuteczna, to wilgotność powietrza w pomieszczeniach ogrzewanych zimą jest niższa i waha się w przedziale od 30% do 45%. Ma to istotny wpływ na pracę przegrody. Dlatego przy projektowaniu ocieplenia od wewnątrz należy zwrócić szczególną uwagę, aby pomieszczenia spełniały wymagania higieniczne w zakresie wentylacji oraz wilgotności powietrza. Przy nieskutecznej wentylacji może występować zwiększona wilgotność powietrza i w konsekwencji wykraplanie się wody w najzimniejszych miejscach przegród zewnętrznych, czyli np. na połączeniu stropów ze ścianą zewnętrzną.

Należy pamiętać, że izolacja od wewnątrz powoduje przesunięcie strefy przemarzania ściany, a co za tym idzie strefy wykraplania się pary wodnej od wewnątrz, co może grozić narastającym zawilgoceniem przegrody, korozję biologiczną oraz przyspieszonej destrukcji. Poprawne rozwiązanie ocieplenia od wewnątrz jest możliwe przy zastosowaniu odpowiednich rozwiązań konstrukcyjno-materiałowych oraz przy wyborze właściwej technologii.

Wyróżnić można trzy podstawowe metody docieplenia ścian od strony wewnętrznej:

1. Z barierą paroszczelną: metoda może być stosowana w dowolnych obiektach w tym w obiektach o wysokiej wilgotności powietrza, wysokiej temperaturze np. pływanie, oraz w lokalach użytkowanych okresowo np. salach konferencyjnych czy kościołach, gdzie występują duże wahania wilgotności,
2. Ze swobodnym przepływem strumienia pary wodnej przez przegrodę, metoda stosowana dla budynków mieszkalnych o stosunkowo niewielkim obciążeniu wilgocią, wykorzystująca naturalną regulację wilgotności wewnętrznej, wynikającą ze swobodnego przepływu pary przez warstwy ocieplenia;
3. układy mieszane przeznaczone do pomieszczeń w których może występować okresowe zwiększone zawilgocenie.

ZESPOLONA PŁYTA DO SUCHEJ ZABUDOWY KOOLTHERM® K17

Kingspan Kooltherm K17 to zespolona płyta do termoizolacji ścian od wewnątrz, wykonana ze sztywnej pianki rezolowej połączona z płytą kartonowo – gipsową (białą) o grubości 12,5 mm w jednostronnej okładzinie z białego welonu szklanego. Zastosowana biała płyta G-K wskazuje, że Kooltherm® K17 przeznaczony jest do ocieplania od wewnątrz pomieszczeń o wilgotności, takich jak pomieszczenia biurowe, szkolne, mieszkalne itp.

Standardowe wymiary i wykończenie boków płyt:

Płyty Kingspan Kooltherm® K17 produkowane są w wymiarach 1200 x 2600 mm, grubości 20 mm $\leq d \leq 120$ mm z prostymi krawędziami.

Zastosowanie:

Do termoizolacji ścian od wewnątrz, do mocowania mechanicznego opartego o ruszt np. drewniany oraz przy użyciu kleju na placach.

Wartość współczynnika przewodzenia ciepła:

- $\lambda_D = 0,021 \text{ W/(mK)}$ dla dN 15 – 44 mm
- $\lambda_D = 0,020 \text{ W/(mK)}$ dla dN 45 – 120 mm

Gęstość rdzenia płyty:

- Minimum 35 kg/m³

Odporność na ściskanie: (przy 10% odkształcenia)

- ≥ 100 kPa

Zawartość cel zamkniętych:

- min. 90%

Zastosowanie izolacji termicznej ścian zewnętrznych od wewnątrz może stwarzać trudności projektowe i eksploatacyjne zwłaszcza przy połączeniu:

- ściany zewnętrznej ze ścianami wewnętrznymi działowymi gr. 6 cm, 12 cm
- ściany zewnętrznej ze ścianą wewnętrzną nośną gr. 25 cm
- ściany zewnętrznej z różnego typu stropami: odcinkowym, drewnianym, Kleina, WPS oraz żelbetowym.

ZAGADNIENIA WILGOTNOŚCIOWE - WPROWADZENIE

Punktowi rosy powietrza odpowiada wartość temperatury, w której powietrze zawierające określoną ilość pary wodnej osiąga stan nasycenia (wilgotność względna powietrza jest równa 100 %) i poniżej której następuje skraplanie wody zawartej w powietrzu.

W warstwie powietrza, przy powierzchni przegrody budynku, zachodzi wyrównanie temperatury powietrza wewnętrznego i powierzchni przegrody.

Jeżeli minimalna temperatura zimnej powierzchni obudowy w zasięgu oddziaływania mostka cieplnego jest niższa od punktu rosy powietrza, występuje powierzchniowa kondensacja pary wodnej.

Punkt rosy zależy od temperatury i wilgotności powietrza. Większym wartościom wilgotności i temperatury powietrza odpowiadają większe wartości punktu rosy. Przy większej wilgotności powietrza kondensacja pary wodnej może występować na większej powierzchni przegród w pomieszczeniu.

Przewiduje się w wymienionych węzłach występowanie temperatur poniżej wartości krytycznej, stwarzające ryzyko rozwoju pleśni. W Warunkach technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie określono, że minimalna wartość współczynnika temperaturowego wynosi $f_{rsi,min}=0,72$ i dla każdej przegrody wartość f_{rsi} powinna spełniać równanie:

$$f_{rsi} > f_{rsi,min} = 0,72$$

przy czym:

$$f_{rsi} = \frac{T_{w,p} - T_Z}{T_W - T_Z}$$

$T_{w,p}$ – temperatura na powierzchni przegrody w analizowanym punkcie;

T_Z – temperatura zewnątrz, dla której wyznaczona została $T_{w,p}$;

T_W – temperatura wewnątrz, dla której wyznaczona została $T_{w,p}$;

Im większa jest wartość współczynnika temperaturowego f_{rsi} , tym wyższa jest wartość temperatury $T_{w,p}$ a ryzyko kondensacji powierzchniowej mniejsze. Wymaganie dotyczące zabezpieczenia przed kondensacją powierzchniową jest spełnione jeśli wartość współczynnika f_{rsi}

jest większa od jego minimalnej wartości $f_{rsi,min}$ podanej w przepisach budowlanych lub normie narodowej.

Należy zaznaczyć, że wartości $f_{rsi,min}$ zależą od rodzaju budynku lub pomieszczenia albo od klasy wilgotnościowej budynku mierzonej ilością wilgoci emitowanej do środowiska wewnętrznego, nie zależą natomiast od strefy klimatycznej w jakiej usytuowany jest budynek.

TABELA 4. KRYTERIALNE WARTOŚCI WSPÓŁCZYNNIKA TEMPERATUROWEGO $f_{rsi,min}$

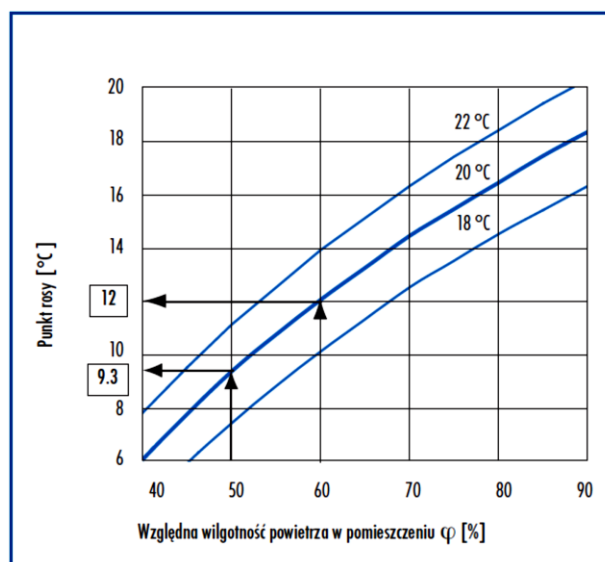
Kraj	Rodzaj budynku lub pomieszczenia	$f_{rsi,min}$	R_{si}
			$m^2 K/W$
Zjednoczone Królestwo	Mieszkalne, szkolne*	0,75	0,13
	Budynki z pomieszczeniami o wysokiej wilgotności wewnętrznej, jak kryte baseny pływackie, pralnie* **	0,90	
	Magazyny**	0,30	
	Biura**	0,50	
	Kuchnie, hale sportowe, budynki z grzejnikami gazowymi bez odprowadzenia spalin do komina**	0,80	
Holandia	Nowe budynki mieszkalne i hotele	0,65	0,25
	Nowe budynki niemieszkalne	0,50	
Belgia		0,70	0,20
Francja	Emisja wilgoci $W/n \leq 2,5 \text{ g/m}^3$	0,25	b.d.
	$2,5 < W/n \leq 5 \text{ g/m}^3$	0,52	
	$5 < W/n \leq 7,5 \text{ g/m}^3$	0,73	
Szwajcaria		$0,570 \div 0,761$	0,167
RFN		0,70	b.d.
Austria		0,69	b.d.

*) Wymagania ze względu na rozwój grzybów pleśniowych.

**) Wymagania ze względu na kondensację powierzchniową.

W tabeli 4 zamieszczono obowiązujące w różnych krajach UE, dopuszczalne wartości $f_{rsi,min}$. Wartości graniczne są różne w różnych krajach UE, co może świadczyć o zbyt rygorystycznym potraktowaniu zagadnienia przez polskiego ustawodawcę.

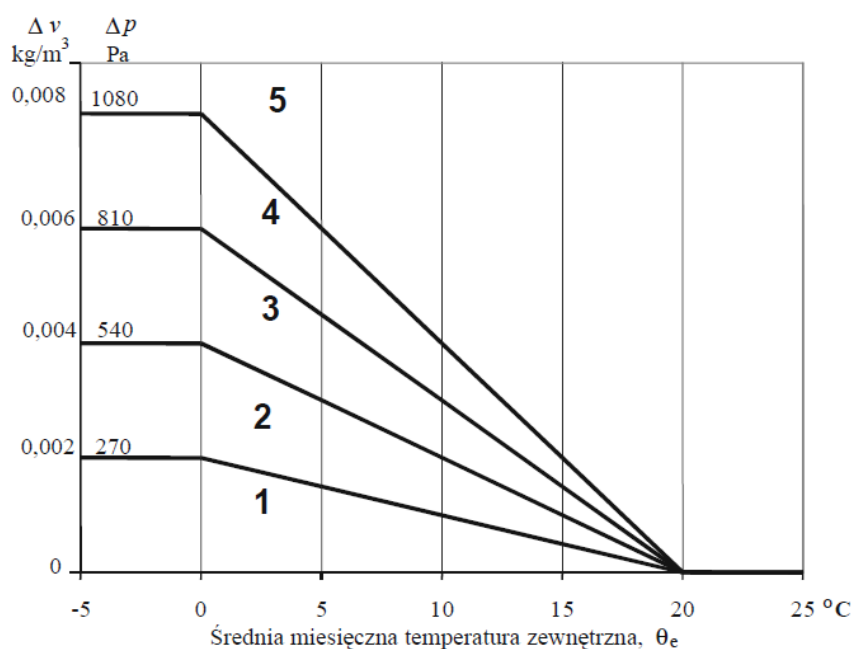
Minimalna Wartość współczynnik temperaturowego powinna być zależna m.in. od obciążenia wilgocią pomieszczeń. W dalszej części wyznaczone zostaną krytyczne wartości f_{rsi} oraz współczynniki linowej przewodności cieplnej dla poszczególnych węzłów - ψ .



W budynkach z wentylacją naturalną ciśnienie pary jest obliczane jako funkcja zewnętrznego ciśnienia pary i klasy obciążenia wilgotnością wewnętrzną budynku. Klasy te przedstawiono w tabeli poniżej w zależności zmian wilgotności wewnętrznej klasy od temperatury zewnętrznej.

Klasy obciążenia wilgotnością wewnętrzną

Klasa wilgotności	Typ budynku
1	Magazyny
2	Biura, sklepy
3	Mieszkania z małą liczbą mieszkańców
4	Mieszkania z dużą liczbą mieszkańców, sale sportowe, kuchnie, stołówki, budynki ogrzewane piecykami gazowymi bez przewodów spalinowych
5	Budynki specjalne, np.: pralnie, baseny kąpielowe



WYKRES 1. ZALEŻNOŚĆ ZMIAN WILGOTNOŚCI WEWNĘTRZNEJ KLASY OD TEMPERATURY ZEWNĘTRZNEJ

OPIS SZCZEGÓŁOWY ANALIZOWANYCH PRZEGRÓD W POŁĄCZENIU ŚCIANY ZEWNĘTRZNEJ ZE ŚCIANĄ WEWNĘTRZNĄ

Do celów niniejszego opracowania przyjęto trzy rodzaje najczęściej występujących ścian zewnętrznych z cegły pełnej obustronnie otynkowanych o grubości:

1. 25 cm + 3,5 cm,
2. 38 cm + 3,5 cm
3. 51 cm + 3,5 cm

w połączeniu ze ścianami wewnętrznymi:

- z cegły pełnej o grubości 6 cm,
- z cegły pełnej o grubości 12 cm
- z cegły pełnej o grubości 25 cm

w połączeniu ze stropami:

- odcinkowym
- drewnianym
- kleina
- żelbetowym

IZOLACYJNOŚĆ TYPOWYCH ŚCIAN Z CEGŁY PEŁNEJ

Współczynnik przenikania ciepła dla ścian zewnętrznych przed wykonaniem ocieplenia płytą K17 od wewnątrz oraz po wykonaniu izolacji od środka zamieszczono w tabeli poniżej. Ściany nieocieplone charakteryzują się małym oporem cieplnym - niską wartością współczynnika przenikania ciepła U. Szczegóły zamieszczono w tabeli poniżej.

TABELA 5. IZOLACYJNOŚĆ TERMICZNA ŚCIAN Z CEGŁY PEŁNEJ O GRUBOŚCI 25, 38 ORAZ 51 CM BEZ IZOLACJI ORAZ Z IZOLACJĄ Z PŁYTY K17.

LP	Typ przegrody	U bez izolacji	U z izolacją pł. K17 gr. 6 cm	U z izolacją pł. K17 gr. 7 cm	U z izolacją pł. K17 gr. 8 cm
		[W/m ² K]	[W/m ² K]	[W/m ² K]	[W/m ² K]
1	mur z cegły pełnej gr. 25 cm otynkowany obustronnie	1,861	0,278	0,246	0,220
2	mur z cegły pełnej gr. 38 cm otynkowany obustronnie	1,416	0,266	0,236	0,212
3	mur z cegły pełnej gr. 51 cm otynkowany obustronnie	1,143	0,254	0,227	0,205

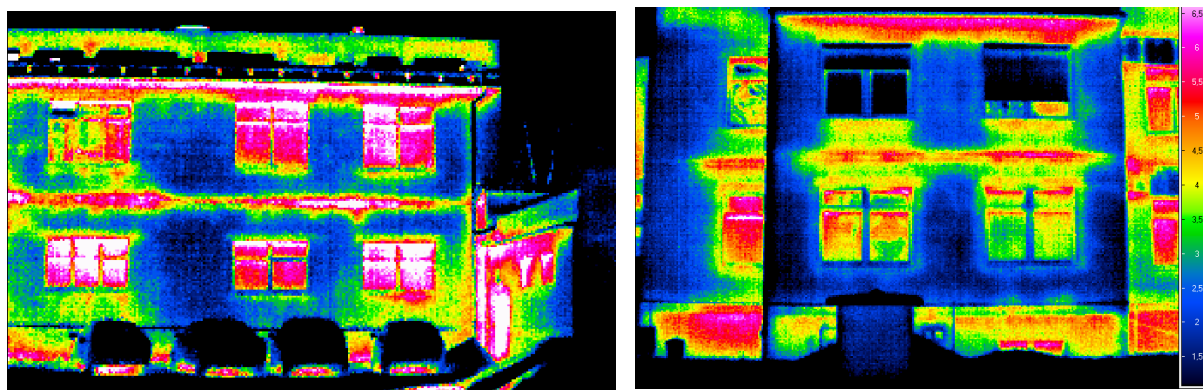
Zastosowanie ocieplenia ścian od wewnątrz za pomocą płyty K17 pozwala uzyskać bardzo dobre parametry izolacyjne.

Przegrody tak ocieplone pozwalają spełnić wymagania prawne. Istotne jest, aby w ramach ocieplenia zminimalizować również wpływ mostków cieplnych oraz wyeliminować ryzyko kondensacji pary wodnej i rozwój grzybów pleśniowych.

MOSTKI TERMICZNE

Wykonanie izolacji od wewnątrz generuje występowanie mostków cieplnych na połączeniu ze stropami międzykondygnacyjnymi, wewnętrznymi ścianami nośnymi, działowymi oraz w miejscach występowania stolarki budowlanej. Pominięcie w analizach projektowych powyższych zagadnień może doprowadzić do trudności eksploatacyjnych w zakresie kwestii ciepłno-wilgotnościowych oraz na istotnym niedoszacowaniu mocy grzewczej budynku i w poszczególnych pomieszczeniach. Na termogramach 1 i 2 przedstawiono obrazy termiczne ścian zewnętrznych ocieplonych od wewnątrz, na których widoczne są osłabienia termiczne tzw. liniowe mostki cieplne. Po uwzględnieniu wpływu mostków cieplnych izolacyjność termiczna przegród różniła się w istotny sposób od wartości przyjętych w dokumentacji projektowej.

Wartości średnie U przegród uzyskane na podstawie pomiarów termowizyjnych uwzględniają wpływ liniowych mostków cieplnych. Oczywiście są to wartości szacunkowe, jednak odbiegają znacząco od założeń projektowych (tabela 5). Powodem jest pominięcie w obliczeniach projektowych wpływu mostków cieplnych.



TERMOGRAM 1 I 2. ZOBRAZOWANIE TERMICZNE BUDYNKÓW OCIEPLONYCH OD WEWNĄTRZ.

TABELA 6. SZACUNKOWA ANALIZA OBLICZENIOWYCH WARTOŚCI U ŚCIAN BUDYNKU OCIEPLONEGO OD WEWNĄTRZ ORAZ PORÓWNANIE Z WARTOŚCIAMI OSZACOWANYMI NA PODSTAWIE POMIARÓW TERMOWIZYJNYCH.

Budynek	I	A1	A	B	C	D	E	J
U ścian projektowane bez wpływu mostków cieplnych [W/m^2K]	0,45	0,419	0,35	0,379	0,437	0,4	0,418	0,39
Średnia szacowane wartość U ściany z cegły pełnej gr. 38 cm ocieplonej od wewnątrz uzyskane na podstawie pomiarów termowizyjnych [W/m^2K]	1,07	0,85	0,79	0,585	1,070	0,977	0,763	0,4

Wartość U_c przegrody należy obliczać wg wzoru:

$$U_c = U + \Delta U$$

$$U_c = U + \frac{\sum \psi_i \cdot l_i}{A} + \frac{\sum X_j}{A}$$

gdzie:

U - współczynnik przenikania ciepła [W/m^2K]

ΔU – dodatek na mostki ciepłe [W/m²K]

ψ_i – i-ty liniowy współczynnik przewodzenia ciepła [W/mK]

l_i – długość i-tego mostka cieplnego [m]

A – pole powierzchni przegrody

X_j – j-ty punktowy mostek ciepła.

Dla potrzeb opracowania obliczono wartość U_c z uwzględnieniem wpływu mostków cieplnych na połączeniu ścian zewnętrznej ze stropami oraz ścianami wewnętrznymi. Wyniki obliczeń zamieszczono w tabeli 6.

TABELA 7. OBLICZENIE WARTOŚCI U_c Z UWZGLĘDNIENIEM WPŁYWU MOSTKÓW CIEPLNYCH

Mur	U_s ścian	U ściany ocieplonej bez wpływu mostków cieplnych	Powierzchnia ściany A	liniowy współczynnik przewodzenia ciepła ψ	długość mostka liniowego l	ΔU	$U_c = U_s + \Delta U$ dla ścian z udziałem mostków cieplnych
m	W/m ² K	W/m ² K	m ²	W/mK	m	W/m ² K	W/m ² K
0,25	1,861	0,278	16,2	0,55	12	0,407	0,685
0,38	1,416	0,266	16,2	0,55	12	0,407	0,673
0,51	1,143	0,254	16,2	0,55	12	0,407	0,661

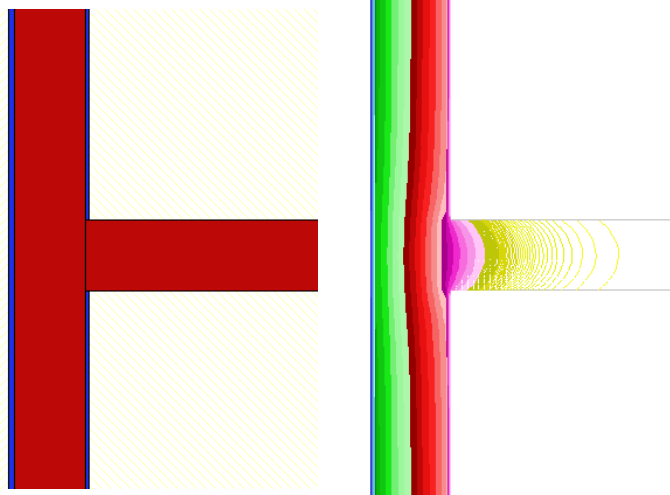
Przy obliczeniach U_c uwzględniono wpływ mostków cieplnych do ścian wewnętrznych i stropów międzykondygnacyjnych. W takim przypadku mostki ciepłe stanowią około 60% całkowitych strat przez przegrodę. Pominięcie ich wpływu jest istotnym błędem projektowym o trudnych do przewidzenia konsekwencjach.

