



PRAKTYCZNY PRZYKŁAD TERMOMODERNIZACJI

budynku mieszkalnego wielorodzinnego

SPIS TREŚCI

1	PODSTAWY, PRZEDMIOT, CEL I ZAKRES OPRACOWANIA	2
1.1	PODSTAWY OPRACOWANIA	2
1.2	PRZEDMIOT OPRACOWANIA	3
1.3	CEL I ZAKRES OPRACOWANIA	3
2	INFORMACJE OGÓLNE DOTYCZĄCE BUDYNKU MODELOWEGO	4
3	DANE DOTYCZĄCE ŚRODOWISKA WEWNĘTRZNEGO I ZEWNĘTRZNEGO	7
4	DANE MATERIAŁOWE PRZEGRÓD W STANIE ISTNIEJĄCYM	8
5	WYMAGANIA STAWIANE PRZEGRODOM PODDAWANYM TERMOMODERNIZACJI	12
5.1	WYMAGANIA POD WZGLĘDEM OSZCZĘDNOŚCI ENERGII I IZOLACYJNOŚCI CIEPLNEJ	12
5.2	WYMAGANIA OCHRONY PRZECIWOPOŻAROWEJ	14
5.3	WYMAGANIA OCHRONY KONSERWATORSKIEJ	15
6	OCENA STANU TECHNICZNEGO PRZEGRÓD	17
6.1	ŚCIANY ZEWNĘTRZNE	17
6.2	ŚCIANY WEWNĘTRZNE	32
6.3	DACH PŁASKI	39
6.4	STROP POD PODDASZEM NIEOGRZEWANYM	45
6.5	DACH SKOŚNY KRYTY DACHÓWKAMI	53
6.6	DACH SKOŚNY KRYTY PAPAŃ NA DESKOWANIU	62
6.7	PODŁOGA NA GRUNCIE	70
6.8	STROP NAD PIWNICĄ	76
7	ROZWIĄZANIA TERMOMODERNIZACJI PRZEGRÓD BUDOWLANÝCH	82
7.1	ŚCIANY ZEWNĘTRZNE	82
7.2	ŚCIANY WEWNĘTRZNE	90
7.3	DACH PŁASKI	92
7.4	STROP POD PODDASZEM NIEOGRZEWANYM	96
7.5	DACH SKOŚNY KRYTY DACHÓWKAMI - OCIEPLENIE NAKROKWIOWE	99
7.6	DACH SKOŚNY KRYTY DACHÓWKAMI - OCIEPLENIE NAKROKWIOWE	103
7.7	DACH SKOŚNY KRYTY PAPAŃ - OCIEPLENIE PODKROKWIOWE	108
7.8	PODŁOGA NA GRUNCIE	112
7.9	STROP NAD PIWNICĄ	115
8	PROJEKTOWANA CHARAKTERYSTYKA ENERGETYCZNA	118
8.1	ŚCIANA ZEWNĘTRZNA - ELEWACJA FRONTOWA	118
8.2	ŚCIANY ZEWNĘTRZNE - OCIEPLENIE OD STRONY ZEWNĘTRZNEJ	126
8.3	ŚCIANA ZEWNĘTRZNA SZCZYTOWA POŁUDNIOWA - OCIEPLENIE OD STRONY ZEWNĘTRZNEJ	132
8.4	ŚCIANY WEWNĘTRZNE	138
8.5	DACH PŁASKI	142
8.6	STROP POD NIEOGRZEWANYM PODDASZEM	153
8.7	DACH SKOŚNY Z POKRYCIEM Z DACHÓWKI	159
8.8	DACH SKOŚNY Z POKRYCIEM Z POPY NA DESKOWANIU	176
8.9	PODŁOGA NA GRUNCIE	193
8.10	STROP NAD PIWNICĄ	199
8.11	SPRAWDZENIE KONDENSACJI POWIERZCHNIOWEJ I MIĘDZYWARSTWOWEJ	206
8.12	SPRAWDZENIE RYZYKA WYSTĄPIENIA KONDENSACJI POWIERZCHNIOWEJ DLA MOSTKÓW TERMICZNYCH	207
9	ANALIZA ENERGETYCZNA BUDYNKU MODELOWEGO	216
9.1	ZAŁOŻENIA PRZYJĘTE DO OBLICZEŃ	216
9.2	WYNIKI ZAPOTRZEBOWANIA BUDYNKU NA ENERGIĘ	220
9.3	EFEKT EKOLOGICZNY	225

PODSTAWY, PRZEDMIOT, CEL I ZAKRES OPRACOWANIA

ROZDZIAŁ 1

1.1 PODSTAWY OPRACOWANIA

- [1] Archiwalna dokumentacja projektowa składająca się z rysunków budowlanych (rzuty i przekrój budynku).
- [2] Aktualny przegląd techniczny budynku udostępniony przez Zarządcę obiektu.
- [3] Książka Obiektu Budowlanego udostępniona przez Zarządcę budynku.
- [4] Wybrane akty prawne
 - [4.1] Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. – Prawo budowlane (Dz.U. 1994 nr 89 poz. 414 z późniejszymi zmianami).
 - [4.2] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. 2019 poz. 1065 z późniejszymi zmianami).
 - [4.3] Rozporządzenie Ministra Rozwoju z dnia 11 września 2020 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego (Dz.U. 2020 poz. 1609).
 - [4.4] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 27 lutego 2015 r. w sprawie metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku lub części budynku oraz świadectw charakterystyki energetycznej (Dz.U. 2015 poz. 376 z późniejszymi zmianami).
- [5] Wybrane akty normatywne
 - [5.1] PN-EN ISO 6946:2017-10 - Komponenty budowlane i elementy budynku - Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła - Metody obliczania.
 - [5.2] PN-EN ISO 13370:2017-09 - Ciepłne właściwości użytkowe budynków - Przenoszenie ciepła przez grunt - Metody obliczania
 - [5.3] PN-EN ISO 13788:2013-05 - Ciepłno-wilgotnościowe właściwości komponentów budowlanych i elementów budynku - Temperatura powierzchni wewnętrznej konieczna do uniknięcia krytycznej wilgotności powierzchni i kondensacja międzywarstwowa - Metody obliczania.
 - [5.4] PN-EN ISO 10211:2017-09 - Mostki cieplne w konstrukcji budowlanej - Przepływy ciepła i temperatury powierzchni - Obliczenia szczegółowe.
 - [5.5] PN-EN 1745:2020-12 - Mury i wyroby murowe - Metody określania właściwości cieplnych.
 - [5.6] PN-EN ISO 10456:2009 - Materiały i wyroby budowlane - Właściwości ciepłno-wilgotnościowe - Tabelaryczne wartości obliczeniowe i procedury określania deklarowanych i obliczeniowych wartości cieplnych.
 - [5.7] Normy archiwalne.
- [6] Literatura naukowo-techniczna.