Do projektowania niezbędne jest określenie wartości liniowego współczynnika przewodzenia ciepła ψ dla różnych kombinacji rozwiązań konstrukcyjnych węzłów.

MOSTKI CIEPLNE NA POŁĄCZENIU ŚCIANY ZEWNĘTRZNEJ I WEWNĘTRZNEJ

Projektowanie termomodernizacji z izolacją cieplną wymaga uwzględnienia mostków cieplnych występujących na połączeniu ściany zewnętrznej z wewnętrznymi ścianami nośnymi oraz działowymi. W początkowej analizie przyjęto mur nośny 25 cm, do którego dochodzą wewnętrzne ściany gr. 25, 12 oraz 6 cm.

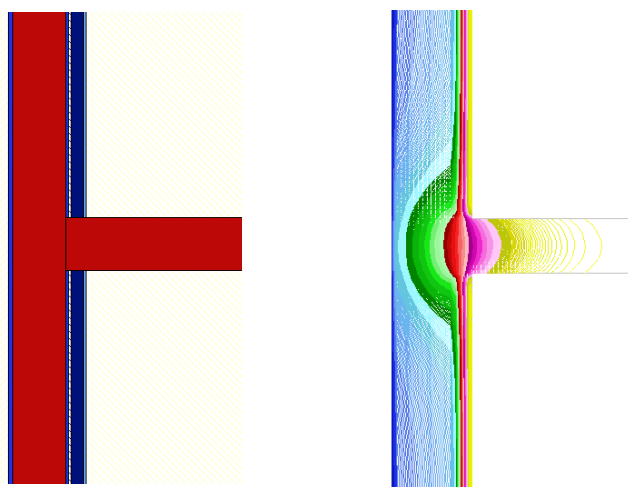
RYSUNEK 3. SCHEMAT WĘZŁA ŚCIANY ZEWNĘTRZNEJ GRUBOŚCI 25 CM ZE ŚCIANĄ ZEWNĘTRZNĄ ORAZ ROZKŁAD TEMPERATUR W WĘŻLE.



Obliczeniowy rozkład temperatur wskazuje na niewielkie zaburzenia w okolicach wewnętrznej ściany nośnej lub działowej. Obliczeniowy mostek cieplny dla takiego węzła wynosi $\psi = 0,02$ W/mK. Najniższa temperatura od wewnętrznej strony przegrody wynosi $T_{w,p} = 15,06$ °C. Wartość f_{rsi} dla punktu krytycznego wynosi $f_{rsi} = 0,8 > f_{rsi,min} = 0,72$. Przegroda spełnia wymagania prawne w tym zakresie. Wykroplenie może wystąpić przy wilgotności względna powietrza $w=72\%$ i przy temperaturze wewnętrznej pomieszczenia $T_w = 20$ °C i jest większa od maksymalnej wilgotności eksploatacyjnej wynoszącej 60%. Zagrożenia może występować w narożach ścian i stropów.

Analizie obliczeniowej poddano ściany zewnętrzne o grubości 25 oraz 38 cm, izolowane płytą Kooltherm K-17 gr. 6 , 7 i 8 cm. Rozkład temperatur w węźle przedstawia rysunek 3.

Najniższa temperatura od wewnętrznej strony przegrody 14,94 °C. Wartość f_{rsi} dla punktu krytycznego wynosi $f_{rsi} = 0,8 > f_{rsi,min} = 0,72$. Przegroda spełnia wymagania prawne w tym zakresie.



RYСУNEK 4. SCHEMAT WĘZŁA OCIEPLONEJ OD WEWNĄTRZ ŚCIANY GRUBOŚCI 25 CM MATERIAŁEM K-17 GR. 6 CM ORAZ ROZKŁAD TEMPERATUR W TAK OCIEPLONEJ PRZEGRODZIE.

Wykroplenie występuje przy wilgotności względnej powietrza $w=72\%$ i przy $\Delta t = 25$ °C i jest większa od maksymalnej wilgotności eksploatacyjnej 60%. Węzły o budowie: ściana wewnętrzna 25, 38 oraz 51 cm w połączeniu ze ścianą działową gr. 25, 12, 6 cm spełnia wymagania prawne w zakresie współczynnika temperaturowego f_{rsi} . Należy jednak pamiętać, że wykonanie ocieplenia płytą K-17 może w niekorzystnych warunkach eksploatacyjnych stwarzać problemy projektowe, zwłaszcza w miejscach stykania się stropów i ścian wewnętrznych.

MOSTKI CIEPLNE NA POŁĄCZNIU ŚCIANY ZEWNĘTRZNEJ OCIEPLONEJ I WEWNĘTRZNEJ NIEOCIEPLONEJ.

Opis konstrukcji węzła: ściana zewnętrzna 25 cm oraz ściana wewnętrzna 25, 12, 6 cm.

Obliczenie mostków cieplnych wykonano przy następujących założeniach: ściana zewnątrz obustronnie otynkowana ocieplona od wewnątrz płytą K-17 klejoną do ściany zewnętrznej w połączeniu ze ścianą wewnętrzną gr. 25, 12 oraz 6 cm. Schemat konstrukcji przegrody oraz obliczeniowe wartości mostków cieplnych na połączeniu ściany zewnętrznej z wewnętrzną zamieszczono poniżej.

TABELA 8. OBLICZENIOWE WARTOŚCI MOSTKÓW CIEPLNYCH NA POŁĄCZNIU ŚCIANY ZEWNĘTRZNEJ 25 CM IZOLOWANEJ PŁYTĄ K-17 GR 6 CM ZE ŚCIANĄ WEWNĘTRZNĄ.

ściana 25 cm z izolacją Kooltherm K-17 gr 6 cm

Ściana zewnętrzna gr. 2+25+1,5 = 28,5 cm	strumień bez ściany wew.	ściana wewnętrzna	strumień ze ścianą wew.	liniowy mostek cieplny ψ
[cm]	[W]	[cm]	W	W/mK
28,5	16,4936	25	25,3979	0,130
	16,4936	12	22,5047	0,088
	16,4936	6	20,4177	0,057

TABELA 9. OBLICZENIOWE WARTOŚCI MOSTKÓW CIEPLNYCH NA POŁĄCZNIU ŚCIANY ZEWNĘTRZNEJ 25 CM IZOLOWANEJ PŁYTĄ K-17 GR 7 CM ZE ŚCIANĄ WEWNĘTRZNĄ.

ściana 25 cm z izolacją Kooltherm K-17 gr 7 cm

Ściana zewnętrzna gr. 2+25+1,5 = 28,5 cm	strumień bez ściany wew.	ściana wewnętrzna	strumień ze ścianą wew.	liniowy mostek cieplny ψ
[cm]	[W]	[cm]	W	W/mK
28,5	14,7169	25	23,7059	0,132
	14,7169	12	20,7296	0,088
	14,7169	6	18,7061	0,058

TABELA 10. OBLICZENIOWE WARTOŚCI MOSTKÓW CIEPLNYCH NA POŁĄCZNIU ŚCIANY ZEWNĘTRZNEJ 25 CM IZOLOWANEJ PŁYTĄ K-17 GR 8 CM ZE ŚCIANĄ WEWNĘTRZNĄ

ściana 25 cm z izolacją Kooltherm K-17 gr 8 cm

Ściana zewnętrzna gr. 2+25+1,5 = 28,5 cm	strumień bez ściany wew.	ściana wewnętrzna	strumień ze ścianą wew.	liniowy mostek cieplny ψ
[cm]	[W]	[cm]	W	W/mK
28,5	13,2858	25	22,3162	0,132
	13,2858	12	19,2762	0,088
	13,2858	6	17,2215	0,058

Opis konstrukcji węzła – ściana nośna 38 cm oraz ściana wewnętrzna 25, 12 oraz 6 cm.

Obliczenie mostków cieplnych wykonano przy następujących założeniach: ściana zewnątrz obustronnie otynkowana ocieplona od wewnątrz płytą K-17 klejoną do ściany zewnętrznej, w połączeniu ze ścianą wewnętrzną gr. 25, 12 oraz 6 cm. Obliczeniowe wartości mostków cieplnych na połączeniu ściany zewnętrznej z wewnętrzną zamieszczono poniżej.

TABELA 11. OBLICZENIOWE WARTOŚCI MOSTKÓW CIEPLNYCH NA POŁĄCZNIU ŚCIAN ZEWNĘTRZNEJ 38 CM IZOLOWANEJ PŁYTĄ K- GR 6 CM ZE ŚCIANĄ WEWNĘTRZNĄ.

ściana 38 cm z izolacją Kooltherm K-17 gr 6 cm

Ściana zewnętrzna gr. 2+38+1,5 = 41,5 cm	strumień bez ściany wew.	ściana wewnętrzna	strumień ze ścianą wew.	liniowy mostek cieplny ψ
[cm]	[W]	[cm]	W	W/mK
41,5	15,006	25	23,1888	0,120
	15,006	12	20,5946	0,082
	15,006	6	18,7866	0,055

TABELA 12. OBLICZENIOWE WARTOŚCI MOSTKÓW CIEPLNYCH NA POŁĄCZNIU ŚCIANY ZEWNĘTRZNEJ 38 CM IZOLOWANEJ PŁYTĄ K-17 GR 7 CM ZE ŚCIANĄ WEWNĘTRZNĄ.

ściana 38 cm z izolacją Kooltherm K-17 gr 7 cm

Ściana zewnętrzna gr. 2+38+1,5 = 41,5 cm	strumień bez ściany wew.	ściana wewnętrzna	strumień ze ścianą wew.	liniowy mostek cieplny ψ
[cm]	[W]	[cm]	W	W/mK
41,5	13,521	25	21,8071	0,121
	13,521	12	19,129	0,082
	13,521	6	17,2727	0,055

TABELA 13. OBLICZENIOWE WARTOŚCI MOSTKÓW CIEPLNYCH NA POŁĄCZNIU ŚCIANY ZEWNĘTRZNEJ 38 CM IZOLOWANEJ PŁYTĄ K-17 GR 8 CM ZE ŚCIANĄ WEWNĘTRZNĄ.

ściana 38 cm z izolacją Kooltherm K-17 gr 8 cm

Ściana zewnętrzna gr. 2+38+1,5 = 41,5 cm	strumień bez ściany wew.	ściana wewnętrzna	strumień ze ścianą wew.	liniowy mostek cieplny ψ
[cm]	[W]	[cm]	W	W/mK
41,5	12,3034	25	20,6401	0,122
	12,3034	12	17,8964	0,082
	12,3034	6	16,0062	0,054

TABELA 14. OBLICZENIOWE WARTOŚCI MOSTKÓW CIEPLNYCH NA POŁĄCZNIU ŚCIANY ZEWNĘTRZNEJ 51 CM IZOLOWANEJ PŁYTĄ K-17 GR 6 CM ZE ŚCIANĄ WEWNĘTRZNĄ.

z izolacją płytą Kooltherm K17 - 6 cm

Ściana zewnętrzna 2 + 51 + 1,5 = 54,5	strumień bez ściany wew.	ściana wewnętrzna	strumień ze ścianą wew.	liniowy mostek cieplny ψ
[cm]	[W]	[cm]	W	W/mK
54,5	13,154	25	21,323	0,120
	13,154	12	18,6948	0,081
	13,154	6	16,8666	0,05

TABELA 15. OBLICZENIOWE WARTOŚCI MOSTKÓW CIEPLNYCH NA POŁĄCZNIU ŚCIANY ZEWNĘTRZNEJ 51 CM IZOLOWANEJ PŁYTĄ K-17 GR 7 CM ZE ŚCIANĄ WEWNĘTRZNĄ.

z izolacją płytą Kooltherm K17 - 7 cm

Ściana zewnętrzna 2 + 51 + 1,5 = 54,5	strumień bez ściany wew.	ściana wewnętrzna	strumień ze ścianą wew.	liniowy mostek cieplny ψ
[cm]	[W]	[cm]	W	W/mK
54,5	14,5553	25	22,6232	0,118
	14,5553	12	20,0776	0,081
	14,5553	6	18,2762	0,05

TABELA 16. OBLICZENIOWE WARTOŚCI MOSTKÓW CIEPLNYCH NA POŁĄCZNIU ŚCIANY ZEWNĘTRZNEJ 51 CM IZOLOWANEJ PŁYTĄ K-17 GR 8 CM ZE ŚCIANĄ WEWNĘTRZNĄ.

z izolacją płytą Kooltherm K17 - 8 cm

Ściana zewnętrzna 2 + 51 + 1,5 = 54,5	strumień bez ściany wew.	ściana wewnętrzna	strumień ze ścianą wew.	liniowy mostek cieplny ψ
[cm]	[W]	[cm]	W	W/mK
54,5	12,3034	25	20,6401	0,122
	12,3034	12	17,8964	0,082
	12,3034	6	16,0062	0,05

Podsumowanie

Wykonanie izolacji ścian zewnętrznych od wewnątrz w sposób pokazany na rys. 4 generować będzie stosunkowo duże wartości mostków liniowych, mających wpływ na izolacyjność cieplną całej ściany. Średnia długość ścian wewnętrznych na 1 m² ściany zewnętrznej wynosi 0,35 do 0,45 1/m. Wpływ mostków cieplnych na połączeniu ocieplonej od wewnątrz ściany zewnętrznej i ścian wewnętrznych można oszacować jako $\Delta U=0,03$ do $0,035$ W/m²K, co stanowi ok. 10% strat przez ocieploną ścianę. Jest to wartość stosunkowo duża, w wielu wypadkach nie będzie jednak możliwości wykonania innych rozwiązań, minimalizujących wpływ tego typu mostków cieplnych. Należy wówczas przewidzieć wykonanie ocieplenia ściany zewnętrznej grubszą płytą K17.

Jeżeli jednak jest to możliwe należy rozważyć również inne rozwiązania minimalizujące wpływ mostków cieplnych w tego typu węzłach. Propozycje tego typu rozwiązań zamieszczono poniżej.

MOSTKI CIEPLNE NA POŁĄCZNIU ŚCIANY ZEWNĘTRZNEJ OCIEPLONEJ I WEWNĘTRZNEJ CZĘŚCIOWO OCIEPLONEJ.

Zmniejszenie liniowego mostka cieplnego możliwe jest przez zmianę konstrukcji ocieplenia węzła. Dobrze jest rozważyć wykonanie izolacji zachodzącej na ścianę wewnętrzną, zgodnie ze schematem zamieszczonym na rysunku 3.

Opis konstrukcji węzła: ściana zewnętrzna 25 cm oraz ściana wewnętrzna 25, 12, 6 cm ocieplona na głębokość 50 cm.

Obliczenie mostków cieplnych wykonano przy następujących założeniach: ściana zewnątrz obustronnie otynkowana ocieplona od wewnątrz płytą K-17 klejoną w połączeniu ze ścianą wewnętrzną gr. 25,12 oraz 6 cm ocieploną na głębokość 50 cm płytą K-17 odpowiednio grubości 6, 7 oraz 8 cm.

Schemat konstrukcji przegrody oraz obliczeniowe wartości mostków cieplnych na połączeniu ściany zewnętrznej z wewnętrzną zamieszczono na rysunku 5.

Dla tak skonstruowanego węzła wykonano obliczenia mostków cieplnych. Wyniki obliczeń zamieszczono w tabelach poniżej.

RYSUNEK 5. SCHEMAT WĘZŁA ŚCIANY ZEWNĘTRZNEJ OCIEPLONEJ PŁYTĄ K-17 GR 6 CM ORAZ
OBLICZENIOWY ROZKŁAD TEMPERATURY W WĘZLE.

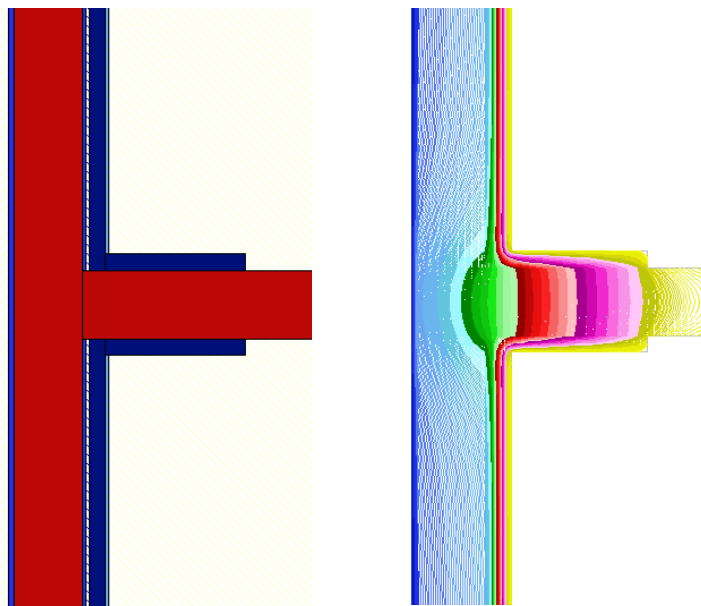


TABELA 17. OBLCZENIOWE WARTOŚCI MOSTKÓW CIEPLNYCH NA POŁĄCZNIU ŚCIAN ZEWNĘTRZNEJ 25 CM
IZOLOWANEJ PŁYTĄ K-17 GR 6 CM Z ŚCIANĄ WEWNĘTRZNĄ IZOLOWANĄ NA GŁĘBOKOŚĆ 50 CM

ściana 25 cm z izolacją Kooltherm K-17 gr 6 cm				
Ściana zewnętrzna gr. $2+25+1,5 = 28,5$ cm	strumień bez ściany wew.	ściana wewnętrzna	strumień ze ścianą wew.	liniowy mostek cieplny ψ
[cm]	[W]	[cm]	W	W/mK
28,5 cm	16,4936	25	20,4739	0,058
	16,4936	12	18,9946	0,037
	16,4936	6	18,1926	0,025

TABELA 18. OBLCZENIOWE WARTOŚCI MOSTKÓW CIEPLNYCH NA POŁĄCZNIU ŚCIAN ZEWNĘTRZNEJ 25 CM
IZOLOWANEJ PŁYTĄ K-17 GR 7 CM ZE ŚCIANĄ WEWNĘTRZNĄ IZOLOWANĄ NA GŁĘBOKOŚĆ 50 CM

ściana 25 cm z izolacją Kooltherm K-17 gr 7 cm				
Ściana zewnętrzna gr. $2+25+1,5 = 28,5$ cm	strumień bez ściany wew.	ściana wewnętrzna	strumień ze ścianą wew.	liniowy mostek cieplny ψ
[cm]	[W]	[cm]	W	W/mK
28,5 cm	14,354	25	18,8915	0,066
	14,354	12	16,7052	0,034
	14,354	6	15,7426	0,026

TABELA 19. OBLICZENIOWE WARTOŚCI MOSTKÓW CIEPLNYCH NA POŁĄCZNIU ŚCIAN ZEWNĘTRZNEJ 25 CM IZOLOWANEJ PŁYTĄ K-17 GR 8 CM ZE ŚCIANĄ WEWNĘTRZNĄ IZOLOWANĄ NA GŁĘBOKOŚĆ 50 CM

ściana 25 cm z izolacją Kooltherm K-17 gr 8 cm				
Ściana zewnętrzna gr. 2+25+1,5 = 28,5 cm	strumień bez ściany wew.	ściana wewnętrzna	strumień ze ścianą wew.	liniowy mostek cieplny ψ
[cm]	[W]	[cm]	W	W/mK
28,5 cm	12,6892	25	17,0969	0,065
	12,6892	12	15,4941	0,041
	12,6892	6	14,5002	0,027

TABELA 20. OBLICZENIOWE WARTOŚCI MOSTKÓW CIEPLNYCH NA POŁĄCZNIU ŚCIAN ZEWNĘTRZNEJ 38 CM IZOLOWANEJ PŁYTĄ K-17 GR 6 CM ZE ŚCIANĄ WEWNĘTRZNĄ IZOLOWANĄ NA GŁĘBOKOŚĆ 50 CM.

ściana 38 cm z izolacją Kooltherm K-17 gr 6 cm				
Ściana zewnętrzna gr. 2+38+1,5 = 41,5 cm	strumień bez ściany wew.	ściana wewnętrzna	strumień ze ścianą wew.	liniowy mostek cieplny ψ
[cm]	[W]	[cm]	W	W/mK
41,5	15,006	25	19,0608	0,059
	15,006	12	17,726	0,040
	15,006	6	16,8706	0,027

TABELA 21. OBLICZENIOWE WARTOŚCI MOSTKÓW CIEPLNYCH NA POŁĄCZNIU ŚCIAN ZEWNĘTRZNEJ 38 CM IZOLOWANEJ PŁYTĄ K-17 GR 7 CM ZE ŚCIANĄ WEWNĘTRZNĄ IZOLOWANĄ NA GŁĘBOKOŚĆ 50 CM.

ściana 38 cm z izolacją Kooltherm K-17 gr 7 cm				
Ściana zewnętrzna gr. 2+38+1,5 = 41,5 cm	strumień bez ściany wew.	ściana wewnętrzna	strumień ze ścianą wew.	liniowy mostek cieplny ψ
[cm]	[W]	[cm]	W	W/mK
41,5	13,521	25	17,4135	0,057
	13,521	12	16,0248	0,037
	13,521	6	15,2999	0,026

TABELA 22. OBLICZENIOWE WARTOŚCI MOSTKÓW CIEPLNYCH NA POŁĄCZNIU ŚCIAN ZEWNĘTRZNEJ 38 CM IZOLOWANEJ PŁYTĄ K-17 GR 8 CM ZE ŚCIANĄ WEWNĘTRZNĄ IZOLOWANĄ NA GŁĘBOKOŚĆ 50 CM

ściana 38 cm z izolacją Kooltherm K-17 gr 8 cm				
Ściana zewnętrzna gr. 2+38+1,5 = 41,5 cm	strumień bez ściany wew.	ściana wewnętrzna	strumień ze ścianą wew.	liniowy mostek cieplny ψ
[cm]	[W]	[cm]	W	W/mK
41,5	12,3034	25	16,3817	0,060
	12,3034	12	14,9135	0,038
	12,3034	6	13,9946	0,025

TABELA 23. OBLICZENIOWE WARTOŚCI MOSTKÓW CIEPLNYCH NA POŁĄCZNIU ŚCIAN ZEWNĘTRZNEJ 50 CM IZOLOWANEJ PŁYTĄ K-17 GR 6 CM ZE ŚCIANĄ WEWNĘTRZNĄ IZOLOWANĄ NA GŁĘBOKOŚĆ 50 CM

z izolacją płytą Kooltherm K17 - 6 cm

Ściana zewnętrzna 2 + 51 + 1,5 = 54,5	strumień bez ściany wew.	ściana wewnętrzna	strumień ze ścianą wew.	liniowy mostek cieplny ψ
[cm]	[W]	[cm]	W	W/mK
54,5	15,921	25	19,463	0,052
	15,921	12	18,2924	0,035
	15,921	6	17,5333	0,024

TABELA 24. OBLICZENIOWE WARTOŚCI MOSTKÓW CIEPLNYCH NA POŁĄCZNIU ŚCIAN ZEWNĘTRZNEJ 50 CM IZOLOWANEJ PŁYTĄ K-17 GR 7 CM ZE ŚCIANĄ WEWNĘTRZNĄ IZOLOWANĄ NA GŁĘBOKOŚĆ 50 CM

z izolacją płytą Kooltherm K17 - 7 cm

Ściana zewnętrzna 2 + 51 + 1,5 = 54,5	strumień bez ściany wew.	ściana wewnętrzna	strumień ze ścianą wew.	liniowy mostek cieplny ψ
[cm]	[W]	[cm]	W	W/mK
54,5	14,2641	25	17,6053	0,049
	14,2641	12	16,6099	0,034
	14,2641	6	15,8144	0,023

TABELA 25. OBLICZENIOWE WARTOŚCI MOSTKÓW CIEPLNYCH NA POŁĄCZNIU ŚCIAN ZEWNĘTRZNEJ 50 CM IZOLOWANEJ PŁYTĄ K-17 GR 8 CM ZE ŚCIANĄ WEWNĘTRZNĄ IZOLOWANĄ NA GŁĘBOKOŚĆ 50 CM

z izolacją płytą Kooltherm K17 - 8 cm

Ściana zewnętrzna 2 + 51 + 1,5 = 54,5	strumień bez ściany wew.	ściana wewnętrzna	strumień ze ścianą wew.	liniowy mostek cieplny ψ
[cm]	[W]	[cm]	W	W/mK
54,5	13,0461	25	16,566	0,052
	13,0461	12	15,2456	0,032
	13,0461	6	14,4148	0,020

Najniższa temperatura od wewnętrznej strony przegrody 18,24 °C . Wartość f_{rsi} dla punktu krytycznego wynosi $f_{rsi} = 0,93 > f_{rsi,min} = 0,72$. Przegroda spełnia wymagania prawne w tym zakresie. Wykroplenie występuje przy wilgotności względnej powietrza $w = 89\%$.

Podsumowanie:

Wykonanie ocieplenia ścian zewnętrznych z płytą K17 od wewnątrz w taki sposób, że płyty K17 ułożone są na ścianach wewnętrznych do głębokości 50 cm, eliminuje w zadowalający sposób niekorzystny wpływ mostków cieplnych na połączeniu ściany zewnętrznej z wewnętrzną.

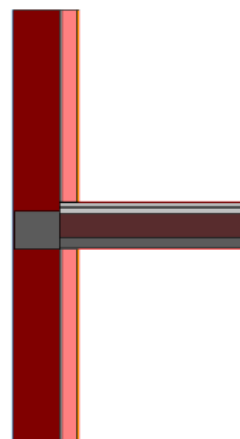
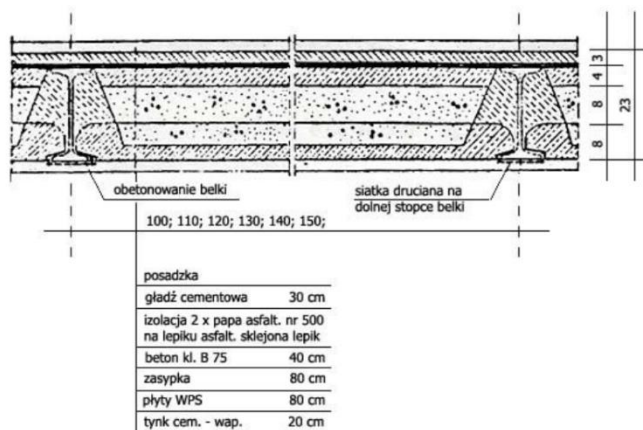
Wartości ψ wachają się w przedziale od 0,06 do 0,02 W/mK. Dodatek ΔU na mostki cieplne jest niewielki i może wynosić od 0,015 do 0,01 W/m²K, co stanowi około 2-3% strat przez ocieploną ścianę.

MOSTKI CIEPLNE NA POŁĄCZENIU ŚCIANY ZEWNĘTRZNEJ ZE STROPAMI

Oprócz mostków cieplnych na połączeniu ściany zewnętrznej i wewnętrznych ścian działowych oraz nośnych występują również mostki cieplne na połączeniu ścian zewnętrznych ze stropami nad piwnicą, oraz stropami międzykondygnacyjnymi. W niniejszym opracowaniu przeanalizowano przypadki najczęściej spotykanych stropów międzykondygnacyjnych: WPS, Kleina, drewniany, odcinkowy oraz żelbetowy. Mostki cieplne obliczono dla węzłów o konstrukcji: ściana z cegły pełnej obustronnie otynkowanej ocieplonej od wewnątrz płytą K17 gr. 6, 7, 8 cm oraz stropów o konstrukcji:

Strop WPS

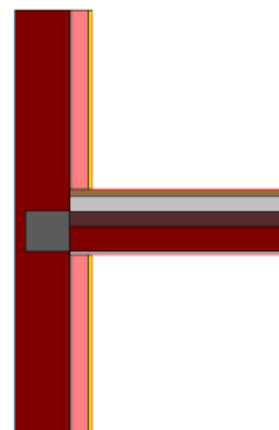
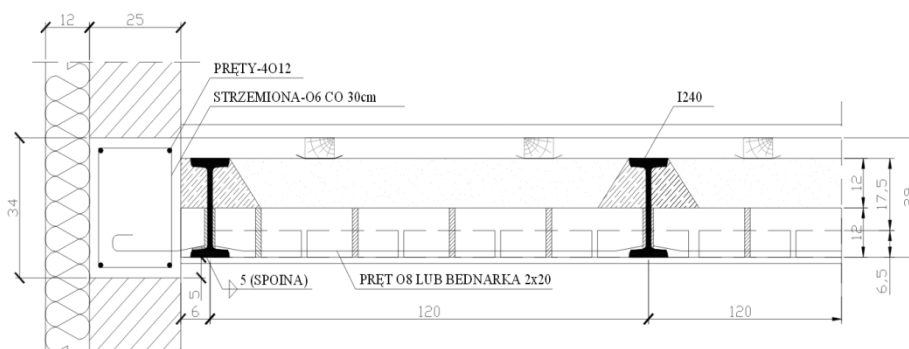
Stropy WPS o budowie: płyt żelbetowe WPS oparte na belkach stalowych obetonowanych. Przestrzeń między belkami wypełniona żużłem, wyrównana warstwą betonu. Podłoga wykończona wykładziną PCV. Strop wykończony tynkiem cementowo-wapiennym.



RYСУNEK 6. BUDOWA STROPU WPS I SCHEMAT WĘZŁA

Strop KLEINA

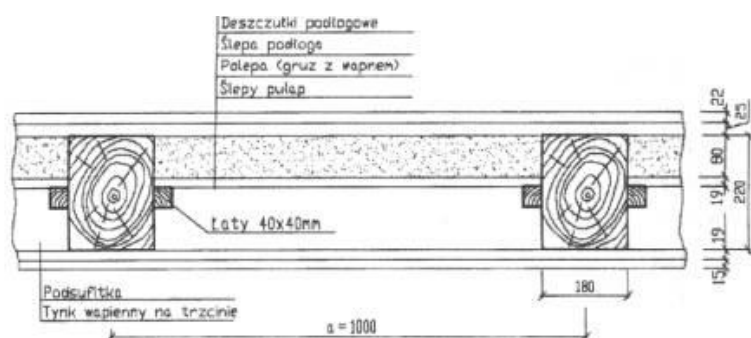
Strop ceramiczny z cegły pełnej gr. 12 cm (typu ciężkiego), zbrojony dodatkowo prętami lub płaskownikami stalowymi, oparty na belkach stalowych dwuteowych. Wypełniony żużlem paleniskowym z warstwą wyrównawczą z betonu. Podłoga drewniana parkietowa na betonie. Strop wykończony tynkiem cementowo-wapiennym.



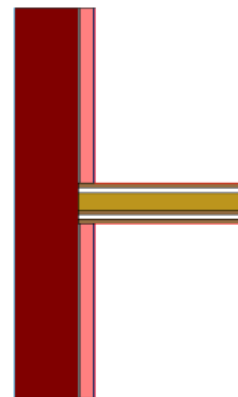
RYСУNEK 7. BUDOWA STROPU KLEINA ORAZ SCHEMAT WĘZŁA

Strop DREWNIANY

Strop oparty o belki drewniane, o budowie tynk, deski, ślepy pułap, deski, pomiędzy belkami nośnymi warstwa wełny mineralnej o $\lambda = 0,052 \text{ W/mK}$ lub polepa. Podłoga drewniana. Strop otynkowany tynkiem wapiennym.

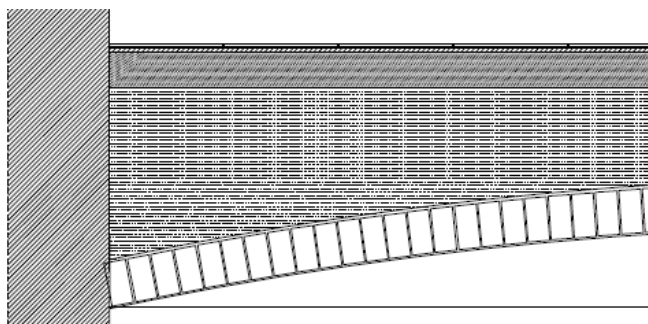


RYSUNEK 8. STROP DREWNIANY ORAZ SCHEMAT WĘZŁA.

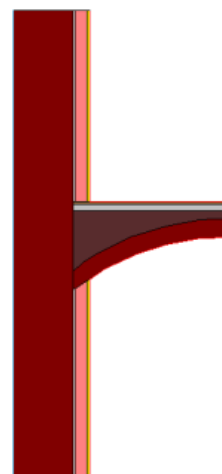


Strop ODCINKOWY

Strop odcinkowy ceglany wypełniony żużlem paleniskowym lub polepą. Podłoga drewniana na legarach. Strop otynkowany tynkiem cementowo-wapiennym.



RYSUNEK 9. SCHEMATY STROPU ODCINKOWEGO I WĘZŁA.



Strop ŻELBETOWY

Strop żelbetowy płytowy o grubości płyty 20 cm

OKREŚLENIE MOSTKÓW CIEPLNYCH DLA STROPU WPS

Opis przyjętych założeń.

Do obliczeń metodą elementów skończonych przyjęto następujące założenia:

Ściany zewnętrznych gr. 25, 38 oraz 51 cm ocieplone od wewnątrz płytami K17 gr. 6, 7, 8 cm z rdzeniem ze sztywnej pianki rezolowej zespolonej z płytą kartonowo – gipsową, w połączeniu ze stropem WPS. Rozważono następujące przypadki:

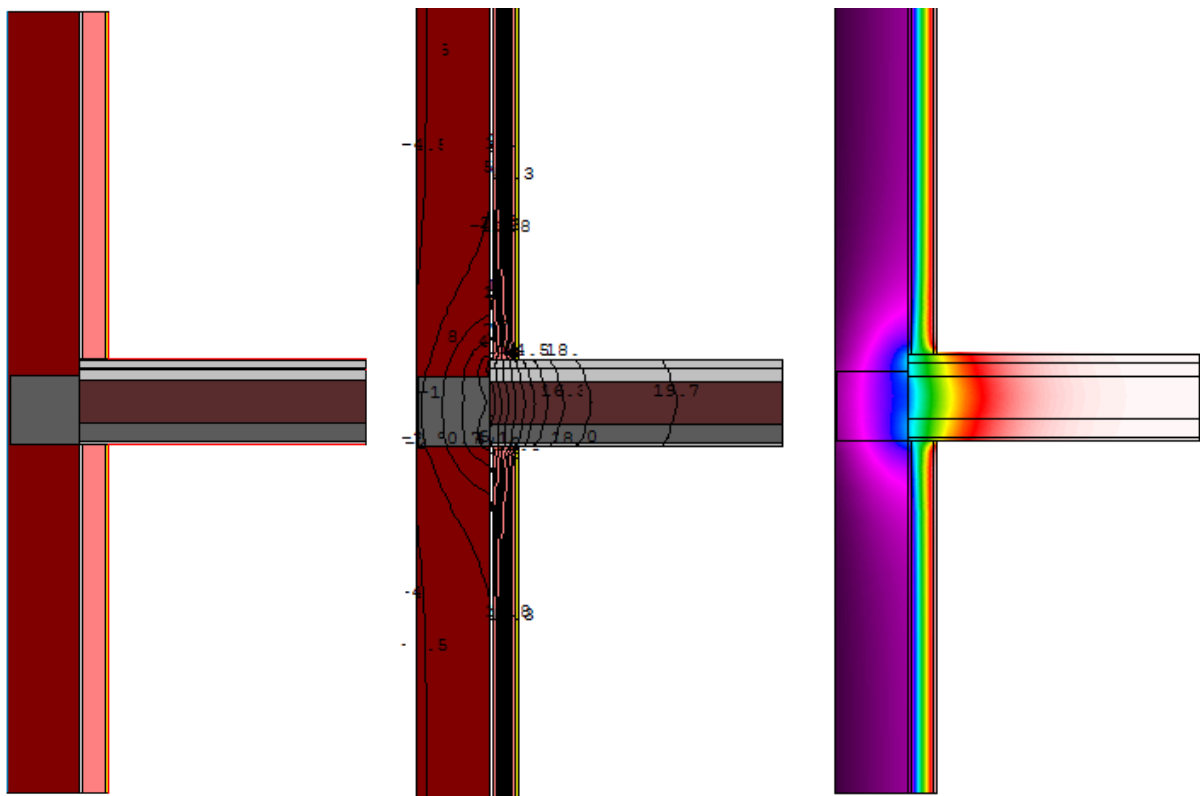
1. izolacja termiczna płyty K17 dochodzi tylko do stropu,
2. izolacja termiczna płyty K17 dochodzi do stropu oraz jest ułożona na stropie na głębokość 50 cm od dołu i od góry.

IZOLACJA TERMICZNA PŁYTY K17 DOCHODZI TYLKO DO STROPU

Obliczenia wykonano dla Strop z płyt WPS, na belkach stalowych obetonowane z warstwą wyrównawczą z żużla paleniskowego, wyrównawcza warstwa betonowa.

Strop osadzony w wieńcu żelbetowym 24x24 cm.

Schemat węzła dla wariantu 1.



RYСУNEK 10. SCHEMAT WĘZŁA ORAZ ROZKŁAD TEMPERATUR DLA STROPU WPS - ŚCIANA ZEWNĘTRZA Z CEGŁY.

Wyniki obliczeń metodą elementów skończonych dla stropu WPS zamieszczono w tabelach poniżej.

TABELA 26. WĘZEŁ STROP WPS - ŚCIANA 51 CM, IZOLACJA 6, 7, 8 CM Z PŁYTY K17, BEZ OCIEPLENIA STROPU.

Strop WPS, ściana 51 + 6 cm izolacji z płyty K17, bez ocieпления stropu					
Wyniki dla węzła ze stropem			Wyniki dla węzła bez stropu		Wartość ψ
U [W/m ² K]	L [m]	Strumień [W]	U [W/m ² K]	Strumień [W]	[W/mK]
0,3907	3,2635	1,2750	0,2553	0,8332	0,442
Strop WPS, ściana 51, 7 cm izolacji z płyty K17, bez ocieпления stropu					
Wyniki dla węzła ze stropem			Wyniki dla węzła bez stropu		Wartość ψ
U [W/m ² K]	L [m]	Strumień [W]	U [W/m ² K]	Strumień [W]	[W/mK]
0,3622	3,3135	1,2001	0,2218	0,7349	0,465
Strop WPS, ściana 51, 8 cm izolacji z płyty K17, bez ocieпления stropu					
Wyniki dla węzła ze stropem			Wyniki dla węzła bez stropu		Wartość ψ
U [W/m ² K]	L [m]	Strumień [W]	U [W/m ² K]	Strumień [W]	[W/mK]
0,3387	3,3635	1,1392	0,1997	0,6717	0,468

TABELA 27. WĘZEŁ STROP WPS - ŚCIANA 38 CM, IZOLACJA 6,7,8 CM Z PŁYTY K17, BEZ OCIEPLENIA STROPU.

Strop WPS, ściana 38, 6 cm izolacji z płyty K17, bez ocieпления stropu					
Wyniki dla węzła ze stropem			Wyniki dla węzła bez stropu		Wartość ψ
U [W/m ² K]	L [m]	Strumień [W]	U [W/m ² K]	Strumień [W]	[W/mK]
0,4235	3,2635	1,3821	0,2668	0,8707	0,511
Strop WPS, ściana 38, 7 cm izolacji z płyty K17, bez ocieпления stropu					
Wyniki dla węzła ze stropem			Wyniki dla węzła bez stropu		Wartość ψ
U [W/m ² K]	L [m]	Strumień [W]	U [W/m ² K]	Strumień [W]	[W/mK]
0,4240	2,7135	1,1505	0,2307	0,6260	0,525
Strop WPS, ściana 38, 8 cm izolacji z płyty K17, bez ocieпления stropu					
Wyniki dla węzła ze stropem			Wyniki dla węzła bez stropu		Wartość ψ
U [W/m ² K]	L [m]	Strumień [W]	U [W/m ² K]	Strumień [W]	[W/mK]
0,3988	2,7135	1,0821	0,2066	0,5606	0,522

TABELA 28. WĘZEŁ STROP WPS - ŚCIANA 25 CM, IZOLACJA 6,7,8 CM Z PŁYTY K17, BEZ OCIEPLENIA STROPU.