1.2 PRZEDMIOT OPRACOWANIA

Przedmiotem niniejszego opracowania jest **termomodernizacja modelowego budynku mieszkalnego wielorodzinnego**, który podlega ochronie konserwatorskiej.

1.3 CEL I ZAKRES OPRACOWANIA

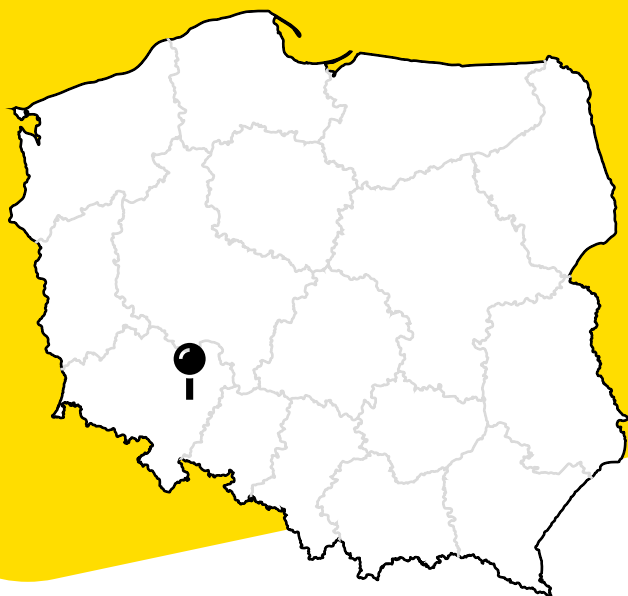
Celem opracowania są praktyczne przykłady termomodernizacji wybranych przegród dla przedmiotowego budynku wielorodzinnego.

Tak przyjętemu celowi pracy podporządkowano zakres przedstawiony poniżej.

- [1] **Opracowanie modelowego budynku** poddanego ochronie konserwatorskiej wraz z wizualizacją, rzutami i przekrojem charakterystycznym, stanowiący bazę do analiz i obliczeń.
- [2] **Opracowanie części analitycznej**, w tym:
 - opis lokalizacji budynku,
 - przedstawienie informacji ogólnych dotyczących budynku,
 - opis danych dotyczących środowiska wewnętrznego i zewnętrznego,
 - charakterystyka materiałowa przegród w stanie istniejącym w tym: ściany zewnętrznej, ściany wewnętrznej, dachu płaskiego, stropu międzykondygnacyjnego (pod nieogrzewanym poddaszem), dachu skośnego (wariant z pokryciem dachówką i wariant z pokryciem papą), podłogi na gruncie i stropu nad piwnicą (nieogrzewaną),
 - przedstawienie wymagań jakie powinny spełniać ww. przegrody w budynku modelowym,
 - ocena stanu technicznego ww. przegród budynku modelowego,
 - przykłady termomodernizacji ww. przegród budynku modelowego, w tym: obliczeń współczynnika przenikania ciepła, kondensacji powierzchniowej i międzywarstwowej oraz w wytypowanych węzłach konstrukcyjnych (ściana zewnętrzna naroże wypukłe, ściana zewnętrzna i wewnętrzna, ściana zewnętrzna i dach płaski, ściana zewnętrzna i strop międzykondygnacyjny, ściana zewnętrzna i dach skośny, ściana zewnętrzna i podłoga na gruncie, ściana zewnętrzna i strop nad piwnicą).
- [3] **Wykonanie analizy energetycznej modelowego budynku**, w tym: obliczeń zapotrzebowania na ciepło przed i po modernizacji w celu określenia wielkości oszczędności energii oraz przedstawienie efektu ekologicznego i hipotetycznej rocznej oszczędności kosztów dla zaproponowanego systemu grzewczego budynku.
- [4] **Opracowanie części rysunkowej**, wraz z detalami CAD przegród przed i po termomodernizacji dla węzłów.

INFORMACJE OGÓLNE DOTYCZĄCE BUDYNKU MODELOWEGO

ROZDZIAŁ 2



LOKALIZACJA

Budynek modelowy zlokalizowany jest **w zabudowie śródmiejskiej we Wrocławiu** przy ul. Szyszkowej 58.

INFORMACJE OGÓLNE

Modelowy obiekt jest budynkiem o 4 kondygnacjach mieszkalnych, całkowicie podpiwniczonym z poddaszem częściowo mieszkalnym. Wzniesiony został w technologii tradycyjnej z elementów drobnowymiarowych (ściany murowane z cegły pełnej). Analizowany obiekt pełni funkcję budynku mieszkalnego wielorodzinnego. Bryła budynku w kształcie prostopadłościanu z pojedynczą dobudówką na elewacji szczytowej. Dach nad częścią główną obiektu w konstrukcji drewnianej, czterospadowy z pokryciem w postaci dachówki ceramicznej. Dobudówka na ścianie szczytowej przekryta stropodachem pełnym (pokrycie stanowi papa). Drzwi do budynku stare drewniane. Okna na klatkach schodowych i w części piwnicznej nowe z ramami PVC. Stolarka okienna w części mieszkalnej wymieniona na nową z ramami PVC (lokatorzy dokonują wymiany okien we własnym zakresie).