Strop WPS, ściana 25, 6 cm izolacji z płyty K17, bez ocieпления stropu					
Wyniki dla węzła ze stropem			Wyniki dla węzła bez stropu		Wartość ψ
U [W/m ² K]	L [m]	Strumień [W]	U [W/m ² K]	Strumień [W]	[W/mK]
0,5047	2,7135	1,3695	0,2794	0,7582	0,611
Strop WPS, ściana 25, 7 cm izolacji z płyty K17, bez ocieпления stropu					
Wyniki dla węzła ze stropem			Wyniki dla węzła bez stropu		Wartość ψ
U [W/m ² K]	L [m]	Strumień [W]	U [W/m ² K]	Strumień [W]	[W/mK]
0,4702	2,7135	1,2759	0,2398	0,6507	0,625
Strop WPS, ściana 25, 8 cm izolacji z płyty K17, bez ocieпления stropu					
Wyniki dla węzła ze stropem			Wyniki dla węzła bez stropu		Wartość ψ
U [W/m ² K]	L [m]	Strumień [W]	U [W/m ² K]	Strumień [W]	[W/mK]
0,4417	2,7135	1,1986	0,2141	0,5810	0,618

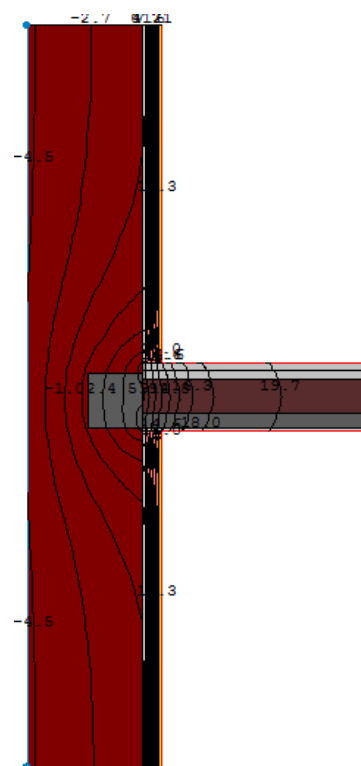
Podsumowanie:

Wykonanie ocieplenia płytą K17 do stropu WPS charakteryzuje się:

- znacznie niższą wartością liniowego współczynnika przewodzenia ciepła - ψ (liniowego mostka cieplnego) na połączeniu stropu ze ścianą ocieploną od wewnątrz płytą K17. Wartość ψ waha się w przedziale od 0,511 do 0,611 W/mK,
- w węźle występują stosunkowo niskie temperatury i istnieje zagrożenie wykraplania pary wodnej. Wartość współczynnika temperaturowego f_{rsi} . W krytycznym węźle o budowie: ściana z cegły pełnej 25 cm ocieplona płytą K17 i stropem WPS wartość f_{rsi} jest mniejsze od wartości granicznej $f_{rsi, min} = 0,72$. Należy liczyć się z tym, że zagrożenie rozwojem pleśni będzie występować w narożach ścian zewnętrznej i stropu oraz ściany zewnętrznej, wewnętrznej oraz stropu. W takich przypadkach należy indywidualnie zaprojektować konstrukcję węzła eliminującą zagrożenie rozwoju pleśni.
- dla ścian gr. 51 cm oraz 38 cm wartości f_{rsi} są na granicy minimalnej wartości $f_{rsi, min} = 0,72$ wynoszą odpowiednio:

Ściana	wartość f_{rsi}
cegła 51 cm + K17 6 cm	0,744
cegła 51 cm + K17 7 cm	0,756
cegła 51 cm + K17 8 cm	0,756
cegła 38 cm + K17 6 cm	0,720
cegła 38 cm + K17 7 cm	0,736
cegła 38 cm + K17 8 cm	0,740

Uwaga: Stosowanie ocieplenia ścian zewnętrznych z cegły pełnej materiałem izolacyjnym od wewnątrz przy połączeniu ze stropem WPS wymaga ingerencji w konstrukcję stropu.



Wyniki obliczeń metodą elementów skończonych dla stropu WPS zamieszczono w tabelach poniżej.

TABELA 29. WĘZŁ STROP WPS - ŚCIANA 51, IZOLOWANY PŁYTĄ K17 GRUBOŚCI 6 CM, Z OCIEPLENIEM STROPU GR 5 CM NA GŁĘBOKOŚĆ 50 CM DO LICA ŚCIANY.

Strop WPS, ściana 51, 6 cm izolacji z płyty K17, z ociepleniem 5 cm stropu 50 cm do lica ściany					
Wyniki dla węzła ze stropem			Wyniki dla węzła bez stropu		Wartość ψ
U [W/m ² K]	L [m]	Strumień [W]	U [W/m ² K]	Strumień [W]	[W/mK]
0,3005	3,26350	0,980682	0,249500	0,814243	0,166
Strop WPS, ściana 51, 7 cm izolacji z płyty K17, z ociepleniem 5 cm stropu 50 cm do lica ściany					
Wyniki dla węzła ze stropem			Wyniki dla węzła bez stropu		Wartość ψ
U [W/m ² K]	L [m]	Strumień [W]	U [W/m ² K]	Strumień [W]	[W/mK]
0,2741	3,26350	0,89452535	0,2218	0,7238443	0,171
Strop WPS, ściana 51, 8 cm izolacji z płyty K17, z ociepleniem 5 cm stropu 50 cm do lica ściany					
Wyniki dla węzła ze stropem			Wyniki dla węzła bez stropu		Wartość ψ
U [W/m ² K]	L [m]	Strumień [W]	U [W/m ² K]	Strumień [W]	[W/mK]
0,254	3,264	0,8273	0,1997	0,6517	0,176

TABELA 30. WĘZŁ STROP WPS - ŚCIANA 51, IZOLOWANY PŁYTĄ K17 GRUBOŚCI 6 CM, Z OCIEPLENIEM STROPU GR 5 CM NA GŁĘBOKOŚĆ 50 CM DO LICA ŚCIANY.

Strop WPS, ściana 38, 6 cm izolacji z płyty K17, z ociepleniem 5 cm stropu 50 cm do lica ściany					
Wyniki dla węzła ze stropem			Wyniki dla węzła bez stropu		Wartość ψ
U [W/m ² K]	L [m]	Strumień [W]	U [W/m ² K]	Strumień [W]	[W/mK]
0,3163	3,2635	1,0322	0,2605	0,8501	0,182
Strop WPS, ściana 38, 7 cm izolacji z ociepleniem stropu 50 cm do lica ściany					
Wyniki dla węzła ze stropem			Wyniki dla węzła bez stropu		Wartość ψ
U [W/m ² K]	L [m]	Strumień [W]	U [W/m ² K]	Strumień [W]	[W/mK]
0,2882	3,2635	0,9405	0,2305	0,7522	0,188
Strop WPS, ściana 38, 8 cm izolacji z ociepleniem stropu 50 cm do lica ściany					
Wyniki dla węzła ze stropem			Wyniki dla węzła bez stropu		Wartość ψ
U [W/m ² K]	L [m]	Strumień [W]	U [W/m ² K]	Strumień [W]	[W/mK]
0,2668	3,2635	0,8707	0,2066	0,6742	0,196

TABELA 31. WĘZŁ STROP WPS - ŚCIANA 51, IZOLOWANY PŁYTĄ K17 GRUBOŚCI 6 CM, Z OCIEPLENIEM STROPU GR 5 CM NA GŁĘBOKOŚĆ 50 CM DO LICA ŚCIANY.

Strop WPS, ściana 25, 6 cm izolacji z płyty K17, z ociepleniem 5 cm stropu 50 cm do lica ściany					
Wyniki dla węzła ze stropem			Wyniki dla węzła bez stropu		Wartość ψ
U [W/m ² K]	L [m]	Strumień [W]	U [W/m ² K]	Strumień [W]	[W/mK]
0,3472	2,7135	0,9421	0,2724	0,7392	0,203
Strop WPS, ściana 25, 7 cm izolacji z płyty K17, z ociepleniem 5 cm stropu 50 cm do lica ściany					
Wyniki dla węzła ze stropem			Wyniki dla węzła bez stropu		Wartość ψ
U [W/m ² K]	L [m]	Strumień [W]	U [W/m ² K]	Strumień [W]	[W/mK]
0,3150	2,7135	0,8548	0,2398	0,6507	0,204
Strop WPS, ściana 25, 8 cm izolacji z płyty K17, z ociepleniem 5 cm stropu 50 cm do lica ściany					
Wyniki dla węzła ze stropem			Wyniki dla węzła bez stropu		Wartość ψ
U [W/m ² K]	L [m]	Strumień [W]	U [W/m ² K]	Strumień [W]	[W/mK]
0,3027	2,7135	0,8214	0,2141	0,5810	0,240

Podsumowanie.

Wykonanie ocieplenia ściany zewnętrznej płytą K17 gr 6,7,8 cm oraz stropu WPS z izolacją poziomą na głębokość 50 cm charakteryzuje się:

- znacznie niższą wartością liniowego współczynnika przewodzenia ciepła ψ (liniowego mostka cieplnego) na połączeniu stropu ze ścianą ocieploną od wewnątrz płytą K17. Wartość ψ waha się w przedziale od 0,166 do 0,24 W/mK,
- w punkcie krytycznym połączenia ściany ze stropem minimalna temperatura obliczeniowa wynosi 18,3 °C,
- Wartość współczynnika temperaturowego f_{rsi} w krytycznym węźle o budowie: ściana z cegły pełnej 25 cm ocieplona płytą K17 gr. 8 cm i stropem WPS wartość f_{rsi} wynosi 0,93 jest większe od $f_{rsi, min}=0,72$.

$$f_{rsi} = 0,93 > f_{rsi, min}=0,72$$

IZOLACJA TERMICZNA ŚCIANY CEGLANEJ ZA POMOCĄ PŁYTY K17 W POŁĄCZENIU ZE STROPEM KLEINA TYPU CIĘŻKIEGO

Opis przyjętych założeń.

Do obliczeń metodą elementów skończonych przyjęto następujące założenia:

Ściany zewnętrzne gr. 25, 38 oraz 51 cm ocieplone od wewnątrz płytami K17 gr. 6, 7, 8 cm z rdzeniem ze sztywnej pianki rezolowej zespolonej z płytą kartonowo – gipsową w połączeniu ze stropem Kleina. Rozważono następujące przypadki:

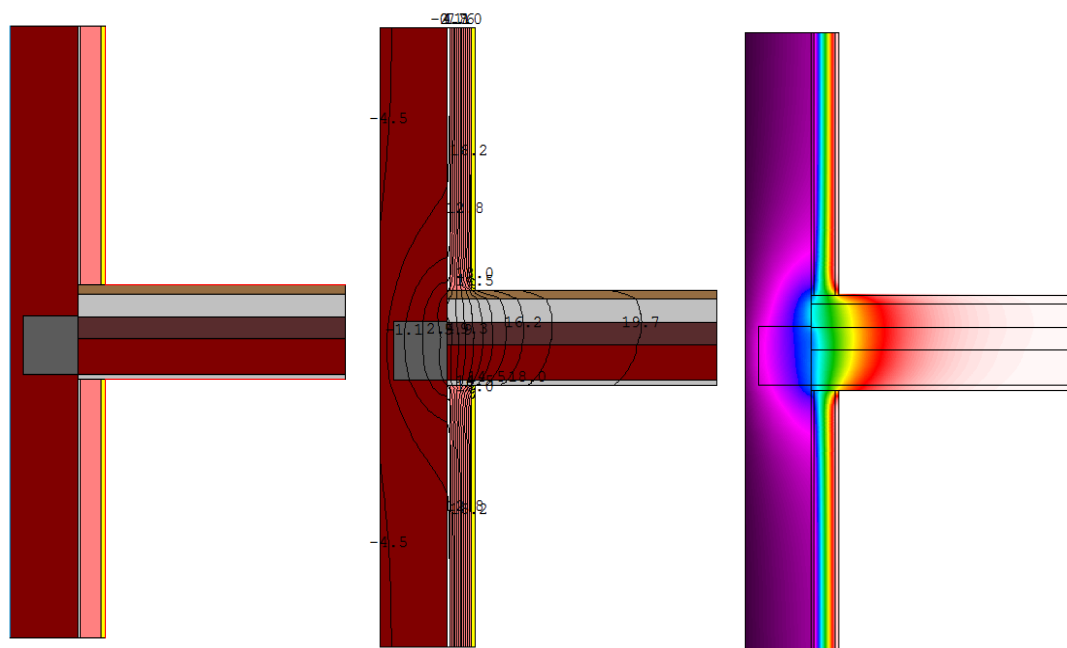
1. izolacja termiczna płyty K17 dochodzi tylko do stropu,
2. izolacja termiczna płyty K17 dochodzi do stropu oraz jest ułożona na stropie na głębokość 50 cm od dołu i od góry.

IZOLACJA TERMICZNA ŚCIAN Z PŁYTY K17 DO STROPU KLEINA TYPU CIĘŻKIEGO

Opis przyjętych do obliczeń rozwiązań:

- ściana zewnętrzna z cegły pełnej gr. 51, 38, 25 cm obustronnie otynkowana
- ocieplenie od wewnątrz wykonane z płyty K17 odpowiednio gr. 6, 7, 8 cm.
- strop z płyt Kleina, na belkach stalowych osadzonych w wieńcu żelbetowym 24x24 cm,

Schemat 1 węzła:



RYСУNEK 12. SCHEMAT WĘZŁA ORAZ ROZKŁAD TEMPERATUR DLA STROP KLEINA- ŚCIANA ZEWNĘTRZA Z CEGŁY.

Wyniki obliczeń metodą elementów skończonych dla stropu Kleina zamieszczono w tabelach poniżej.

TABELA 32. WĘZEŁ STROP KLEINA CIĘŻKI - ŚCIANA 51 CM, IZOLACJA 6, 7, 8 CM Z PŁYTY K17, BEZ OCIEPLENIA STROPU.

Strop Kleina typ ciężki, ściana zew. 51 cm, izolacja z płyty K17 gr. 6 c cm bez izolacji stropu					
Wyniki dla węzła ze stropem			Wyniki dla węzła bez stropu		Wartość ψ
U [W/m ² K]	L [m]	Strumień [W]	U [W/m ² K]	Strumień [W]	[W/mK]
0,381	3,283	1,251	0,250	0,819	0,432
Strop Kleina typ ciężki, ściana zew. 51 cm, izolacja z płyty K17 gr. 7 c cm bez izolacji stropu					
Wyniki dla węzła ze stropem			Wyniki dla węzła bez stropu		Wartość ψ
U [W/m ² K]	L [m]	Strumień [W]	U [W/m ² K]	Strumień [W]	[W/mK]
0,355	3,333	1,182	0,222	0,739	0,443
Strop Kleina typ ciężki, ściana zew. 51 cm, izolacja z płyty K17 gr. 8 c cm bez izolacji stropu					
Wyniki dla węzła ze stropem			Wyniki dla węzła bez stropu		Wartość ψ
U [W/m ² K]	L [m]	Strumień [W]	U [W/m ² K]	Strumień [W]	[W/mK]
0,336	3,303	1,108	0,200	0,660	0,449

TABELA 33. WĘZEŁ STROP KLEINA CIĘŻKI - ŚCIANA 38 CM, IZOLACJA 6,7,8 CM Z PŁYTY K17, BEZ OCIEPLENIA STROPU.

Strop Kleina typ ciężki, ściana zew. 38 cm, izolacja z płyty K17 gr. 6 c cm bez izolacji stropu					
Wyniki dla węzła ze stropem			Wyniki dla węzła bez stropu		Wartość ψ
U [W/m ² K]	L [m]	Strumień [W]	U [W/m ² K]	Strumień [W]	[W/mK]
0,442	2,733	1,209	0,261	0,712	0,497
Strop Kleina typ ciężki, ściana zew. 38 cm, izolacja z płyty K17 gr. 6 c cm bez izolacji stropu					
Wyniki dla węzła ze stropem			Wyniki dla węzła bez stropu		Wartość ψ
U [W/m ² K]	L [m]	Strumień [W]	U [W/m ² K]	Strumień [W]	[W/mK]
0,413	2,733	1,129	0,231	0,630	0,499
Strop Kleina typ ciężki, ściana zew. 38 cm, izolacja z płyty K17 gr. 6 c cm bez izolacji stropu					
Wyniki dla węzła ze stropem			Wyniki dla węzła bez stropu		Wartość ψ
U [W/m ² K]	L [m]	Strumień [W]	U [W/m ² K]	Strumień [W]	[W/mK]
0,389	2,733	1,062	0,207	0,565	0,498

TABELA 34. WĘZEŁ STROP KLEINA CIĘŻKI - ŚCIANA 25 CM, IZOLACJA 6,7,8 CM Z PŁYTY K17, BEZ OCIEPLENIA STROPU.

Strop Kleina typ ciężki, ściana zew. 25 cm, izolacja z płyty K17 gr. 6 c cm bez izolacji stropu					
Wyniki dla węzła ze stropem			Wyniki dla węzła bez stropu		Wartość ψ
U [W/m ² K]	L [m]	Strumień [W]	U [W/m ² K]	Strumień [W]	[W/mK]
0,558	1,983	1,106	0,272	0,540	0,566
Strop Kleina typ ciężki, ściana zew. 25 cm, izolacja z płyty K17 gr. 6 c cm bez izolacji stropu					
Wyniki dla węzła ze stropem			Wyniki dla węzła bez stropu		Wartość ψ
U [W/m ² K]	L [m]	Strumień [W]	U [W/m ² K]	Strumień [W]	[W/mK]
0,517	2,033	1,051	0,240	0,487	0,564
Strop Kleina typ ciężki, ściana zew. 25 cm1, izolacja z płyty K17 gr. 6 c cm bez izolacji stropu					
Wyniki dla węzła ze stropem			Wyniki dla węzła bez stropu		Wartość ψ
U [W/m ² K]	L [m]	Strumień [W]	U [W/m ² K]	Strumień [W]	[W/mK]
0,483	2,083	1,006	0,214	0,446	0,561

Podsumowanie:

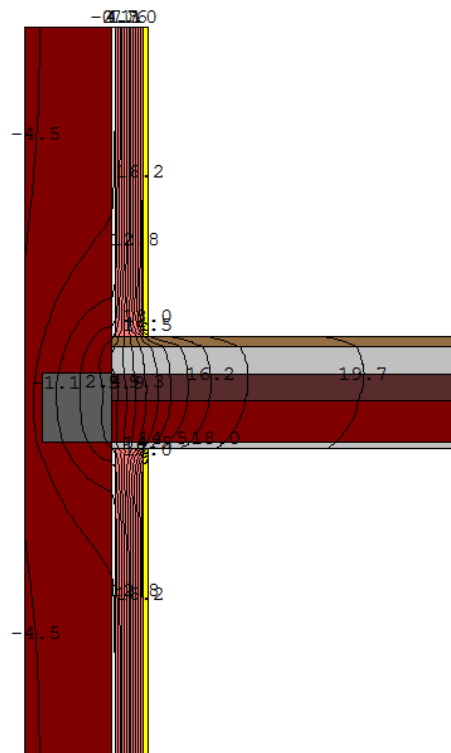
Wykonanie ocieplenia płytą K17 do stropu Kleina charakteryzuje się:

- znacznie niższą wartością liniowego współczynnika przewodzenia ciepła ψ (liniowego mostka cieplnego) na połączeniu stropu ze ścianą ocieploną od wewnątrz płytą K17. Wartość ψ waha się w przedziale od 0,497 do 0,561 W/mK,
- w węźle występują stosunkowo niskie temperatury i istnieje zagrożenie wykraplania pary wodnej. Wartość współczynnika temperaturowego f_{rsi} . W krytycznym węźle o budowie: ścian z cegły pełnej 25, 38 i 50 cm ocieplona płytą K17 i stropem WPS wartość f_{rsi} jest mniejsze od wartości granicznej $f_{rsi, min}=0,72$. Należy liczyć się, że zagrożenie rozwojem pleśni będzie występować w narożach ścian zewnętrznej i stropu oraz ściany zewnętrznej, wewnętrznej oraz stropu. W takich przypadkach należy indywidualnie zaprojektować konstrukcję węzła eliminującą zagrożenie rozwoju pleśni.
- dla ścian gr. 51 cm oraz 38 cm wartości f_{rsi} są na granicy minimalnej wartości $f_{rsi, min}=0,72$ wynoszą odpowiednio:

Tabela 35. Wartości f_{rsi}

Ściana	wartość f_{rsi}
cegła 51 cm + K17 6 cm	0,68
cegła 51 cm + K17 7 cm	0,69
cegła 51 cm + K17 8 cm	0,70
cegła 38 cm + K17 6 cm	0,70
cegła 38 cm + K17 7 cm	0,73
cegła 38 cm + K17 8 cm	0,74

Stosowanie ocieplenia ścian zewnętrznych z cegły pełnej materiałem izolacyjnym od wewnątrz przy połączeniu ze stropem Kleina typu ciężkiego wymaga ingerencji w konstrukcję stropu.



Wyniki obliczeń metodą elementów skończonych dla stropu Kleina zamieszczono w tabelach poniżej.

TABELA 36. WĘZŁ STROP KLEINA CIĘŻKI - ŚCIANA 51, IZOLOWANY PŁYTĄ K17 GRUBOŚCI 6 CM, Z OCIEPLENIEM STROPU GR 5 CM NA GŁĘBOKOŚĆ 50 CM DO LICA ŚCIANY.

Strop Kleina, ściana 51, 6 cm izolacji					
Wyniki dla węzła ze stropem			Wyniki dla węzła bez stropu		Wartość ψ
U [W/m ² K]	L [m]	Strumień [W]	U [W/m ² K]	Strumień [W]	[W/mK]
0,290	3,283	0,953	0,250	0,819	0,134
Strop Kleina, ściana 51, 7 cm izolacji					
Wyniki dla węzła ze stropem			Wyniki dla węzła bez stropu		Wartość ψ
U [W/m ² K]	L [m]	Strumień [W]	U [W/m ² K]	Strumień [W]	[W/mK]
0,265	3,283	0,871	0,222	0,728	0,143
Strop Kleina, ściana 51, 8 cm izolacji					
Wyniki dla węzła ze stropem			Wyniki dla węzła bez stropu		Wartość ψ
U [W/m ² K]	L [m]	Strumień [W]	U [W/m ² K]	Strumień [W]	[W/mK]
0,245	3,283	0,804	0,200	0,656	0,148

TABELA 37. WĘZŁ STROP KLEINA CIĘŻKI - ŚCIANA 38, IZOLOWANY PŁYTĄ K17 GRUBOŚCI 7 CM, Z OCIEPLENIEM STROPU GR 5 CM NA GŁĘBOKOŚĆ 50 CM DO LICA ŚCIANY.

Strop Kleina, ściana 38, 6 cm izolacji					
THERM – dane			THERM - bez stropu		WYNIK
U [W/m ² K]	L [m]	Strumień	U [W/m ² K]	Strumień	Mostek [W/mK]
0,315	2,733	0,859	0,261	0,712	0,148
Strop Kleina, ściana 38, 7 cm izolacji					
Wyniki dla węzła ze stropem			Wyniki dla węzła bez stropu		Wartość ψ
U [W/m ² K]	L [m]	Strumień [W]	U [W/m ² K]	Strumień [W]	[W/mK]
0,288	2,733	0,787	0,231	0,630	0,157
Strop Kleina, ściana 38, 8 cm izolacji					
Wyniki dla węzła ze stropem			Wyniki dla węzła bez stropu		Wartość ψ
U [W/m ² K]	L [m]	Strumień [W]	U [W/m ² K]	Strumień [W]	[W/mK]
0,265	2,733	0,725	0,207	0,565	0,160

TABELA 38. WĘZŁ STROP KLEINA CIĘŻKI – ŚCIANA 25, IZOLOWANY PŁYTĄ K17 GRUBOŚCI 8 CM, Z OCIEPLENIEM STROPU GR 5 CM NA GŁĘBOKOŚĆ 50 CM DO LICA ŚCIANY.

Strop Kleina, ściana 25, 6 cm izolacji					
Wyniki dla węzła ze stropem			Wyniki dla węzła bez stropu		Wartość ψ
U [W/m ² K]	L [m]	Strumień [W]	U [W/m ² K]	Strumień [W]	[W/mK]
0,355	1,983	0,704	0,272	0,540	0,164
Strop Kleina, ściana 25, 7 cm izolacji					
Wyniki dla węzła ze stropem			Wyniki dla węzła bez stropu		Wartość ψ
U [W/m ² K]	L [m]	Strumień [W]	U [W/m ² K]	Strumień [W]	[W/mK]
0,326	1,983	0,646	0,240	0,475	0,170
Strop Kleina, ściana 25, 8 cm izolacji					
Wyniki dla węzła ze stropem			Wyniki dla węzła bez stropu		Wartość ψ
U [W/m ² K]	L [m]	Strumień [W]	U [W/m ² K]	Strumień [W]	[W/mK]
0,302	1,983	0,599	0,214	0,424	0,175

Podsumowanie.

Wykonanie ocieplenia ściany zewnętrznej gr 25, 38 i 50 cm płytą K17 do stropu Kleina typu ciężkiego z izolacją poziomą ułożoną do głębokości 50 cm charakteryzuje się:

- korzystniejszą wartością liniowego współczynnik przewodzenia ψ (mostka cieplnego) węzła na połączeniu stropu ze ścianą izolowaną od wewnątrz. Wartość ψ waha się w przedziale od 0,134 do 0,175 W/mK,
- w punkcie krytycznym połączenia ściany ze stropem minimalna temperatura obliczeniowa wynosi 18,4 °C,
- wartość współczynnika temperaturowego f_{rsi} w krytycznym węźle o budowie: ściana z cegły pełnej 25 cm ocieplona płytą K17 gr. 8 cm i stropem WPS wartość f_{rsi} wynosi 0,936 jest większe od $f_{rsi, min} = 0,72$.

$$f_{rsi} = 0,936 > f_{rsi, min} = 0,72$$

IZOLACJA TERMICZNA ŚCIAN CEGLANEJ ZA POMOCĄ PŁYTY K17 W POŁĄCZENIU ZE STROPEM ODCINKOWYM

Stropy odcinkowe ze względu na swoją specyfikę konstrukcyjną wymagają większych grubości murów. Do analizy przyjęto ocieplenie ścian zewnętrznych gr. 38, 51 oraz 76 cm ocieplone od wewnątrz płytami K17 gr. 6, 7, 8 cm z rdzeniem ze sztywnej pianki rezolowej zespolonej z płytą kartonowo – gipsową.

Rozważono następujące przypadki:

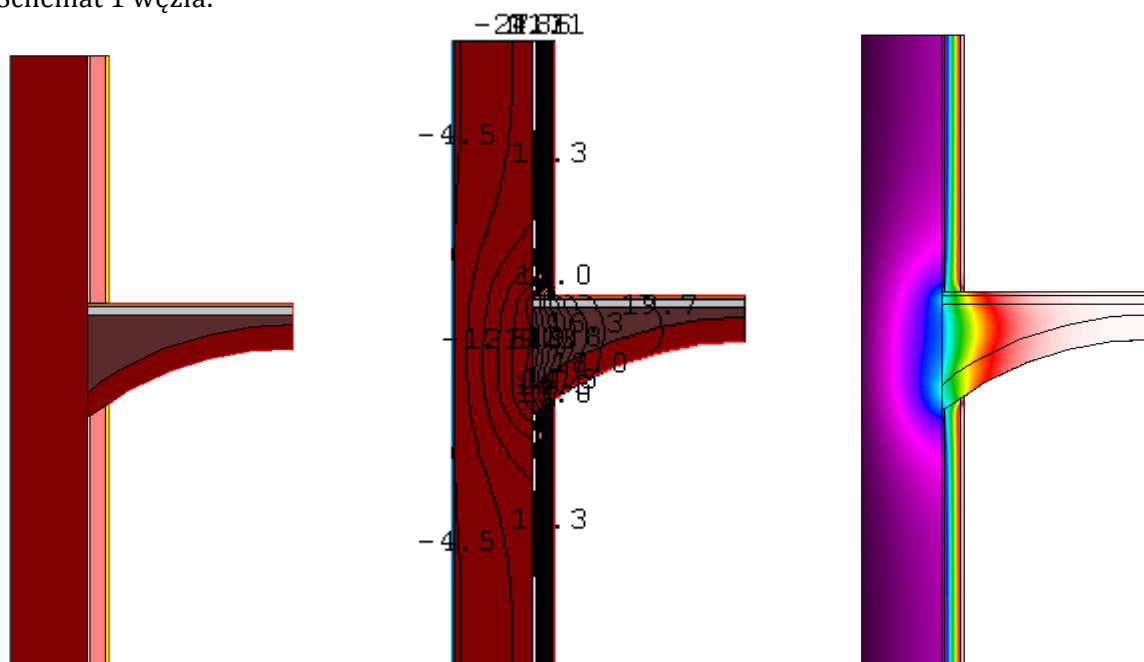
1. izolacja termiczna płyty K17 dochodzi do stropu,
2. izolacja termiczna płyty K17 dochodzi do stropu oraz jest ułożona na stropie na głębokość 50 cm od dołu i od góry.

IZOLACJA TERMICZNA ŚCIAN Z PŁYTY K17 DO STROPU ODCINKOWEGO

Opis przyjętych do obliczeń rozwiązań:

- ściana zewnętrzna z cegły pełnej gr. 76, 51, 38, cm obustronnie otynkowana,
- ocieplenie od wewnątrz wykonane z płyty K17 odpowiednio gr. 6, 7, 8 cm.,
- strop odcinkowy oparty o cegłę pełną gr 12 cm wypełniony żużlem paleniskowym,

Schemat 1 węzła:



RYSUNEK 14. SCHEMAT WĘZŁA ORAZ ROZKŁAD TEMPERATUR DLA STROP ODCINKOWY- ŚCIANA ZEWNĘTRZA Z CEGŁY.

Wyniki obliczeń metodą elementów skończonych dla stropu odcinkowego zamieszczono w tabelach poniżej.

TABELA 39. WĘZŁ STROP ODCINKOWY - ŚCIANA 51, IZOLOWANY PŁYTĄ K17 GRUBOŚCI 6,7,8 CM,

Strop ODCINKOWY, ściana 51 + płyta K17 gr. 6 cm bez poziomej izolacji					
Wyniki dla węzła ze stropem			Wyniki dla węzła bez stropu		Wartość ψ
U [W/m ² K]	L [m]	Strumień [W]	U [W/m ² K]	Strumień [W]	[W/mK]
0,371	3,516	1,304	0,249	0,875	0,429
Strop ODCINKOWY, ściana 51, płyta K17 gr. 7 cm bez poziomej izolacji					
Wyniki dla węzła ze stropem			Wyniki dla węzła bez stropu		Wartość ψ
U [W/m ² K]	L [m]	Strumień [W]	U [W/m ² K]	Strumień [W]	[W/mK]
0,344	3,566	1,228	0,221	0,790	0,438
Strop ODCINKOWY, ściana 51, płyta K17 gr. 8 cm bez poziomej izolacji					
Wyniki dla węzła ze stropem			Wyniki dla węzła bez stropu		Wartość ψ
U [W/m ² K]	L [m]	Strumień [W]	U [W/m ² K]	Strumień [W]	[W/mK]
0,322	3,616	1,163	0,200	0,722	0,440

TABELA 40. WĘZŁ STROP ODCINKOWY - ŚCIANA 38, IZOLOWANY PŁYTĄ K17 GRUBOŚCI 6,7,8 CM,

Strop ODCINKOWY, ściana 38, płyta K17 gr. 6 cm bez poziomej izolacji					
Wyniki dla węzła ze stropem			Wyniki dla węzła bez stropu		Wartość ψ
U [W/m ² K]	L [m]	Strumień [W]	U [W/m ² K]	Strumień [W]	[W/mK]
0,430	2,866	1,232	0,261	0,747	0,485
Strop ODCINKOWY, ściana 38, płyta K17 gr. 7 cm bez poziomej izolacji					
Wyniki dla węzła ze stropem			Wyniki dla węzła bez stropu		Wartość ψ
U [W/m ² K]	L [m]	Strumień [W]	U [W/m ² K]	Strumień [W]	[W/mK]
0,400	2,916	1,165	0,231	0,672	0,493
Strop ODCINKOWY, ściana 38, płyta K17 gr. 8 cm bez poziomej izolacji					
Wyniki dla węzła ze stropem			Wyniki dla węzła bez stropu		Wartość ψ
U [W/m ² K]	L [m]	Strumień [W]	U [W/m ² K]	Strumień [W]	[W/mK]
0,373	2,966	1,108	0,207	0,613	0,495

TABELA 41. WĘZŁ STROP ODCINKOWY – ŚCIANA 76, IZOLOWANY PŁYTĄ K17 GRUBOŚCI 6,7,8 CM.

Strop ODCINKOWY, ściana 76 + płyta K17 gr. 6 cm bez poziomej izolacji					
Wyniki dla węzła ze stropem			Wyniki dla węzła bez stropu		Wartość ψ
U [W/m ² K]	L [m]	Strumień [W]	U [W/m ² K]	Strumień [W]	[W/mK]
0,303	4,766	1,445	0,231	1,100	0,345
Strop ODCINKOWY, ściana 76, płyta K17 gr. 7 cm bez poziomej izolacji					
Wyniki dla węzła ze stropem			Wyniki dla węzła bez stropu		Wartość ψ
U [W/m ² K]	L [m]	Strumień [W]	U [W/m ² K]	Strumień [W]	[W/mK]
0,281	4,816	1,354	0,207	0,996	0,357
Strop ODCINKOWY, ściana 76, płyta K17 gr. 8 cm bez poziomej izolacji					
Wyniki dla węzła ze stropem			Wyniki dla węzła bez stropu		Wartość ψ
U [W/m ² K]	L [m]	Strumień [W]	U [W/m ² K]	Strumień [W]	[W/mK]
0,264	4,866	1,285	0,188	0,912	0,373

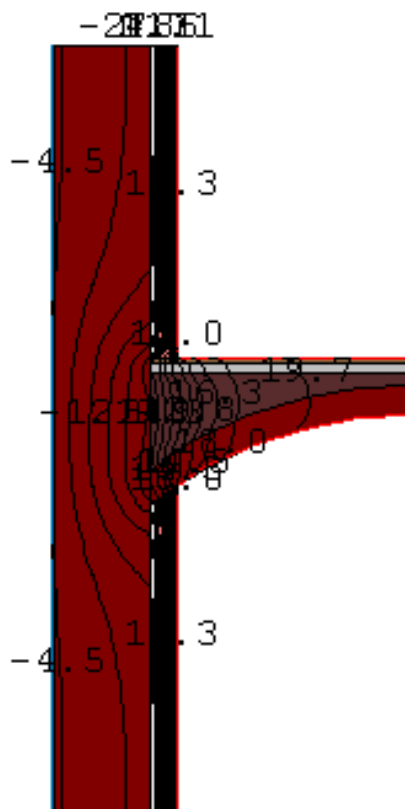
Podsumowanie:

Wykonanie ocieplenia ściany zewnętrznej gr. 38, 51, 76 cm płytą K17 do stropu odcinkowego charakteryzuje się:

- bardzo dużą wartością liniowego współczynnika przewodności cieplnej ψ (mostka cieplnego) występującego na połączeniu stropu ze ścianą izolowaną od wewnątrz płytą K17. Wartość ψ waha się w przedziale od 0,345 do 0,429 W/mK,
- w węźle występują stosunkowo niskie temperatury i istnieje zagrożenie wykraplania pary wodnej na wewnętrznej powierzchni przegrody,
- wartość współczynnika temperaturowego f_{rsi} jest na granicy wartości dopuszczonej prawnie $f_{rsi, min} = 0,72$. Należy liczyć się z możliwością rozwoju grzybów pleśniowych w miejscu połączenia izolowanej od wewnątrz ściany oraz stropu odcinkowego. Ryzyko rozwoju grzybów pleśniowych rośnie w narożach: ściany zewnętrzne i strop odcinkowy oraz ściana zewnętrzna, wewnętrzna oraz strop odcinkowy.

TABELA 42. WARTOŚĆ WSPÓŁCZYNNIKA TEMPERATUROWEGO W WĘŻLE: STROP ODCINKOWY, ŚCIANA ZEWNĘTRZA

Ścian	wartość f_{rsi}
cegła 51 cm + K17 6 cm	0,71
cegła 51 cm + K17 7 cm	0,72
cegła 51 cm + K17 8 cm	0,73
cegła 38 cm + K17 6 cm	0,75
cegła 38 cm + K17 7 cm	0,74
cegła 38 cm + K17 8 cm	0,75
cegła 76 cm + K17 6 cm	0,77
cegła 76 cm + K17 7 cm	0,77
cegła 76 cm + K17 8 cm	0,78

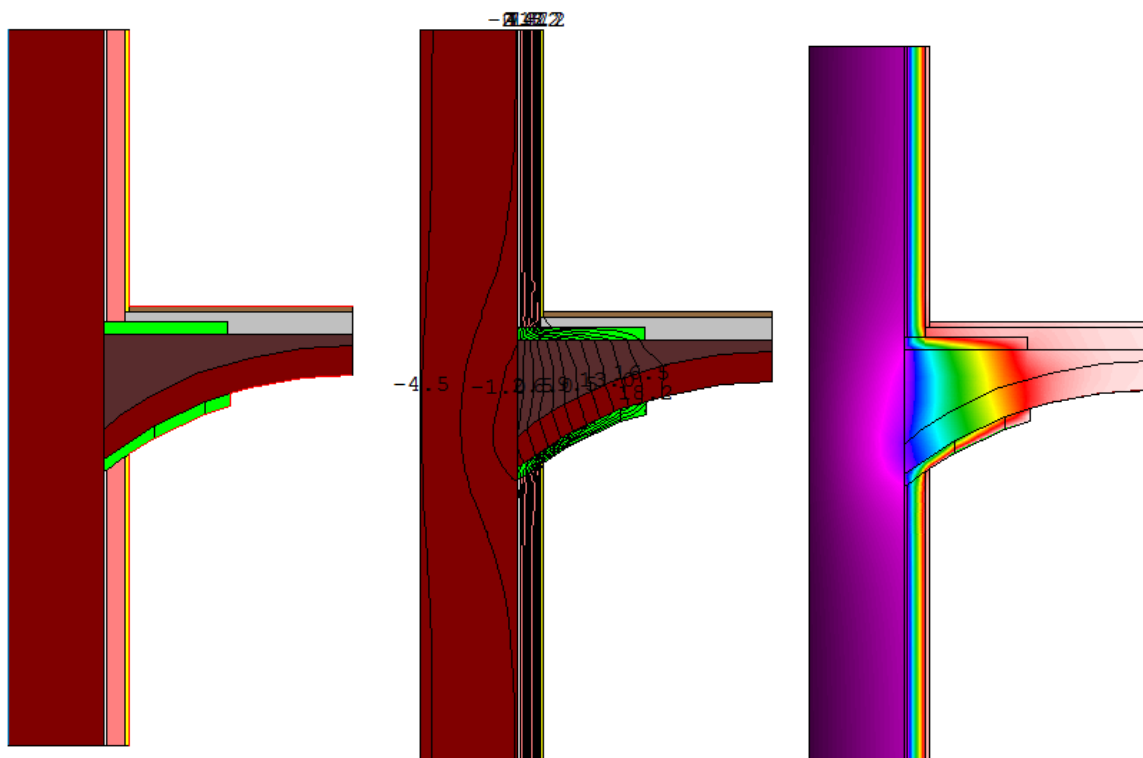


IZOLACJA TERMICZNA ŚCIAN Z PŁYTY K17 DO STROPU ODCINKOWEGO Z DODATKOWĄ IZOLACJĄ 5 CM STROPU

Opis przyjętych do analizy obliczeniowej rozwiązań:

- Ściana zewnętrzna z cegły pełnej gr. 76, 51, 38 cm obustronnie otynkowana
- ocieplenie od wewnątrz wykonane z płyty K17 gr. 6, 7, 8 cm.
- Strop odcinkowy z cegły pełnej wypełniony żużlem paleniskowym,
- ocieplenie materiałem izolacyjnym o $\lambda \leq 0,036 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ i grubości 5 cm stropu na głębokość 50 cm od lica ściany,

Schemat 2 węzła.



RYSUNEK 15. SCHEMAT WĘZŁA ORAZ ROZKŁAD TEMPERATUR DLA STROP ODCINKOWY- ŚCIANA ZEWNĘTRZA Z CEGŁY IZOLOWANA MATERIAŁEM TERMOIZOLACYJNYM O $\lambda \leq 0,036 \text{ W/M}\cdot\text{K}$

Wyniki obliczeń metodą elementów skończonych dla stropu Kleina zamieszczono w tabelach poniżej.

TABELA 43. WĘZEŁ STROP ODCINKOWY - ŚCIANA 51, IZOLOWANY PŁYTĄ K17 GRUBOŚCI 6,7,8 CM, Z OCIEPLENIEM STROPU GR 5 CM NA GŁĘBOKOŚĆ 50 CM DO LICA ŚCIANY.