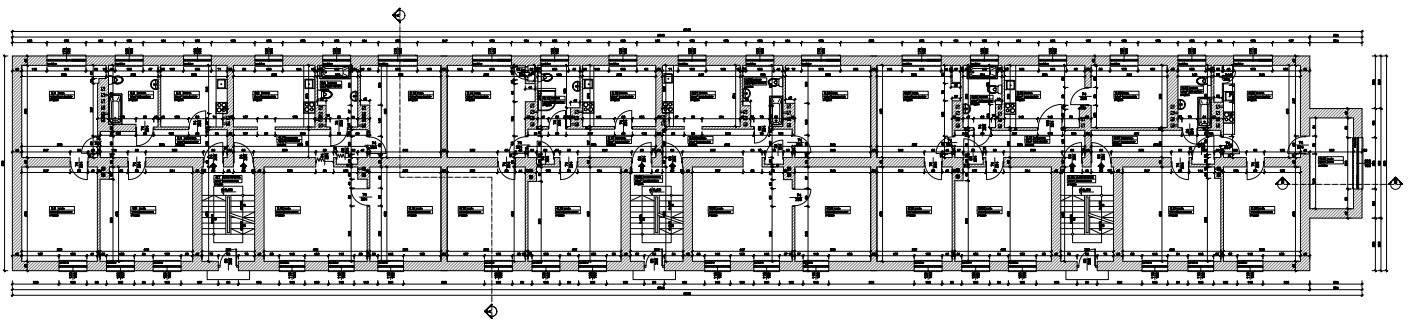
Na mocy zapisów miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego budynek jest wpisany do Gminnej Ewidencji Zabytków. Elewacja frontowa (od strony ulicy Szyszkowej) nie może zostać docieplona od strony zewnętrznej budynku – możliwe jedynie docieplenie od strony wewnętrznej. Ściana szczytowa od strony ulicy Modrzewiowej podlega ograniczeniom co do możliwości wykonania prac termomodernizacyjnych (ograniczenie grubości ocieplenia zewnętrznego do 10 cm). Pozostałe ściany analizowanego budynku mogą zostać docieplone od strony zewnętrznej, bez ograniczeń co do grubości.

Tab. 1. Podstawowe dane o budynku

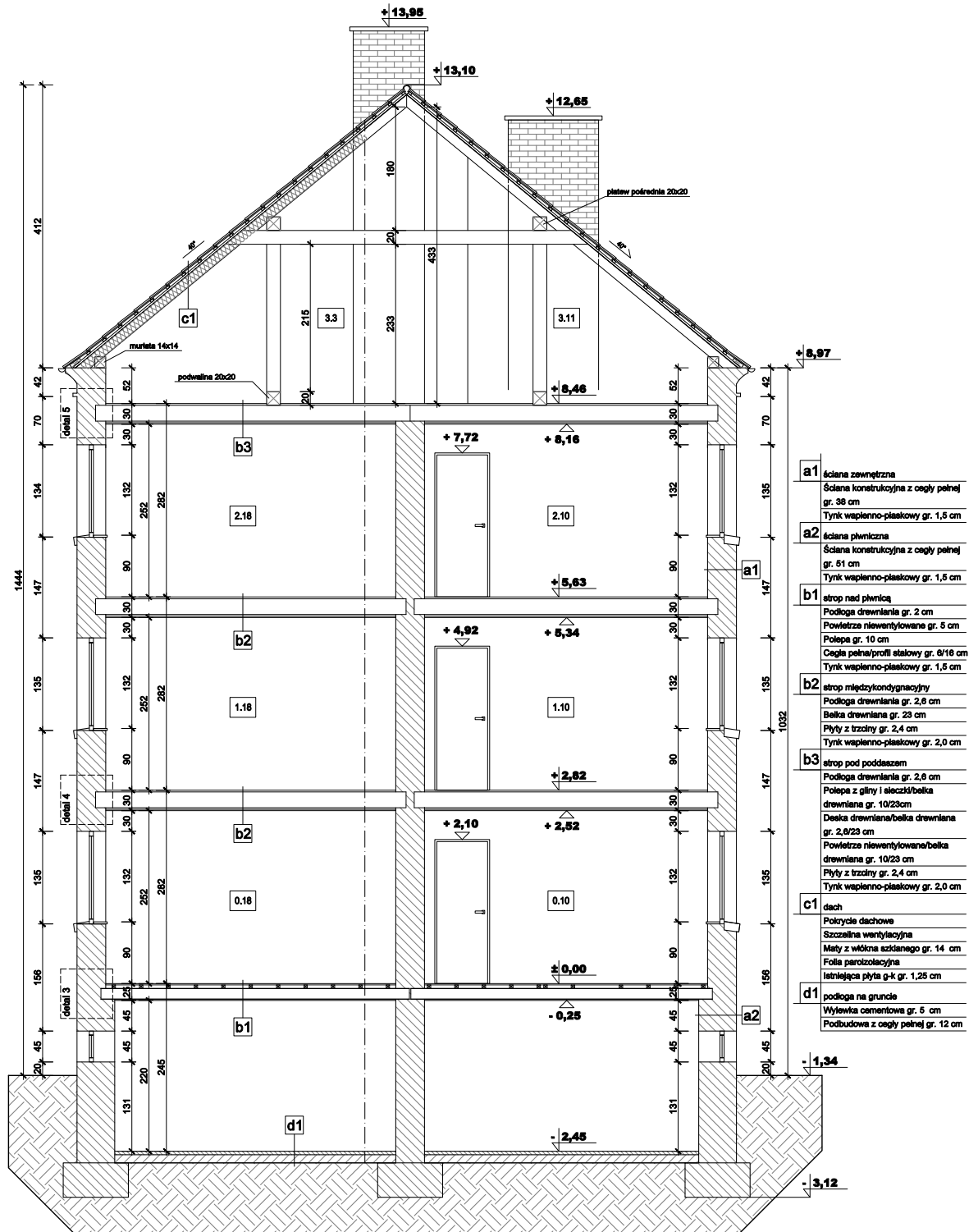
Wysokość	ok. 14 m
Pow. użytkowa	1287,00 m ²
Kubatura	7727,37 m ³
Liczba kondygnacji nadziemnych	4
Liczba kondygnacji podziemnych	1



il. 1. Fragment elewacji frontowej
w stanie istniejącym.



rys. 2. Rzut parteru analizowanego budynku [2], stan istniejący.



rys. 3. Schematyczny przekrój poprzeczny analizowanego budynku [2], stan istniejący.

DANE DOTYCZĄCE ŚRODOWISKA WEWNĘTRZNEGO I ZEWNĘTRZNEGO

ROZDZIAŁ 3

W budynku wyróżnić można strefę ogrzewaną, na którą składają się lokale mieszkalne (całość parteru, I piętra, II piętra oraz fragment poddasza środkowego segmentu budynku) oraz strefy nieogrzewane, do których zalicza się:

- piwnice,
- klatki schodowe,
- część niemieszkalna poddasza (strychy).