Strop ODCINKOWY, ściana 51, 6 cm izolacji					
Wyniki dla węzła ze stropem			Wyniki dla węzła bez stropu		Wartość ψ
U [W/m ² K]	L [m]	Strumień [W]	U [W/m ² K]	Strumień [W]	[W/mK]
0,319	2,866	0,913	0,250	0,715	0,198
Strop ODCINKOWY, ściana 51, 7 cm izolacji					
Wyniki dla węzła ze stropem			Wyniki dla węzła bez stropu		Wartość ψ
U [W/m ² K]	L [m]	Strumień [W]	U [W/m ² K]	Strumień [W]	[W/mK]
0,294	2,866	0,844	0,222	0,636	0,208
Strop ODCINKOWY, ściana 51, 8 cm izolacji					
Wyniki dla węzła ze stropem			Wyniki dla węzła bez stropu		Wartość ψ
U [W/m ² K]	L [m]	Strumień [W]	U [W/m ² K]	Strumień [W]	[W/mK]
0,274	2,866	0,785	0,200	0,572	0,212

TABELA 44. WĘZEŁ STROP ODCINKOWY - ŚCIANA 38, IZOLOWANY PŁYTĄ K17 GRUBOŚCI 6,7,8 CM, Z OCIEPLENIEM STROPU GR 5 CM NA GŁĘBOKOŚĆ 50 CM DO LICA ŚCIANY.

Strop ODCINKOWY, ściana 38, 6 cm izolacji					
Wyniki dla węzła ze stropem			Wyniki dla węzła bez stropu		Wartość ψ
U [W/m ² K]	L [m]	Strumień [W]	U [W/m ² K]	Strumień [W]	[W/mK]
0,334	2,866	0,957	0,261	0,747	0,211
Strop ODCINKOWY, ściana 38, 7 cm izolacji					
Wyniki dla węzła ze stropem			Wyniki dla węzła bez stropu		Wartość ψ
U [W/m ² K]	L [m]	Strumień [W]	U [W/m ² K]	Strumień [W]	[W/mK]
0,306	2,866	0,878	0,231	0,661	0,218
Strop ODCINKOWY, ściana 38, 8 cm izolacji					
Wyniki dla węzła ze stropem			Wyniki dla węzła bez stropu		Wartość ψ
U [W/m ² K]	L [m]	Strumień [W]	U [W/m ² K]	Strumień [W]	[W/mK]
0,285	2,866	0,817	0,207	0,592	0,225

TABELA 45. WĘZEŁ STROP ODCINKOWY – ŚCIANA 76, IZOLOWANY PŁYTĄ K17 GRUBOŚCI 6,7, 8 CM, Z OCIEPLENIEM STROPU GR 5 CM NA GŁĘBOKOŚĆ 50 CM DO LICA ŚCIANY.

Strop ODCINKOWY, ściana 76, 6 cm izolacji					
Wyniki dla węzła ze stropem			Wyniki dla węzła bez stropu		Wartość ψ
U [W/m ² K]	L [m]	Strumień [W]	U [W/m ² K]	Strumień [W]	[W/mK]
0,295	1,944	0,574	0,273	0,530	0,044
Strop ODCINKOWY, ściana 76, 7 cm izolacji					
Wyniki dla węzła ze stropem			Wyniki dla węzła bez stropu		Wartość ψ
U [W/m ² K]	L [m]	Strumień [W]	U [W/m ² K]	Strumień [W]	[W/mK]
0,273	1,944	0,531	0,240	0,466	0,065
Strop ODCINKOWY, ściana 76, 8 cm izolacji					
Wyniki dla węzła ze stropem			Wyniki dla węzła bez stropu		Wartość ψ
U [W/m ² K]	L [m]	Strumień [W]	U [W/m ² K]	Strumień [W]	[W/mK]
0,256	1,944	0,497	0,214	0,416	0,081

Podsumowanie.

Wykonanie ocieplenia do stropu o typ ciężki z izolacją poziomą charakteryzuje się:

- wartością mostka cieplnego na połączeniu stropu ze ścianą izolowaną płytą K17. Wartość ψ waha się w przedziale od 0,044 do 0,225 W/mK,
- w punkcie krytycznym połączenia ściany ze stropem minimalna temperatura obliczeniowa wynosi 18,4 °C,
- Wartość współczynnika temperaturowego f_{rsi} w krytycznym węźle o budowie: ścian z cegły pełnej 25 cm, ocieplona płytą K17 gr. 8 cm i stropem WPS wartość f_{rsi} wynosi 0,936, jest większe od $f_{rsi, min}=0,72$.

IZOLACJA TERMICZNA ŚCIAN CEGLANEJ ZA POMOCĄ PŁYTY K17 W POŁĄCZENIU ZE STROPEM DREWNIANYM

Opis przyjętych założeń.

Do obliczeń metodą elementów skończonych przyjęto następujące założenia:

Ściany zewnętrzne gr. 25, 38 oraz 51 cm, ocieplone od wewnątrz płytami K17 gr. 6, 7, 8 cm z rdzeniem ze sztywnej pianki rezolowej zespolonej z płytą kartonowo – gipsową w połączeniu ze stropem Kleina. Rozważono następujące przypadki:

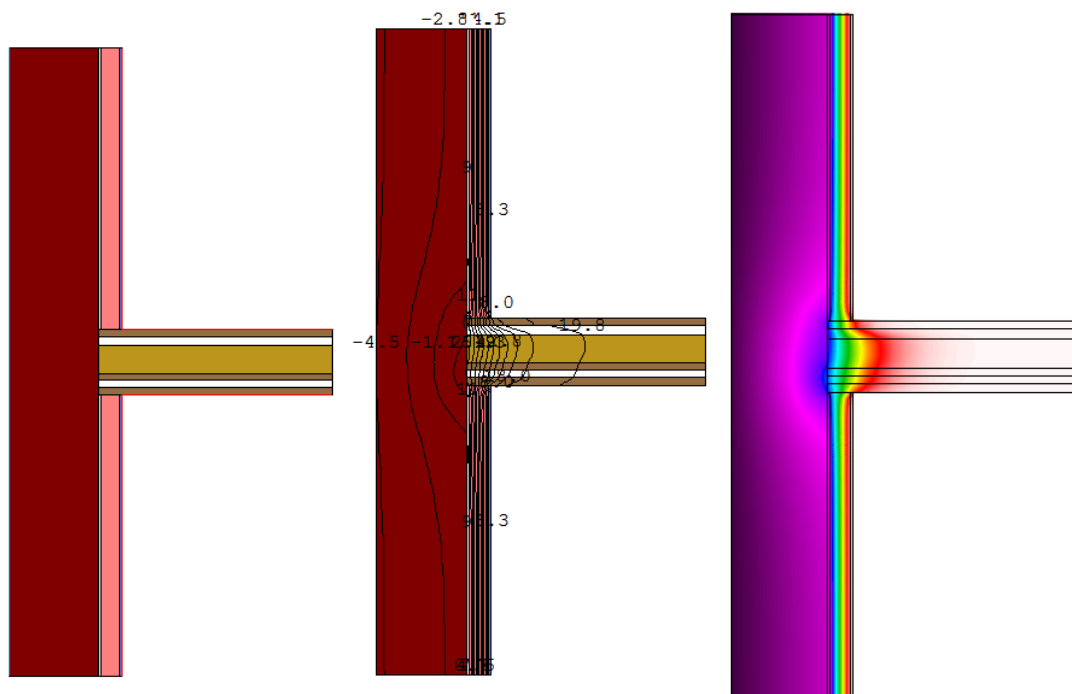
1. izolacja termiczna płyty K17 dochodzi tylko do stropu,
2. izolacja termiczna płyty K17 dochodzi do stropu oraz jest ułożona na stropie na głębokość 50 cm od dołu i od góry.

IZOLACJA TERMICZNA ŚCIAN Z PŁYTY K17 DO STROPU DREWNIANEGO

Opis przyjętych do analizy obliczeniowej rozwiązań:

- ściana zewnętrzna z cegły pełnej gr. 76, 51, 38, cm obustronnie otynkowana,
- ocieplenie od wewnątrz wykonane z płyty K17 odpowiednio gr. 6, 7, 8 cm.
- strop drewniany wypełniony wełną mineralną lub polepą,

Schemat 1 węzła



Wyniki obliczeń metodą elementów skończonych dla stropu drewnianego zamieszczono w tabelach poniżej.

TABELA 46. WĘZŁ STROP DREWNIANY - ŚCIANA 51, IZOLOWANY PŁYTĄ K17 GRUBOŚCI 6,7,8 CM.

Strop DREWNIANY, ściana 51 + 6 cm izolacji z płyty K17 do stropu					
Wyniki dla węzła ze stropem			Wyniki dla węzła bez stropu		Wartość ψ
U [W/m ² K]	L [m]	Strumień [W]	U [W/m ² K]	Strumień [W]	[W/mK]
0,298	3,244	0,965	0,250	0,812	0,153
Strop DREWNIANY, ściana 51, 7 cm izolacji z płyty K17 do stropu					
Wyniki dla węzła ze stropem			Wyniki dla węzła bez stropu		Wartość ψ
U [W/m ² K]	L [m]	Strumień [W]	U [W/m ² K]	Strumień [W]	[W/mK]
0,269	3,344	0,900	0,222	0,742	0,158
Strop DREWNIANY, ściana 51, 8 cm izolacji z płyty K17 do stropu					
Wyniki dla węzła ze stropem			Wyniki dla węzła bez stropu		Wartość ψ
U [W/m ² K]	L [m]	Strumień [W]	U [W/m ² K]	Strumień [W]	[W/mK]
0,248	3,344	0,830	0,200	0,668	0,163

TABELA 47. WĘZŁ STROP DREWNIANY - ŚCIANA 38, IZOLOWANY PŁYTĄ K17 GRUBOŚCI 6,7,8 CM.

Strop DREWNIANY, ściana 38, 6 cm izolacji z płyty K17 do stropu					
Wyniki dla węzła ze stropem			Wyniki dla węzła bez stropu		Wartość ψ
U [W/m ² K]	L [m]	Strumień [W]	U [W/m ² K]	Strumień [W]	[W/mK]
0,326	2,645	0,861	0,261	0,690	0,171
Strop DREWNIANY, ściana 38, 7 cm izolacji izolacji z płyty K17 do stropu					
Wyniki dla węzła ze stropem			Wyniki dla węzła bez stropu		Wartość ψ
U [W/m ² K]	L [m]	Strumień [W]	U [W/m ² K]	Strumień [W]	[W/mK]
0,295	2,644	0,781	0,231	0,610	0,171
Strop DREWNIANY, ściana 38, 8 cm izolacji izolacji z płyty K17 do stropu					
Wyniki dla węzła ze stropem			Wyniki dla węzła bez stropu		Wartość ψ
U [W/m ² K]	L [m]	Strumień [W]	U [W/m ² K]	Strumień [W]	[W/mK]
0,271	2,694	0,729	0,207	0,558	0,171

TABELA 48. WĘZŁ STROP DREWNIANY – ŚCIANA 76, IZOLOWANY PŁYTĄ K17 GRUBOŚCI 6,7,8 CM.

Strop DREWNIANY, ściana 25, 6 cm izolacji z płyty K17 do stropu					
Wyniki dla węzła ze stropem			Wyniki dla węzła bez stropu		Wartość ψ
U [W/m ² K]	L [m]	Strumień [W]	U [W/m ² K]	Strumień [W]	[W/mK]
0,371	1,944	0,722	0,273	0,531	0,190
Strop DREWNIANY, ściana 25, 7 cm izolacji z płyty K17 do stropu					
Wyniki dla węzła ze stropem			Wyniki dla węzła bez stropu		Wartość ψ
U [W/m ² K]	L [m]	Strumień [W]	U [W/m ² K]	Strumień [W]	[W/mK]
0,336	1,994	0,670	0,240	0,478	0,191
Strop DREWNIANY, ściana 25, 8 cm izolacji z płyty K17 do stropu					
Wyniki dla węzła ze stropem			Wyniki dla węzła bez stropu		Wartość ψ
U [W/m ² K]	L [m]	Strumień [W]	U [W/m ² K]	Strumień [W]	[W/mK]
0,306	2,044	0,626	0,214	0,438	0,189

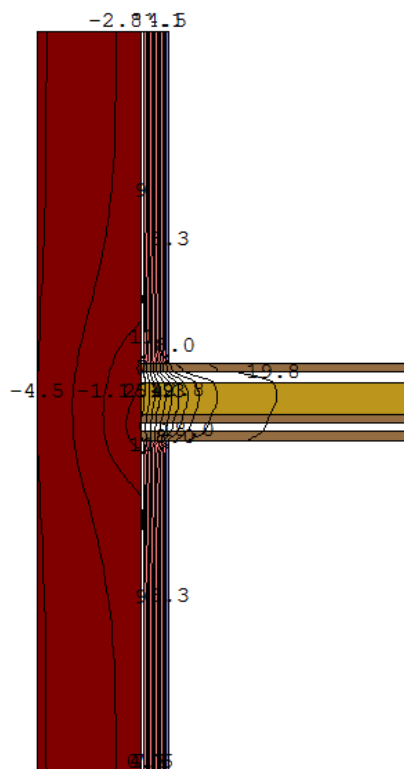
Podsumowanie:

Wykonanie ocieplenia ściany zewnętrznej gr. 25, 38, 51 cm do stropu drewnianego charakteryzuje się:

- stosunkowo dużą wartością mostka cieplnego na połączeniu stropu ze ścianą izolowaną płytą K17. Wartość ψ waha się w przedziale od 0,153 do 0,190 W/mK,
- w węźle występują niskie temperatury jednak wartości f_{rsi} są większe od wartości minimalnej dopuszczonej prawienie,
- wartość współczynnika temperaturowego f_{rsi} w każdym analizowanym węźle jest większa od $f_{rsi, min} = 0,72$,
- może jednak wystąpić zagrożenie wykraplania pary wodnej i rozwoju grzybów pleśniowych zwłaszcza w narożach ścian zewnętrznych i stropu oraz w narożach ścian zewnętrznych i wewnętrznych oraz stropów.

TABELA 49. WARTOŚĆ WSPÓŁCZYNNIKA TEMPERATUROWEGO DLA WĘZŁA: STROP DREWNIANY, ŚCIANA ZEWNĘTRZNA.

strop drewniany	
Ściana	wartość f_{rsi}
cegła 51 cm + K17 6 cm	0,784
cegła 51 cm + K17 7 cm	0,788
cegła 51 cm + K17 8 cm	0,796
cegła 38 cm + K17 6 cm	0,788
cegła 38 cm + K17 7 cm	0,796
cegła 38 cm + K17 8 cm	0,804
cegła 25 cm + K17 6 cm	0,804
cegła 25 cm + K17 7 cm	0,812
cegła 25 cm + K17 8 cm	0,816

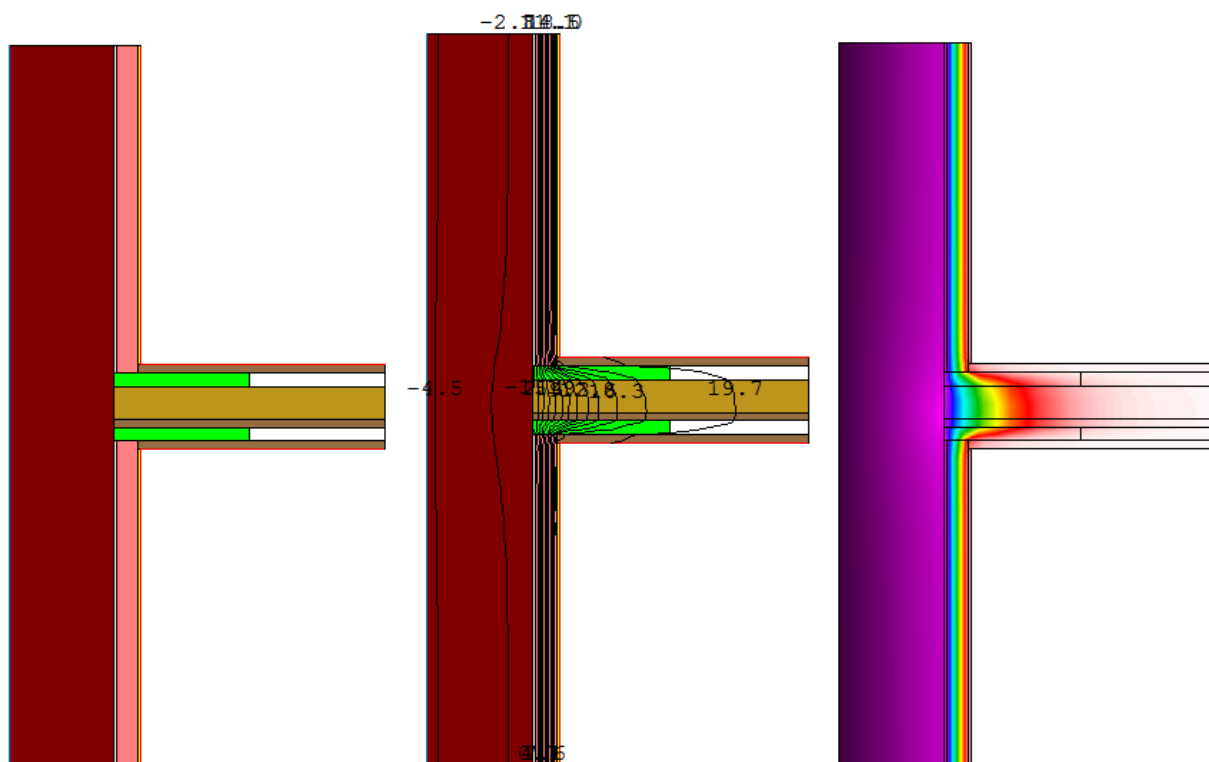


IZOLACJA TERMICZNA ŚCIAN Z PŁYTY K17 DO STROPU DREWNIANEGO Z DODATKOWĄ IZOLACJĄ STROPU GR. 5 CM

Opis przyjętych do analizy obliczeniowej rozwiązań:

- ściana zewnętrzna z cegły pełnej gr. 76, 51, 38 cm obustronnie otynkowana,
- ocieplenie od wewnątrz wykonane z płyty K17 gr. 6, 7, 8 cm.,
- strop drewniany wypełniony wełną mineralną lub polepą,
- ocieplenie materiałem izolacyjnym o $\lambda \leq 0,036 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ i grubości 5 cm stropu na głębokość 50 cm od lica ściany,

Schemat 2 węzła.



RYСУNEK 17. SCHEMAT WĘZŁA ORAZ ROZKŁAD TEMPERATUR DLA STROPU DREWNIANEGO- ŚCIANA ZEWNĘTRZA Z CEGŁY OCIEPLONA 5 CM.

Wyniki obliczeń metodą elementów skończonych dla stropu drewnianego zamieszczono w tabelach poniżej.

TABELA 50. WĘZŁ STROP DREWNIANY - ŚCIANA 51, IZOLOWANY PŁYTĄ K17 GRUBOŚCI 6,7,8 CM, Z OCIEPLENIEM STROPU GR 5 CM NA GŁĘBOKOŚĆ 50 CM DO LICA ŚCIANY.

Strop DREWNIANY, ściana 51, 6 cm izolacji płytą K17 z izolacją 5 cm stropu 50 cm					
Wyniki dla węzła ze stropem			Wyniki dla węzła bez stropu		Wartość ψ
U [W/m ² K]	L [m]	Strumień [W]	U [W/m ² K]	Strumień [W]	[W/mK]
0,256	3,244	0,831	0,250	0,810	0,021
Strop DREWNIANY, ściana 51, 6 cm izolacji płytą K17 z izolacją 5 cm stropu 50 cm					
Wyniki dla węzła ze stropem			Wyniki dla węzła bez stropu		Wartość ψ
U [W/m ² K]	L [m]	Strumień [W]	U [W/m ² K]	Strumień [W]	[W/mK]
0,230	3,244	0,745	0,222	0,720	0,026
Strop DREWNIANY, ściana 51, 6 cm izolacji płytą K17 z izolacją 5 cm stropu 50 cm					
Wyniki dla węzła ze stropem			Wyniki dla węzła bez stropu		Wartość ψ
U [W/m ² K]	L [m]	Strumień [W]	U [W/m ² K]	Strumień [W]	[W/mK]
0,209	3,244	0,677	0,200	0,648	0,029

TABELA 51. WĘZŁ STROP DREWNIANY - ŚCIANA 38, IZOLOWANY PŁYTĄ K17 GRUBOŚCI 6,7,8 CM, Z OCIEPLENIEM STROPU GR 5 CM NA GŁĘBOKOŚĆ 50 CM DO LICA ŚCIANY.

Strop DREWNIANY, ściana 51, 6 cm izolacji płytą K17 z izolacją 5 cm stropu 50 cm					
Wyniki dla węzła ze stropem			Wyniki dla węzła bez stropu		Wartość ψ
U [W/m ² K]	L [m]	Strumień [W]	U [W/m ² K]	Strumień [W]	[W/mK]
0,270	2,645	0,714	0,261	0,689	0,025
Strop DREWNIANY, ściana 51, 6 cm izolacji płytą K17 z izolacją 5 cm stropu 50 cm					
Wyniki dla węzła ze stropem			Wyniki dla węzła bez stropu		Wartość ψ
U [W/m ² K]	L [m]	Strumień [W]	U [W/m ² K]	Strumień [W]	[W/mK]
0,242	2,645	0,641	0,231	0,610	0,031
Strop DREWNIANY, ściana 51, 6 cm izolacji płytą K17 z izolacją 5 cm stropu 50 cm					
Wyniki dla węzła ze stropem			Wyniki dla węzła bez stropu		Wartość ψ
U [W/m ² K]	L [m]	Strumień [W]	U [W/m ² K]	Strumień [W]	[W/mK]
0,219	2,645	0,580	0,207	0,546	0,034

TABELA 52. WĘZŁ STROP DREWNIANY – ŚCIANA 76, IZOLOWANY PŁYTĄ K17 GRUBOŚCI 6,7, 8 CM, Z OCIEPLENIEM STROPU GR 5 CM NA GŁĘBOKOŚĆ 50 CM DO LICA ŚCIANY.

Strop DREWNIANY, ściana 51, 6 cm izolacji płytą K17 z izolacją 5 cm stropu 50 cm					
Wyniki dla węzła ze stropem			Wyniki dla węzła bez stropu		Wartość ψ
U [W/m ² K]	L [m]	Strumień [W]	U [W/m ² K]	Strumień [W]	[W/mK]
0,286	1,944	0,557	0,273	0,530	0,027
Strop DREWNIANY, ściana 51, 6 cm izolacji płytą K17 z izolacją 5 cm stropu 50 cm					
Wyniki dla węzła ze stropem			Wyniki dla węzła bez stropu		Wartość ψ
U [W/m ² K]	L [m]	Strumień [W]	U [W/m ² K]	Strumień [W]	[W/mK]
0,256	1,944	0,498	0,240	0,466	0,032
Strop DREWNIANY, ściana 51, 6 cm izolacji płytą K17 z izolacją 5 cm stropu 50 cm					
Wyniki dla węzła ze stropem			Wyniki dla węzła bez stropu		Wartość ψ
U [W/m ² K]	L [m]	Strumień [W]	U [W/m ² K]	Strumień [W]	[W/mK]
0,231	1,944	0,450	0,214	0,416	0,034

Podsumowanie.

Wykonanie ocieplenia do stropu drewnianego z izolacją poziomą o głębokości 50 cm od lica ściany charakteryzuje się:

- niską wartością liniowego współczynnika przewodzenia ciepła ψ (mostka cieplnego) na połączeniu stropu ze ścianą izolowaną od wewnątrz płytą K17. Wartość ψ waha się w przedziale od 0,021 do 0,034 W/mK,
- w punkcie krytycznym połączenia ściany ze stropem minimalna temperatura obliczeniowa wynosi 18,6 °C,
- wartość współczynnika temperaturowego f_{rsi} w krytycznym węźle występuje w przypadku ściany z cegły pełnej 25 cm ocieploną płytą K17 gr. 8 cm i stropem WPS wartość f_{rsi} wynosi 0,936 jest większe od $f_{rsi, min} = 0,72$.

$$f_{rsi} = 0,936 > f_{rsi, min} = 0,72$$

IZOLACJA TERMICZNA ŚCIANY CEGLANEJ ZA POMOCĄ PŁYTY K17 W POŁĄCZENIU ZE STROPEM ŻELBETOWYM

Opis przyjętych założeń.

Do obliczeń metodą elementów skończonych przyjęto następujące założenia:

Ściany zewnętrzne gr. 25, 38 oraz 51 cm, ocieplone od wewnątrz płytami K17 gr. 6, 7, 8 cm z rdzeniem ze sztywnej pianki rezolowej zespolonej z płytą kartonowo – gipsową w połączeniu ze stropem żelbetowym o niekorzystnej konstrukcji. Rozważono następujące przypadki:

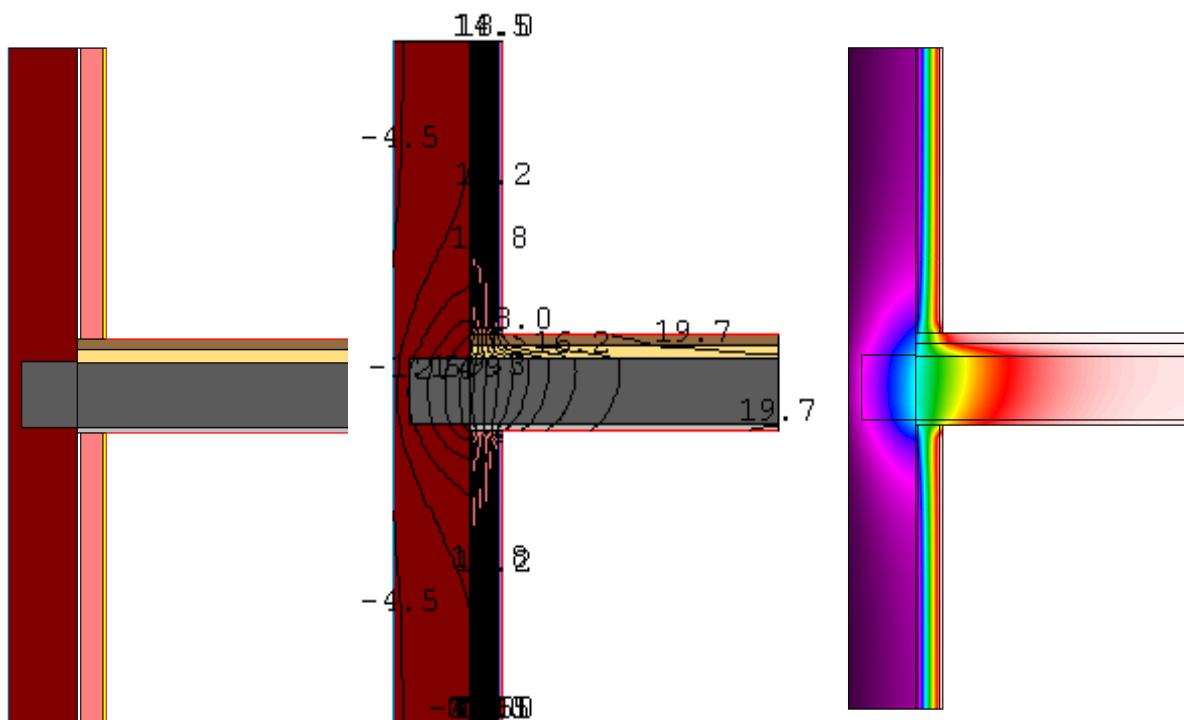
- izolacja termiczna płyty K17 dochodzi tylko do stropu,
- izolacja termiczna płyty K17 dochodzi do stropu oraz jest ułożona na stropie na głębokość 50 cm od dołu i od góry.

IZOLACJA TERMICZNA ŚCIAN Z PŁYTY K17 DO STROPU ŻELBOTOWEGO

Opis przyjętych do obliczeń rozwiązań:

- ściana zewnętrzna z cegły pełnej gr. 51, 38, 25 cm obustronnie otynkowana
- ocieplenie od wewnątrz wykonane z płyty K17 odpowiednio gr. 6, 7, 8 cm.
- strop żelbetowy gr 20 cm osadzony w wieńcu żelbetowym 24x24 cm,

Schemat 1 węzła:



RYSUNEK 18. SCHEMAT WĘZŁA ORAZ ROZKŁAD TEMPERATUR DLA STROPU ŻELBETOWEGO - ŚCIANA ZEWNĘTRZA Z CEGŁY.

Wyniki obliczeń metodą elementów skończonych dla stropu żelbetowego zamieszczono w tabelach poniżej.

TABELA 53. WĘZŁ STROP ŻELBETOWY - ŚCIANA 51 CM, IZOLACJA 6, 7, 8 CM Z PŁYTY K17, BEZ OCIEPLENIA STROPU.

Strop ŻELBETOWY, ściana 51 + 6 cm izolacji				
Wyniki dla węzła ze stropem		Wyniki dla węzła bez stropu		Wartość ψ
U [W/m ² K]	Strumień [W]	U [W/m ² K]	Strumień [W]	[W/mK]
0,394	1,277	0,250	0,810	0,468
Strop ŻELBETOWY, ściana 51, 7 cm izolacji				
Wyniki dla węzła ze stropem		Wyniki dla węzła bez stropu		Wartość ψ
U [W/m ² K]	Strumień [W]	U [W/m ² K]	Strumień [W]	[W/mK]
0,366	1,205	0,222	0,731	0,475
Strop ŻELBETOWY, ściana 51, 8 cm izolacji				
Wyniki dla węzła ze stropem		Wyniki dla węzła bez stropu		Wartość ψ
U [W/m ² K]	Strumień [W]	U [W/m ² K]	Strumień [W]	[W/mK]
0,343	1,147	0,200	0,668	0,480

TABELA 54. WĘZŁ STROP ŻELBETOWY - ŚCIANA 38 CM, IZOLACJA 6,7,8 CM Z PŁYTY K17, BEZ OCIEPLENIA STROPU.

Strop ŻELBETOWY, ściana 38, 6 cm izolacji				
Wyniki dla węzła ze stropem		Wyniki dla węzła bez stropu		Wartość ψ
U [W/m ² K]	Strumień [W]	U [W/m ² K]	Strumień [W]	[W/mK]
0,470	1,207	0,260	0,669	0,538
Strop ŻELBETOWY, ściana 38, 7 cm izolacji				
Wyniki dla węzła ze stropem		Wyniki dla węzła bez stropu		Wartość ψ
U [W/m ² K]	Strumień [W]	U [W/m ² K]	Strumień [W]	[W/mK]
0,436	1,154	0,231	0,610	0,544
Strop ŻELBETOWY, ściana 38, 8 cm izolacji				
Wyniki dla węzła ze stropem		Wyniki dla węzła bez stropu		Wartość ψ
U [W/m ² K]	Strumień [W]	U [W/m ² K]	Strumień [W]	[W/mK]
0,410	1,104	0,207	0,557	0,548

TABELA 55. WĘZŁ STROP ŻELBETOWY - ŚCIANA 25 CM, IZOLACJA 6,7,8 CM Z PŁYTY K17, BEZ OCIEPLENIA STROPU.

Strop ŻELBETOWY, ściana 25, 6 cm izolacji				
Wyniki dla węzła ze stropem		Wyniki dla węzła bez stropu		Wartość ψ
U [W/m ² K]	Strumień [W]	U [W/m ² K]	Strumień [W]	[W/mK]
0,596	1,160	0,272	0,530	0,630
Strop ŻELBETOWY, ściana 25, 7 cm izolacji				
Wyniki dla węzła ze stropem		Wyniki dla węzła bez stropu		Wartość ψ
U [W/m ² K]	Strumień [W]	U [W/m ² K]	Strumień [W]	[W/mK]
0,556	1,110	0,240	0,478	0,631
Strop ŻELBETOWY, ściana 25, 8 cm izolacji				
Wyniki dla węzła ze stropem		Wyniki dla węzła bez stropu		Wartość ψ
U [W/m ² K]	Strumień [W]	U [W/m ² K]	Strumień [W]	[W/mK]
0,521	1,065	0,214	0,438	0,627

Podsumowanie:

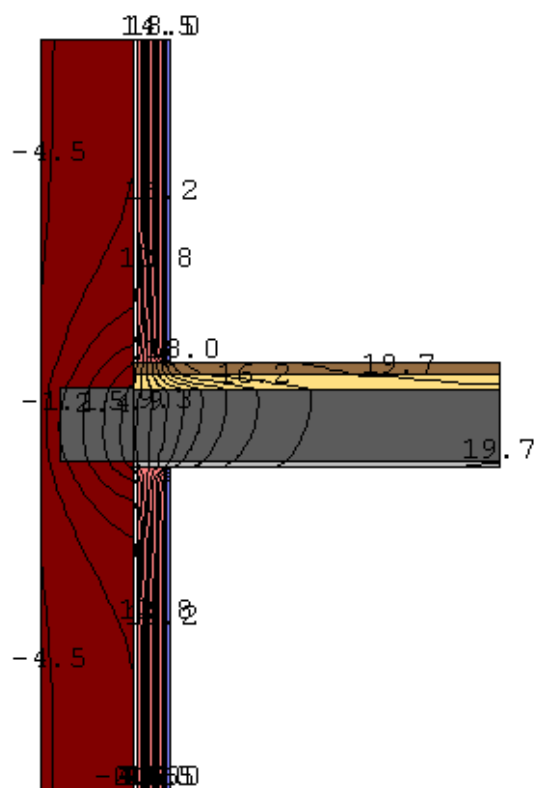
Wykonanie ocieplenia płytą K17 do stropu żelbetowego charakteryzuje się:

- stosunkowo dużą wartością liniowego współczynnika przewodzenia ciepła ψ (liniowego mostka cieplnego) na połączeniu stropu ze ścianą ocieploną od wewnątrz płytą K17. Wartość ψ waha się w przedziale od 0,468 do 0,627 W/mK,
- w węźle występują stosunkowo niskie temperatury i istnieje zagrożenie wykraplania pary wodnej. W krytycznym węźle o budowie: ściana z cegły pełnej 25, 38 i 50 cm ocieplona płytą K17 i stropem WPS wartość f_{rsi} jest mniejsza od wartości granicznej $f_{rsi, min}=0,72$. Należy liczyć się z tym, że zagrożenie rozwojem pleśni będzie występować w narożach ścian zewnętrznej i stropu oraz ściany zewnętrznej, wewnętrznej oraz stropu. W takich przypadkach należy indywidualnie zaprojektować konstrukcję węzła eliminując zagrożenie rozwoju pleśni.
- dla ścian gr. 51 cm oraz 38 cm wartości f_{rsi} są na granicy minimalnej wartości $f_{rsi, min}=0,72$ wynosząc odpowiednio:

TABELA 56. WARTOŚCI f_{rsi}

Typ ściany	f_{rsi}
ściana 51 cm + K17 6 cm	0,74
ściana 51 cm + K17 7 cm	0,74
ściana 51 cm + K17 8 cm	0,74
ściana 38 cm + K17 6 cm	0,71
ściana 38 cm + K17 7 cm	0,72
ściana 38 cm + K17 8 cm	0,72
ściana 51 cm + K17 6 cm	0,67
ściana 51 cm + K17 7 cm	0,69
ściana 51 cm + K17 8 cm	0,70

Stosowanie ocieplenia ścian zewnętrznych z cegły pełnej materiałem izolacyjnym od wewnątrz przy połączeniu ze stropem żelbetowym wymaga ingerencji w konstrukcję stropu.

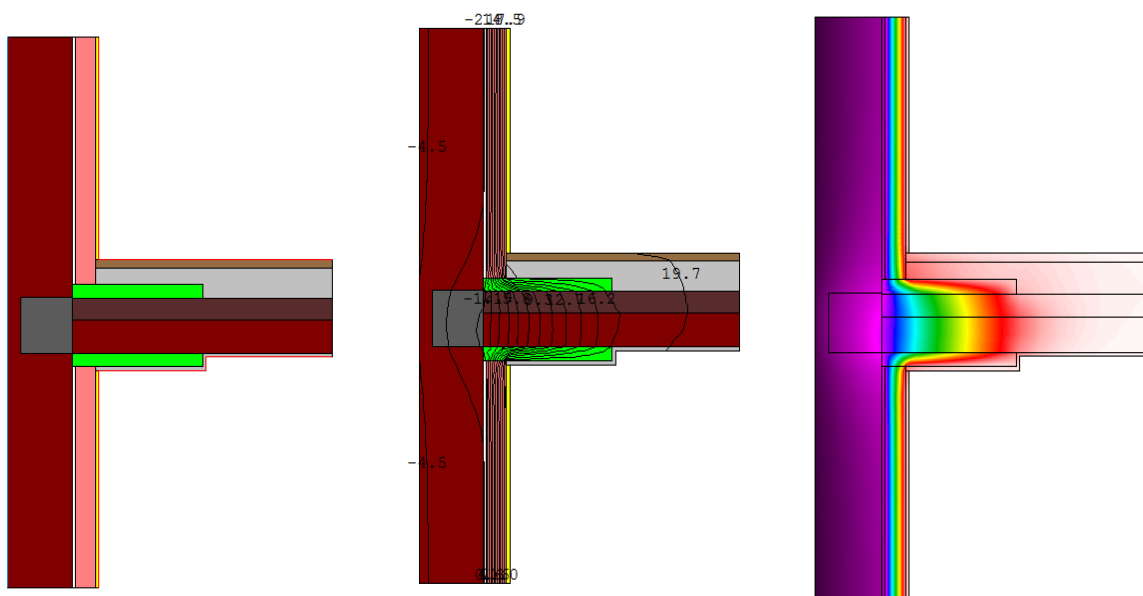


IZOLACJA TERMICZNA ŚCIAN Z PŁYTY K17 DO STROPU ŻELBETOWEGO Z IZOLACJĄ 5 CM STROPU

Opis przyjętych do analizy obliczeniowej rozwiązań:

- Ściana zewnętrzna z cegły pełnej gr. 51, 38 oraz 25 cm obustronnie otynkowana
- ocieplenie od wewnątrz wykonane z płyty K17 gr. 6, 7, 8 cm.
- Strop żelbetowy gr. 20 cm osadzonych w wieńcu żelbetowym o wymiarach 24 x 24 cm,
- ocieplenie materiałem izolacyjnym o $\lambda \leq 0,036 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ i grubości 5 cm stropu na głębokość 50 cm od lica ściany,

Schemat 2 węzła



RYSUNEK 19. SCHEMAT WĘZŁA ORAZ ROZKŁAD TEMPERATUR DLA STROPU ŻELBETOWEGO- ŚCIANA ZEWNĘTRZA Z CEGŁY Z IZOLACJĄ GR. 5 CM.

Wyniki obliczeń metodą elementów skończonych dla żelbetowego zamieszczono w tabelach poniżej.

TABELA 57. WĘZEŁ STROP ŻELBETOWY - ŚCIANA 51, IZOLOWANY PŁYTĄ K17 GRUBOŚCI 6 CM, Z OCIEPLENIEM STROPU GR 5 CM NA GŁĘBOKOŚĆ 50 CM DO LICA ŚCIANY.

Strop ŻELBETOWY, ściana 51, 6 cm izolacji				
Wyniki dla węzła ze stropem		Wyniki dla węzła bez stropu		Wartość ψ
U [W/m ² K]	Strumień [W]	U [W/m ² K]	Strumień [W]	[W/mK]
0,337	1,094	0,250	0,810	0,284
Strop ŻELBETOWY, ściana 51, 7 cm izolacji				
Wyniki dla węzła ze stropem		Wyniki dla węzła bez stropu		Wartość ψ
U [W/m ² K]	Strumień [W]	U [W/m ² K]	Strumień [W]	[W/mK]
0,313	1,016	0,222	0,720	0,296
Strop ŻELBETOWY, ściana 51, 8 cm izolacji				
Wyniki dla węzła ze stropem		Wyniki dla węzła bez stropu		Wartość ψ
U [W/m ² K]	Strumień [W]	U [W/m ² K]	Strumień [W]	[W/mK]
0,294	0,953	0,200	0,648	0,305

TABELA 58. WĘZŁ STROP ŻELBETOWY - ŚCIANA 38, IZOLOWANY PŁYTĄ K17 GRUBOŚCI 7 CM, Z OCIEPLENIEM STROPU GR 5 CM NA GŁĘBOKOŚĆ 50 CM DO LICA ŚCIANY.

Strop ŻELBETOWY, ściana 38, 6 cm izolacji				
Wyniki dla węzła ze stropem		Wyniki dla węzła bez stropu		Wartość ψ
U [W/m ² K]	Strumień [W]	U [W/m ² K]	Strumień [W]	[W/mK]
0,383	0,995	0,261	0,676	0,319
Strop ŻELBETOWY, ściana 38, 7 cm izolacji				
Wyniki dla węzła ze stropem		Wyniki dla węzła bez stropu		Wartość ψ
U [W/m ² K]	Strumień [W]	U [W/m ² K]	Strumień [W]	[W/mK]
0,357	0,927	0,231	0,598	0,329
Strop ŻELBETOWY, ściana 38, 8 cm izolacji				
Wyniki dla węzła ze stropem		Wyniki dla węzła bez stropu		Wartość ψ
U [W/m ² K]	Strumień [W]	U [W/m ² K]	Strumień [W]	[W/mK]
0,336	0,873	0,207	0,536	0,337

TABELA 59. WĘZŁ STROP ŻELBETOWY – ŚCIANA 25, IZOLOWANY PŁYTĄ K17 GRUBOŚCI 8 CM, Z OCIEPLENIEM STROPU GR 5 CM NA GŁĘBOKOŚĆ 50 CM DO LICA ŚCIANY.