W części ogrzewanej budynku panują następujące temperatury eksploatacyjne:

- **pokoje, pomieszczenia komunikacyjne, kuchnie: 20°C,**
- **łazienki: 24°C.**

Obiekt zlokalizowany we Wrocławiu. Do obliczeń energetycznych oraz ciepłno-wilgotnościowych przyjmuje się parametry klimatu zewnętrznego zawarte w bazie klimatycznej stacji WROCŁAW (dane klimatyczne zawarte na stronie internetowej Ministerstwa Inwestycji i Rozwoju - <https://www.gov.pl/web/archiwum-inwestycje-rozwoj/dane-do-obliczen-energetycznych-budynkow>).

W tabeli 2 zestawiono średnie miesięczne temperatury powietrza zewnętrznego oraz średnie miesięczne wartości wilgotności względnej powietrza zewnętrznego zebrane na podstawie danych zamieszczonych dla stacji klimatycznej WROCAŁW.

Tab. 2. Warunki klimatyczne dla stacji WROCŁAW.

miesiąc	t_e [°C]	φ_e [%]
I	-0,4	84
II	-0,7	86
III	2,8	78
IV	7,3	72
V	12,7	73
VI	17,3	74
VII	16	74
VIII	17,8	72
IX	13,4	78
X	8,9	83
XI	3,8	88
XII	-1,1	87

DANE MATERIAŁOWE PRZEGRÓD W STANIE ISTNIEJĄCYM

ROZDZIAŁ 4

Poniżej przedstawiono opis wybranych przegród budowlanych przeznaczonych do termomodernizacji.

ŚCIANY

- **Ściany zewnętrzne** kondygnacji nadziemnych wykonano z drobnowymiarowych elementów ceramicznych – cegła ceramiczna pełna o grubości 38 cm otynkowana od strony wewnętrznej tynkiem wapienno-piaskowym o grubości ok. 1,5 cm.
- **Ściany wewnętrzne nośne** murowane z drobnowymiarowych elementów ceramicznych - cegła ceramiczna pełna o gr. 25 cm, obustronnie otynkowana tynkiem wapienno-piaskowym o grubości ok. 1,5 cm.
- **Ściany działowe** murowane z drobnowymiarowych elementów ceramicznych - cegła ceramiczna pełna o gr. 12 cm, obustronnie otynkowana tynkiem wapienno-piaskowym o grubości ok. 1,5 cm.
- **Ściany kondygnacji piwnicznej** murowane z drobnowymiarowych elementów ceramicznych - cegła ceramiczna pełna o grubości 51 cm nieotynkowane.

Tab. 3. Opis warstw materiałowych dla ściany zewnętrznej w stanie istniejącym.

L.p.	Nazwa warstwy
1.	zewnątrzna strona przegrody
2.	mur z cegły pełnej gr. 38 cm
3.	tynk wapienno-piaskowy gr. 1,5 cm
4.	wewnętrzna strona przegrody

Tab. 4. Opis warstw materiałowych dla ściany wewnętrznej w stanie istniejącym.

L.p.	Nazwa warstwy
1.	wewnętrzna strona przegrody
2.	tynk wapienno-piaskowy gr. 1,5 cm
3.	mur z cegły pełnej gr. 12 cm
4.	tynk wapienno-piaskowy gr. 1,5 cm
5.	wewnętrzna strona przegrody

DACHY

- **Dach nad częścią główną budynku** w konstrukcji drewnianej płatwiowokleszczowej, czterospadowy. Pokrycie stanowi dachówka ceramiczna. Wariantowo rozpatruje się układ z pokryciem w postaci papy.

Tab. 5. Opis warstw materiałowych dachu skośnego w stanie istniejącym.

L.p.	Nazwa warstwy
1.	zewnątrzna strona przegrody
2.	pokrycie dachowe
3.	szczelina wentylacyjna
4.	istniejąca membrana paroprzepuszczalna, krokiew h=14 cm
5.	maty z włókna szklanego gr. 14 cm
6.	folia paroizolacyjna (PE)
7.	istniejąca płyta g-k gr. 1,25 cm
8.	wewnętrzna strona przegrody

- **Dach nad dobudówką** płaski w konstrukcji żelbetowej (spadek ukształtowany za pomocą zasypki żuźlowej). Pokrycie w postaci papy na szlichcie cementowej.

Tab. 6. Opis warstw materiałowych dachu płaskiego w stanie istniejącym.

L.p.	Nazwa warstwy
1.	zewnątrzna strona przegrody
2.	papa
3.	płyta pilśniowa gr. 1,8 cm
4.	szlichta cementowa gr. 3 cm
5.	żużel paleniskowy 5 ÷ 26 cm
6.	płyta żelbetowa gr. 15 cm
7.	tynek wapienno-piaskowy gr. 1,5 cm
8.	wewnętrzna strona przegrody

STROP NAD PIWNICĄ

- **Strop stalowo-ceramiczny** typu Kleina

Tab. 7. Opis warstw materiałowych stropu nad piwnicą w stanie istniejącym.

L.p.	Nazwa warstwy	
1.	wewnętrzna strona przegrody	
2.	podłoga drewniana gr. 2 cm	
3.	powietrze niewentylowane gr. 5 cm	
4.	polepa gr. 10 cm	beton + stal h=16 cm
5.	cegła pełna + zaprawa gr. 6 cm	
6.	tynk wapienno-piaskowy gr. 1,5 cm	
7.	zewnątrzna strona przegrody	

STROP POD PODDASZEM

- **Stropy drewniane belkowe** ze ślepym pułapem i wypełnieniem z polepy

Tab. 8. Opis warstw materiałowych stropu międzykondygnacyjnego oraz stropu pod poddaszem nieogrzewanym w stanie istniejącym.

L.p.	Nazwa warstwy	
1.	zewnątrzna strona przegrody	
2.	podłoga drewniana gr. 2,6 cm	
3.	polepa z gliny i siewki gr. 10 cm	belka drewniana h= 23 cm
4.	deska drewniana (ślepy pułap) gr. 2,6 cm	
5.	powietrze niewentylowane gr. 10,4 cm	
6.	płyty z trzciny gr. 2,4 cm	
7.	tynk wapienno-piaskowy gr. 2,0 cm	
8.	wewnętrzna strona przegrody	

PODŁOGA NA GRUNCIE

- W dobudówce szczytowej na poziomie parteru **podłoga na gruncie z wylewką cementową na podbudowie ceramicznej.** Posadzka w postaci warstwy linoleum gr. 3 mm.

Tab. 9. Opis warstw materiałowych podłogi na gruncie – stan istniejący.

L.p.	Nazwa warstwy
1.	linoleum (posadzka) gr. 0,3 cm
2.	wylewka cementowa gr. 5 cm
3.	podbudowa z cegły pełnej gr. 12 cm

STOLARKA OKIENNA

- **Okna w mieszkaniach nowe z ramami PVC** (lokatorzy dokonują wymiany we własnym zakresie).
- **Okna na klatkach schodowych nowe z ramami PVC.**
- **Okna w piwnicach nowe z ramami PVC.**

STOLARKA DRZWIOWA

- **Drzwi wejściowe do budynku nowe drewniane.**
- **Drzwi wewnętrzne do lokali – drzwi nowe płycinowe** (lokatorzy dokonują wymiany we własnym zakresie).

WYMAGANIA STAWIANE PRZEGRODOM PODDAWANYM TERMOMODERNIZACJI

ROZDZIAŁ 5

5.1. WYMAGANIA POD WZGLĘDEM OSZCZĘDNOŚCI ENERGII I IZOLACYJNOŚCI CIEPLNEJ

Przegrody poddawane termomodernizacji powinny spełniać następujące wymagania w zakresie izolacyjności cieplnej i oszczędności energii:

izolacyjność termiczna - wyrażona poprzez graniczną wartość współczynnika przenikania ciepła $U_{C(max)}$ – m^2 podane w załączniku nr 2 do Rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. 2019 poz. 1065 z późniejszymi zmianami). W zależności od temperatury pomieszczenia ogrzewanego t_i , dla przegród budowlanych w rozpatrywanym budynku wymagania przedstawiano w tabeli 10.

Tab. 10. Wymagania izolacyjności termicznej (uwzględniono typy przegród występujących w analizowanym obiekcie).

L.p.	Rodzaj przegrody i temperatura w pomieszczeniu	Współczynnik przenikania ciepła $U_{C(max)}$ [W/($m^2 \cdot K$)] od 31 grudnia 2020 r.
1.	2.	3.
1	Ściany zewnętrzne: przy $t_i > 16^\circ C$	0,2
2	Ściany wewnętrzne: oddzielające pomieszczenie ogrzewane od nieogrzewanego	0,3
3	Ściany nieogrzewanych kondygnacji podziemnych	bez wymagań
4	Dachy, stropodachy i stropy pod nieogrzewanymi poddaszami lub nad przejazdami: przy $t_i > 16^\circ C$	0,15
6	Podłogi na gruncie: przy $t_i > 16^\circ C$	0,3
7	Stropy nad pomieszczeniami nieogrzewanymi i zamkniętymi przestrzeniami podpodłogowymi: przy $t_i > 16^\circ C$	0,25

Warunek izolacyjności termicznej uznaje się za spełniony, gdy obliczeniowy współczynnik przenikania ciepła U_C spełnia następującą nierówność:

$$U_C \leq U_{C(\max)}$$

- **kondensacja powierzchniowa** - wyrażona poprzez wartość krytyczną czynnika temperaturowego przegrody $f_{Rsi, \max}$, którą wyznaczana jest zgodnie z metodologią podaną w normie PN-EN ISO 13788:2013-05 – Ciepłno-wilgotnościowe właściwości komponentów budowlanych i elementów budynku – Temperatura powierzchni wewnętrznej konieczna do uniknięcia krytycznej wilgotności powierzchni i kondensacji międzywarstwowej – Metody obliczania. Niniejszy wymóg wynika z zapisów § 321. ust. 1. i ust. 3. Rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie.

Warunek kondensacji powierzchniowej uznaje się za spełniony, gdy czynnik temperaturowy na powierzchni wewnętrznej przegrody f_{Rsi} spełnia następującą nierówność:

$$f_{Rsi} \geq f_{Rsi, \max}$$

- kondensacja międzywarstwowa – sprawdzenie, czy w projektowanej przegrodzie nie dochodzi do narastania zawilgocenia w kolejnych latach, spowodowanego zjawiskiem kondensacji pary wodnej. Niniejszy wymóg wynika z zapisów § 321. ust. 2. i 3. Rozporządzenia [5.2].

Warunek kondensacji międzywarstwowej uznaje się za spełniony, gdy projektant wykaże brak kondensacji międzywarstwowej w okresie zimowym bądź wykaże, iż nadmiar wilgoci wewnątrz przegrody ulegnie odparowaniu w okresie letnim.

Procedurę sprawdzenia kondensacji międzywarstwowej prowadzi się zgodnie z metodologią opisaną w normie PN-EN ISO 13788:2013-05 – Ciepłno-wilgotnościowe właściwości komponentów budowlanych i elementów budynku – Temperatura powierzchni wewnętrznej konieczna do uniknięcia krytycznej wilgotności powierzchni i kondensacji międzywarstwowej – Metody obliczania.

Zgodnie z zapisami § 321 ust. 2 Rozporządzenia [5.2] sprawdzenie ryzyka wystąpienia kondensacji międzywarstwowej przeprowadza się dla przegród zewnętrznych.

Zaleca się sprawdzenie ryzyka wystąpienia kondensacji międzywarstwowej przy zastosowaniu zaawansowanych narzędzi komputerowych wykorzystujących metody numeryczne (np. program WUFI). Takie analizy szczególnie zalecane są w przypadku projektowania ociepleń od strony wewnętrznej budynku.

- szczelność powietrzna – zgodnie z punktem 2.3.1. załącznika nr 2 do Rozporządzenia [5.2] przegrody zewnętrzne nieprzeźroczyste, złącza między przegrodami i częściami przegród, przejścia elementów instalacyjnych oraz połączenia okien z ościeżami należy projektować i wykonywać pod kątem osiągnięcia ich całkowitej szczelności na przenikanie powietrza. W punkcie 2.3.3. załącznika nr 2 przywołanego Rozporządzenia zawarto zapisy dotyczące zalecanej szczelności powietrznej budynków:

- budynki z wentylacją grawitacyjną lub wentylacją hybrydową: $n_{50} < 3,0$ 1/h,
- budynki z wentylacją mechaniczną lub klimatyzacją: $n_{50} < 1,5$ 1/h,

gdzie n_{50} jest krotnością wymiany powietrza w budynku w ciągu godziny przy różnicy ciśnienia pomiędzy środowiskiem wewnętrznym i zewnętrznym równej 50 Pa.

5.2. WYMAGANIA OCHRONY PRZECIWPÓŻAROWEJ

DANE PODSTAWOWE

Budynek zlokalizowany we Wrocławiu przy ul. Szyszkowej 58.