Strop ŻELBETOWY, ściana 25, 6 cm izolacji				
Wyniki dla węzła ze stropem		Wyniki dla węzła bez stropu		Wartość ψ
U [W/m ² K]	Strumień [W]	U [W/m ² K]	Strumień [W]	[W/mK]
0,456	0,886	0,272	0,530	0,356
Strop ŻELBETOWY, ściana 25, 7 cm izolacji				
Wyniki dla węzła ze stropem		Wyniki dla węzła bez stropu		Wartość ψ
U [W/m ² K]	Strumień [W]	U [W/m ² K]	Strumień [W]	[W/mK]
0,428	0,831	0,240	0,466	0,365
Strop ŻELBETOWY, ściana 25, 8 cm izolacji				
Wyniki dla węzła ze stropem		Wyniki dla węzła bez stropu		Wartość ψ
U [W/m ² K]	Strumień [W]	U [W/m ² K]	Strumień [W]	[W/mK]
0,405	0,788	0,214	0,416	0,371

Podsumowanie.

Wykonanie ocieplenia ściany zewnętrznej grubości 25, 38 i 50 cm płytą K17 do stropu żelbetowego z izolacją poziomą ułożoną do głębokości 50 cm charakteryzuje się:

- korzystniejszą wartością liniowego współczynnika przewodzenia ψ (ciepła mostka cieplnego) węzła na połączeniu stropu ze ścianą izolowaną od wewnątrz. Wartość ψ waha się w przedziale od 0,274 do 0,371 W/mK,
- w punkcie krytycznym połączenia ściany ze stropem minimalna temperatura obliczeniowa wynosi 18,4°C,
- Wartość współczynnika temperaturowego f_{rsi} w krytycznym węźle o budowie: ściana z cegły pełnej 25 cm ocieplona płytą K17 gr. 8 cm i stropem WPS, wartość f_{rsi} wynosi 0,936 jest większe od $f_{rsi, min}=0,72$.

$$f_{rsi} = 0,936 > f_{rsi, min} = 0,72$$

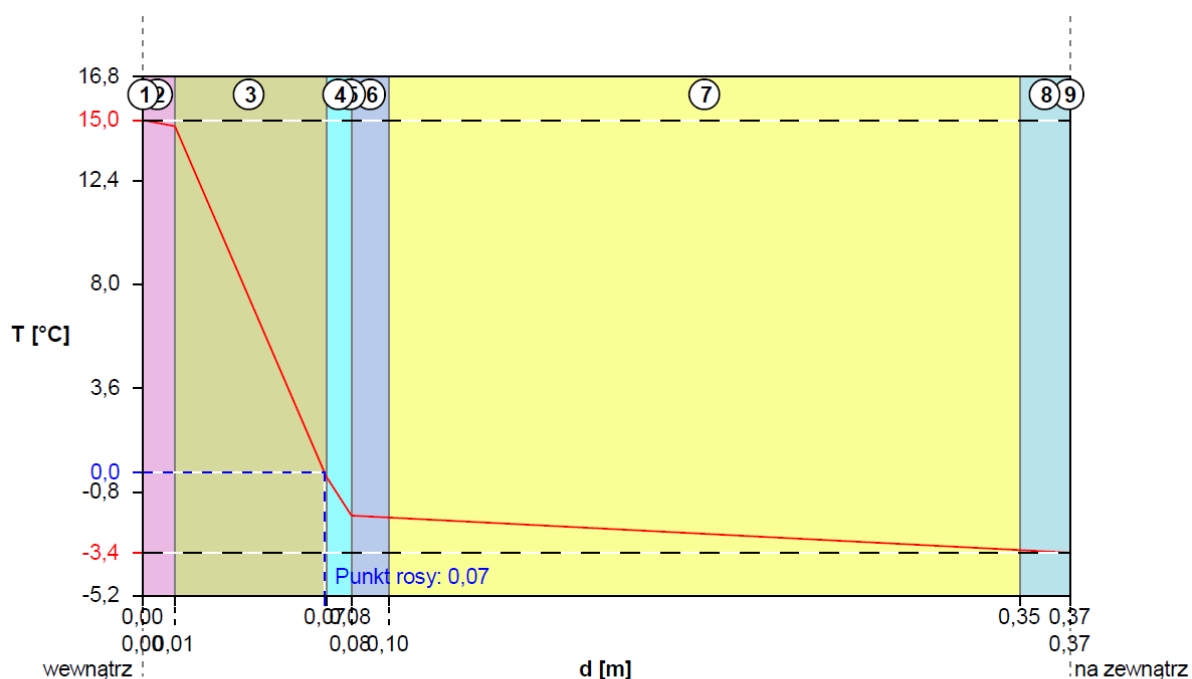
Każde wykonanie ocieplenia od wewnątrz stwarza zagrożenia w zakresie kondensacji pary wodnej w miejscach mostków termicznych, w których występują najniższe wartości temperatur oraz w samej przegrodzie. Zagadnienia związane z mostkami cieplnymi oraz krytycznymi wartościami temperatur na wewnętrznych powierzchniach przegród zostały szczegółowo przeanalizowane w poprzednim rozdziale. Zjawiska międzywarstwowej kondensacji pary wodnej oraz rozwoju pleśni w przegrodzie wymagają odrębnych analiz. Do obliczeń przyjęto następujące założenia:

1. Ocieplenie od wewnątrz wykonano z Płyta Kooltherm K17 charakteryzuje się następującymi parametrami:
 - współczynnik przewodzenia ciepła $\lambda = 0,021 \text{ W/mK}$,
 - współczynnik oporu dyfuzyjnego $\mu=583$.
2. Budowa przegrody od wewnątrz:
 - farba akrylowa
 - płyta Kooltherm K17 odpowiednio - 6,7,8 cm
 - pustka powietrzna niewentylowana -1cm
 - farba akrylowa
 - tynk cementowo-wapienny - 1,5 cm
 - mur z cegły pełnej - 25 cm
 - tynk cementowo – wapienny - 2,0 cm
 - farba krzemianowa
3. Wilgotność wewnątrz względna 65%, przy temperaturze wewnętrznej 20°C ,
4. Położenie: ściana wewnątrz w bezpośrednim sąsiedztwie wysokich mebli z niewielkim prześwitem - $R_{si} = 0,5 \text{ m}^2\text{K/W}$,
5. Dopuszczalna wilgotność względna na powierzchni $\varphi_{si}=0,8$.

Dla tak przyjętych założeń wyniki obliczeń zamieszczono poniżej:

Budowa przegrody i przyjęte właściwości zastosowanych materiałów.

Nr	Warstwa	d [m]	λ [W/m*K]	μ	R [m²K/W]	Sd [m]
Wewnątrz						
1	Farba akrylowa	< 1 [mm]	0,026	0,0	~0,000	0,5400
2	Płyta gipsowo-kartonowa	0,0125	0,250	4,0	0,050	0,0500
3	Kooltherm K 17	0,0600	0,020	583,0	3,000	34,9800
4	Powietrze (w przestrzeni zamkniętej)	0,0100	0,030	1,0	0,333	0,0100
5	Farba emulsyjna	< 1 [mm]	0,025	1,0	~0,000	0,1000
6	ZAPRAWA TYNKARSKA ATLAS do nakładani...	0,0150	0,820	15,8	0,018	0,2367
7	Cegła pełna	0,2500	0,910	10,0	0,275	2,5000
8	ZAPRAWA TYNKARSKA ATLAS do nakładani...	0,0200	0,820	15,8	0,024	0,3156
9	Farba krzemianowa	< 1 [mm]	0,100	0,0	~0,000	0,0200
Na zewnątrz						



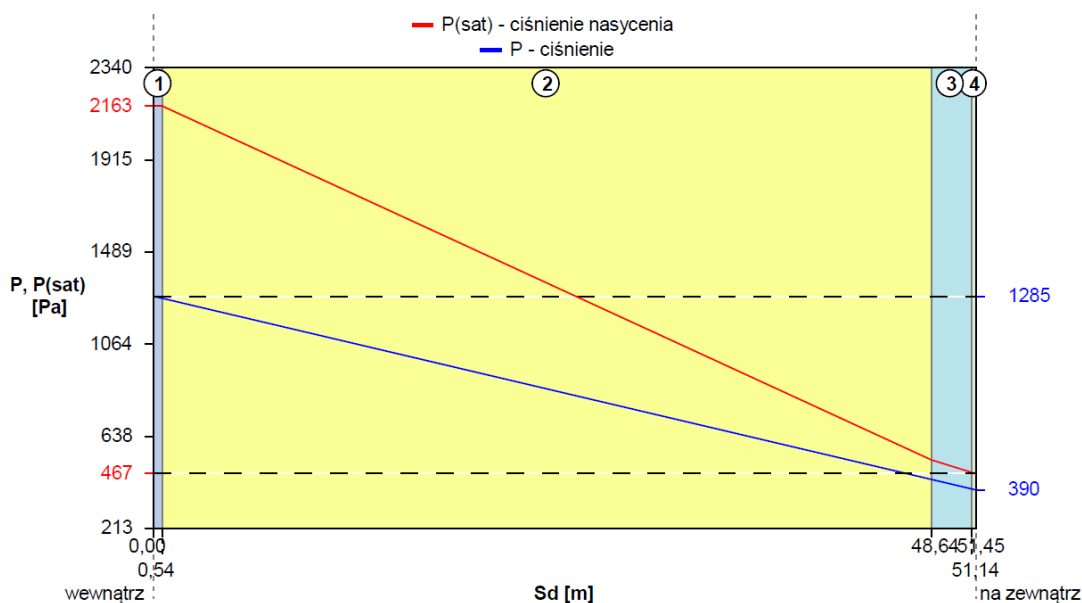
Temperatura na wewnętrznej powierzchni przegrody jest wyższa od temperatury punktu rosy powiększonego o 1°C dla każdego miesiąca. Przegroda została zaprojektowana prawidłowo, zgodnie z wymaganiami określonymi w Warunkach Technicznych zawartymi w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. (poz. 690, załącznik 2, punkt 2.2) dotyczących punktu rosy.

Przegroda jest wolna od wewnętrznej kondensacji.

Szczegółowe wyniki rozkładu temperatury i ciśnienia pary wodnej w przegrodzie dla wybranych miesięcy.

Wyniki dla miesiąca: Styczeń

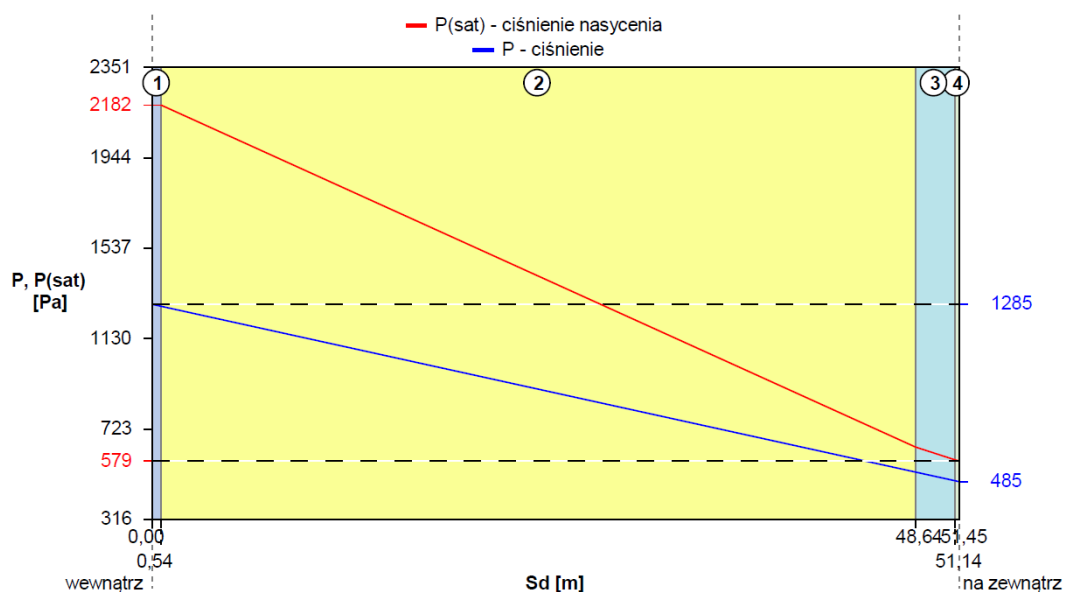
Przegroda					Powierzchnie stykowe		
Nr	Warstwa	Grubość [m]	R(n) [m²K/W]	Sd [m]	T(n) [°C]	P(n,sat) [Pa]	P(n) [Pa]
Wewnątrz: T = 20,00 [°C], φ = 0,55 [%]							
1	Farba akrylowa	< 1 [mm]	~0,000	0,5400	18,759	2 163,356	1 285,323
2	Kooltherm K 17	0,0825	4,125	48,0975	18,759	2 163,356	1 271,703
3	Cegła pełna	0,2500	0,275	2,5000	-1,717	529,491	456,181
4	ZAPRAWA TYNKARSKA A...	0,0200	0,024	0,3156	-3,080	472,247	398,468
Na zewnątrz: T = -3,40 [°C], φ = 0,85 [%]					-3,201	467,447	390,721



Wykres rozkładu ciśnienia pary wodnej w przegrodzie dla miesiąca: Styczeń

Wyniki dla miesiąca: Grudzień

Przegroda					Powierzchnie stykowe		
Nr	Warstwa	Grubość [m]	R(n) [m²K/W]	Sd [m]	T(n) [°C]	P(n,sat) [Pa]	P(n) [Pa]
Wewnątrz: T = 20,00 [°C], φ = 0,55 [%]							
1	Farba akrylowa	< 1 [mm]	~0,000	0,5400	18,897	2 182,070	1 285,323
2	Kooltherm K 17	0,0825	4,125	48,0975	18,897	2 182,070	1 273,149
3	Cegła pełna	0,2500	0,275	2,5000	0,696	642,136	544,235
4	ZAPRAWA TYNKARSKA A...	0,0200	0,024	0,3156	-0,516	585,046	492,652
Na zewnątrz: T = -0,80 [°C], φ = 0,85 [%]					-0,624	579,859	485,727



Wykres rozkładu ciśnienia pary wodnej w przegrodzie dla miesiąca: Grudzień

Ocena przegrody pod kątem uniknięcia rozwoju pleśni.

Efektywna wartość czynnika temperaturowego na powierzchni wewnętrznej przegrody wyznaczona na podstawie wartości współczynnika przenikania ciepła elementu oraz oporu przejmowania ciepła na powierzchni wewnętrznej wynosi:

$$f_{(R_{si})} = 0,871$$

Miesiąc krytyczny: Styczeń. Wartość czynnika temperaturowego $f_{(R_{si},min)}$ dla krytycznego miesiąca wynosi:

$$f(R_{si}, max) = 0,858$$

Ponieważ warunek $f_{(R_{si})} > f_{(R_{si},max)}$ jest spełniony, analizowana przegroda została zaprojektowana prawidłowo pod kątem uniknięcia rozwoju pleśni.

Ocena przegrody pod kątem występowania kondensacji międzywarstwowej

Przegroda jest wolna od wewnętrznej kondensacji.

Ocena przegrody pod kątem występowania punktu rosy.

Temperatura na wewnętrznej powierzchni przegrody jest wyższa od temperatury punktu rosy powiększonego o 1°C dla każdego miesiąca. Przegroda została zaprojektowana zgodnie z wymaganiami technicznymi zawartymi w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. (poz. 690, załącznik 2, punkt 2.2) dotyczących punktu rosy.

PODSUMOWANIE

Aby zapewnić spełnienie wymagań prawnych oraz technologicznych związanych z wykonaniem izolacji ciełnej ścian zewnętrznych od wewnątrz za pomocą płyt Kooltherm K17 wymaga wykonania następujących czynności dla następujących przypadków:

1. Przy wykonaniu ocieplenia ściany zewnętrznej od wewnątrz bez dodatkowej izolacji na ścianach i stropach należy:
 - określić przewidywaną – projektowaną wilgotność w pomieszczeniu,
 - zapewnić skuteczną wentylację pomieszczeń gwarantującą utrzymanie wilgotności w pomieszczeniach poniżej założonego poziomu,
 - dla projektowanej wilgotności powietrza przeanalizować ryzyko występowania temperatury krytycznej, przy której może nastąpić wykroplenie pary wodnej zwłaszcza w miejscach na styku ścian zewnętrznej oraz stropu i ściany wewnętrznej i zapewnić spełnienie warunku w zakresie $f_{rsi} > f_{rsi,min} = 0,72$
 - istnieje możliwość obniżenia wartości $f_{rsi,min}$ nawet do 0,5, jednak wymaga to bardziej szczegółowej analizy zjawisk cieplno-wilgotnościowych przegród oraz skuteczności wentylacji,
 - przy opracowaniu charakterystyki energetycznej należy uwzględnić wpływ mostków cieplnych występujących na połączeniach ściany zewnętrznej, stropu oraz ścian wewnętrznych.
 - zapewnić odpowiednią jakość wykonawstwa szczególnie w miejscach połączeń, mające zapewnić szczelność połączenia i duży opór dyfuzyjny.
 - zapewnić właściwe uszczelnienia paroizolacyjne wszystkich przebiegów izolacji termicznej np. przez instalację elektryczną c.o. lub c.w.u.

2. Przy wykonaniu ocieplenia ściany zewnętrznej od wewnątrz z dodatkową izolacją na ścianach i stropach na głębokość min. 50 cm materiałem izolacyjnym o $\lambda \leq 0,036 \text{ W/mK}$ oraz oporze dyfuzyjnym $\mu \geq 50$, grubość izolacji 5 cm należy:
- przy opracowaniu charakterystyki energetycznej należy uwzględnić wpływ mostków cieplnych na połączeniach ściany zewnętrznej, stropu oraz ścian wewnętrznych.
 - przy opracowaniu charakterystyki energetycznej należy uwzględnić wpływ mostków cieplnych występujących na połączeniach ściany zewnętrznej, stropu oraz ścian wewnętrznych.
 - zapewnić odpowiednią jakość wykonawstwa szczególnie w miejscach połączeń, mające zapewnić szczelność połączenia i duży opór dyfuzyjny.
 - zapewnić właściwe uszczelnienia paroizolacyjne wszystkich przebiegów izolacji termicznej np. przez instalację elektryczną c.o. lub c.w.u.

Literatura.

- [1] Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane (z późniejszymi zmianami)
- [2] Rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (z późniejszymi zmianami).
- [3] Praca zbiorowa pod redakcją S. Mańkowskiego i E. Szczechowiaka, Strategiczny projekt badawczy pt. „Zintegrowany system zmniejszenia eksploatacyjnej energochłonności budynków” Zadanie badawcze nr 2. Tom I, część A: Uwarunkowania przekształceń w budownictwie, Warszawa-Poznań 2013 r., s. 66.
- [4] Pogorzelski J. A., Kasperkiewicz K., Geryło R.: Budynki wielkopłytowe wymagania podstawowe. Zeszyt 11 Oszczędność energii i izolacyjność cieplna przegród. Stan istniejący budynków wielkopłytowych. ITB, Warszawa
- [5] Opracowanie założeń do krajowego planu mającego na celu zwiększenie liczby budynków o niemal zerowym zużyciu energii wraz z informacją dotyczącą przyszłości budownictwa „zero energetycznego” w Polsce, Instytut Techniki Budowlanej, Warszawa listopad 2011 r. 4 Budownictwo- wyniki działalności w 2013 r., GUS, Warszawa 2014 r.,
- [6] Krajowy Plan mający na celu zwiększenie liczby budynków o niskim zużyciu energii, projekt na dzień 14.10.2014
- [7] Zamieszkane Budynki. Narodowy Spis Powszechny Ludności i Mieszkań 2011, GUS, Warszawa 2013 r.
- [8] PN-EN ISO 10211 Mostki cieplne w budynkach - Strumienie ciepła i temperatury powierzchni - Obliczenia szczegółowe
- [9] PN-EN ISO 10456 Materiały i wyroby budowlane - Właściwości cieplno-wilgotnościowe - Tabelaryczne wartości obliczeniowe i procedury określania deklarowanych i obliczeniowych wartości cieplnych
- [10] PN-EN 13187 Właściwości cieplne budynków - Jakościowa detekcja wad cieplnych w obudowie budynku - Metoda podczerwieni
- [11] PN-EN 13465 Wentylacja budynków - Metody obliczeniowe do wyznaczania wartości strumienia objętości powietrza w mieszkaniach
- [12] PN-EN 15251 Kryteria środowiska wewnętrznego, obejmujące warunki cieplne, jakość powietrza wewnętrznego, oświetlenie i hałas
- [13] Wymagania dotyczące zapobiegania kondensacji pary wodnej i propozycje ich zmian. Krzysztof KASPERKIEWICZ, Instytut Techniki Budowlanej.