Budynek wielorodzinny mieszkalny.

Wysokość	ok. 14 m
Pow. użytkowa	1287,00 m ²
Kubatura	7727,37 m ³
Liczba kondygnacji nadziemnych	4
Liczba kondygnacji podziemnych	1

USYTUOWANIE Z UWAGI NA BEZPIECZEŃSTWO POŻAROWE

Przeprowadzone prace remontowe pozostają bez wpływu na lokalizację budynku i wymagania w zakresie usytuowania budynku z uwagi na bezpieczeństwo pożarowe.

PARAMETRY WYSTĘPUJĄCYCH MATERIAŁÓW PALNYCH

- [1]** Przegrody budynku ocieplane będą przy użyciu mat i płyt z niepalnej wełny mineralnej – klasa reakcji na ogień A1.
- [2]** Zastosowane materiały (wyroby budowlane) będą posiadać deklaracje zgodności i aprobaty techniczne.
- [3]** Roboty ociepleniowe będą wykonywane w sposób zapewniający nierozprzestrzenianie ognia przez elementy ocieplenia.
- [4]** Prowadzenie prac i szczegóły wykonania zgodne z Warunkami Technicznymi Wykonania i Odbioru Robót, część C: zabezpieczenia i izolacje, zeszyt 8 zawartymi w instrukcji ITB 447/2009.

KATEGORIA ZAGROŻENIA LUDZI

Przedmiotowy budynek został zakwalifikowany do kategorii zagrożenia ludzi ZL IV.

Obiekt stanowi jedną strefę pożarową.

OCENA ZAGROŻENIEM WYBUCHEM

W obiekcie nie występują pomieszczenia zagrożone wybuchem.

KWALIFIKACJA BUDYNKU ZE WZGLĘDU NA GRUPĘ WYSOKOŚCI

Obiekt zaliczono do budynków **N** (niskie) do 12 m włącznie nad poziomem terenu lub **mieszkalne o wysokości do 4 kondygnacji nadziemnych włącznie.**

Niniejszy projekt budowlany dotyczy budynku zakwalifikowanego do grupy budynków niskich (N).

Niniejszy projekt budowlany nie dotyczy odbudowy, rozbudowy, nadbudowy, przebudowy ani zmiany sposobu użytkowania obiektu budowlanego, a rozwiązania projektowane nie dotyczą warunków ochrony przeciwpożarowej.

W związku z powyższym, zgodnie z § 3 ust. 2 Rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 17 września 2021 r. w sprawie uzgadniania projektu zagospodarowania działki lub terenu, projektu architektoniczno-budowlanego, projektu technicznego oraz projektu urządzenia przeciwpożarowego pod względem zgodności z wymaganiami ochrony przeciwpożarowej (Dz.U. z 2021 r. poz. 1722) uzgodnienie z rzeczoznawcą do spraw przeciwpożarowych nie jest wymagane.

5.3. WYMAGANIA OCHRONY KONSERWATORSKIEJ

Zgodnie z *Uchwałą nr 123 w sprawie uchwalenia miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego* obiekt znajduje się na terenie oznaczonym symbolem: 111/MW - tereny zabudowy mieszkaniowej wielorodzinnej. Budynek jest wpisany do Gminnej Ewidencji Zabytków.

Poniżej zamieszczono wyciąg z MPZP dot. przedmiotowego budynku z uwzględnieniem zakresu planowanych robót.

„§ 8. Zasady ochrony dziedzictwa kulturowego i zabytków. (...)

3. Wyznacza się następujące obiekty objęte ochroną w planie: (...)

12) budynek mieszkalny przy ul. Szyszkowej 58; (...)

4. Dla budynków wymienionych w ust. 3 ustala się:

1) nakaz zachowania cech stylowych budynków, w szczególności: gabarytów i formy, kształtów, spadków i rodzaju pokrycia dachów, wystroju elewacji i detali architektonicznych oraz proporcji, wielkości i podziałów stolarki okiennej i drzwiowej;

2) nakaz stosowania kolorystyki zgodnej ze stylem architektonicznym;

3) nakaz stosowania jednolitej kolorystyki elewacji dla całego zespołu budynków;

4) zakaz wykonywania tynków oraz ocieplenia niszczącego lub przysłaniającego detale architektoniczne na ceglanych elewacjach;

5) dopuszcza się lokalizację reklam na budynkach z zachowaniem następujących zasad:

a. maksymalna powierzchnia reklamy - 1,5 m²,

b. realizacja reklam wyłącznie w obrębie kondygnacji parterowej,

c. maksymalna powierzchnia reklam na elewacji - 3% powierzchni tej elewacji,

d. zakaz realizacji reklam niezwiązanych bezpośrednio z działalnością gospodarczą prowadzoną w budynku; ...”



Na podstawie analizy zapisów miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego i Konsultacji z Miejskim Konserwatorem Zabytków ustalono, iż ochronie konserwatorskiej podlegają ściany zewnętrzne oraz dach budynku. W przypadku elewacji frontowej możliwe jest jej ocieplenie wyłącznie od strony wewnętrznej analizowanego budynku. Pozostałe ściany można poddać pracom ociepleniowym od strony zewnętrznej, z zastrzeżeniem zastosowania dla ściany szczytowej południowej zlokalizowanej od strony ul. Modrzewiowej ocieplenia o maksymalnej grubości nieprzekraczającej 10 cm w celu utrzymania pierwotnego charakteru elewacji oraz kształtu i proporcji obiektu. Pozostałe ściany zewnętrzne bez ograniczeń co do grubości ocieplenia.

OCENA STANU TECHNICZNEGO PRZEGRÓD

ROZDZIAŁ 6

6.1. ŚCIANY ZEWNĘTRZNE

W niniejszym punkcie dokonano oceny stanu technicznego przegród będących przedmiotem opracowania pod kątem ich termomodernizacji. Przeanalizowano dokumentację archiwalną oraz dokumenty udostępnione przez Zarządcę obiektu (książkę obiektu, przeglądy okresowe). Zrealizowano wizję lokalną na obiekcie oraz badania makroskopowe przegród przewidzianych do termomodernizacji. Przeprowadzono również konsultacje z Miejskim Konserwatorem Zabytków w kontekście możliwych ograniczeń prac ociepleniowych w przegrodach objętych ochroną konserwatorską.

Zagadnienia architektoniczne

KROK 1

Analiza dotycząca zagadnienia ochrony konserwatorskiej

Ustalenie możliwości ocieplenia ścian zewnętrznych w kontekście ochrony konserwatorskiej. Przeprowadzono konsultacje z Miejskim Konserwatorem Zabytków odnośnie możliwości ocieplenia ścian zewnętrznych. Na podstawie uzgodnień z Miejskim Konserwatorem Zabytków ustalono następujące założenia projektowe:

- elewacja frontowa od strony ulicy Szyszkowej podlega ścisłej ochronie konserwatorskiej, w związku z czym **możliwe jest jej ocieplenie wyłącznie od strony wewnętrznej budynku;**
- elewacja szczytowa od strony ulicy Modrzewiowej podlega częściowej ochronie konserwatorskiej, w związku z czym MKZ dopuścił **możliwość ocieplenia wskazanej elewacji od strony zewnętrznej przy założeniu ograniczenia grubości ocieplenia do maksymalnie 10 cm;**
- pozostałe ściany zewnętrzne przedmiotowego budynku bez ograniczeń co do grubości ocieplenia. Dobór grubości ocieplenia od strony zewnętrznej w oparciu o przepisy techniczno-budowlane.

KROK 2

Doprecyzowanie metody ocieplenia

Ustalenie rozwiązań ocieplenia ścian zewnętrznych. Bazując na ustaleniach poczynionych z MKZ, przyjęto następujące rozwiązania w zakresie poprawy ochrony cieplnej ścian zewnętrznych:

- ściana zewnętrzna elewacji frontowej (od strony ulicy Szyszkowej) – **ocieplenie od strony wewnętrznej budynku w metodzie suchej zabudowy (materiał ociepleniowy stanowi wełna mineralna);**
- ściana zewnętrzna elewacji szczytowej od strony ulicy Modrzewiowej – **ocieplenie od strony zewnętrznej w metodzie ETICS (materiał ociepleniowy stanowią płyty z wełny mineralnej dedykowane do stosowania w metodzie ETICS).** Grubość warstwy ocieplenia nie większa niż 10 cm;
- pozostałe ściany zewnętrzne – **ocieplenie od strony zewnętrznej w metodzie ETICS (materiał ociepleniowy stanowią płyty z wełny mineralnej dedykowane do stosowania w metodzie ETICS).** Grubość warstwy ocieplenia na podstawie szczegółowych obliczeń cieplno-wilgotnościowych.

KROK 3

Stolarka okienna i drzwiowa

Podczas wizji lokalnej rozpoznano sposób osadzenia okien i drzwi w ścianach zewnętrznych. Istniejące rozwiązania uwzględniono w dokumentacji rysunkowej. Przeprowadzono ocenę stanu technicznego stolarki (stan techniczny dobry). Element nie stanowi przedmiotu niniejszego opracowania.

ISOVER
SAINT-GOBAIN

weber
SAINT-GOBAIN

trwałość

na lata



KOMPLETNY SYSTEM OCIEPLEŃ ETICS **weber.therm WM**



NISKIE KOSZTY OGRZEWANIA

Dobra izolacja termiczna
Wełna Fasoterm 0,035 W/(mK).
Ciepło zimą, chłodno latem.



ESTETYKA WYKOŃCZENIA

Ponad 320 kolorów tynków!
Najmodniejsze kolory
elewacji.



CZYSTA ELEWACJA

Tynk AquaBalance samoregulujący
stopień zawilgocenia, odporny
na porostanie mchem i grzybami.

System wielokrotnie nagradzany:



Zobacz fim:



isover.pl

pl.weber

SAINT-GOBAIN

KROK 4

Ukształtowanie cokołu ścian zewnętrznych

Podczas wizji lokalnej rozpoznano istniejące rozwiązanie ścian cokołowych w analizowanym obiekcie. Ustalono, iż w stanie istniejącym cokół jest wysunięty o grubość tynku zewnętrznego (tynk stanowiący wykończenie ścian piwnic). W warstwie konstrukcyjnej ściany piwnic i nadziemne tworzą jedną płaszczyznę od strony zewnętrznej. Przeprowadzono pomiary wysunięcia cokołu oraz jego wysokości nad poziomem terenu. Pomiary i oględziny uwzględniono w dokumentacji rysunkowej.

Zgodnie z zapisami miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego dopuszcza się możliwość ukształtowania cokołu cofniętego w przypadku ścian przewidzianych do ocieplenia od strony zewnętrznej.

KROK 5

Połączenie ścian z innymi przegrodami

Podczas oględzin na obiekcie rozpoznano połączenia ścian zewnętrznych z innymi przegrodami w kontekście projektowanych prac ociepleniowych. Rozwiązania połączeń uwzględniono w dokumentacji rysunkowej opracowania. Wyodrębniono szczegółowo następujące węzły konstrukcyjne, które w dalszej części opracowania poddano szczegółowej analizie numerycznej:

- naroże wypukłe ścian zewnętrznych,
- połączenie ściany zewnętrznej i ściany wewnętrznej,
- połączenie ściany zewnętrznej i dachu płaskiego,
- połączenie ściany zewnętrznej i stropu międzykondygnacyjnego,
- połączenie ściany zewnętrznej i dachu skośnego,
- połączenie ściany zewnętrznej i podłogi na gruncie,
- połączenie ściany zewnętrznej i stropu nad piwnicą.

KROK 6

Ochrona przeciwpożarowa

Analizowany budynek rozpoznano pod kątem odległości ścian zewnętrznych od najbliższych położonych granic działki ewidencyjnej. Ustalono, iż we wszystkich przypadkach odległość ścian od granic działek jest większa niż 4 m.

KROK 7

Identyfikacja elementów wzmacniających konstrukcję

Podczas oględzin na obiekcie nie rozpoznano na elewacjach elementów metalowych wzmacniających konstrukcję budynku.

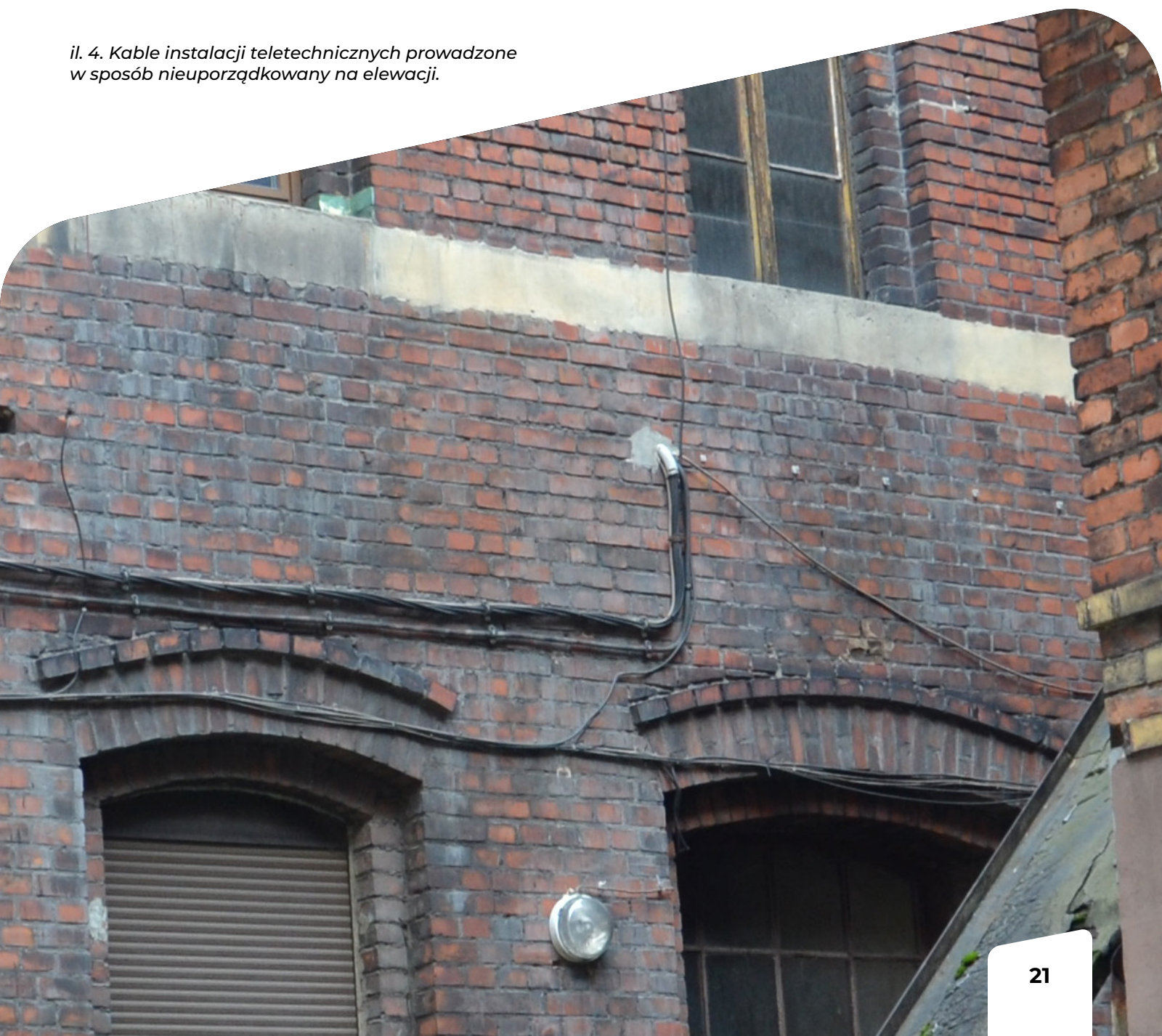
KROK 8

Identyfikacja przebiegu instalacji na elewacjach

Podczas oględzin na obiekcie rozpoznano prowadzone w sposób nieuporządkowany przewody teletechniczne (kable internetowe, kable antenowe).

Przed rozpoczęciem prac ociepleniowych konieczne jest uporządkowanie kabli na elewacjach.

il. 4. Kable instalacji teletechnicznych prowadzone w sposób nieuporządkowany na elewacji.



Zagadnienia konstrukcyjne

KROK 1

Analiza archiwalnej dokumentacji technicznej

Przeanalizowano dokumenty, jakie udostępnione zostały przez Zarządcę obiektu (dokumentacja archiwalna, raport z przeglądu okresowego, książka obiektu budowlanego). Informacje pozyskane z tychże dokumentów uwzględniono w części rysunkowej i rozwiązaniach technicznych.

KROK 2

Doprecyzowanie metody ocieplenia ścian

Ustalenie rozwiązań ocieplenia ścian zewnętrznych. Przyjęto następujące rozwiązania w zakresie poprawy ochrony cieplnej ścian zewnętrznych:

- ściana zewnętrzna elewacji frontowej (od strony ulicy Szyszkowej) – ocieplenie od strony wewnętrznej budynku w metodzie suchej zabudowy (materiał ociepleniowy stanowi wełna mineralna);
- ściana zewnętrzna elewacji szczytowej od strony ulicy Modrzewiowej – ocieplenie od strony zewnętrznej w metodzie ETICS (materiał ociepleniowy stanowią płyty z wełny mineralnej dedykowane do stosowania w metodzie ETICS). Grubość warstwy ocieplenia nie większa niż 10 cm;
- pozostałe ściany zewnętrzne – ocieplenie od strony zewnętrznej w metodzie ETICS (materiał ociepleniowy stanowią płyty z wełny mineralnej dedykowane do stosowania w metodzie ETICS). Grubość warstwy ocieplenia na podstawie szczegółowych obliczeń cieplno-wilgotnościowych.

KROK 3

Badania makroskopowe

W ramach analizy makroskopowej przeprowadzono badania ogólne polegające na oględzinach rozpatrywanych ścian zewnętrznych nieuzbrojonym okiem. Podczas oględzin nie było konieczności korzystania z urządzeń pomocniczych. Stwierdzono występowanie następujących nieprawidłowości:

- Rozległe zabrudzenia elewacji związane z wieloletnią eksploatacją budynku.

Diagnostyka: na podstawie oględzin ścian zewnętrznych okiem nieuzbrojonym podczas wizji lokalnej (badanie makroskopowe).



il. 5. Badania makroskopowe muru ścian zewnętrznych - rozległe zabrudzenia elewacji.

- Lokalne spękania muru o szerokości dochodzącej maksymalnie do 5 mm widoczne na północnej i zachodniej elewacji.

Diagnostyka: oględziny okiem nieuzbrojonym podczas wizji lokalnej (badanie makroskopowe), pomiary szerokości rozwarcia rys przeprowadzone przy użyciu rysomierzy.

il. 6. Badania makroskopowe muru ścian zewnętrznych - spękanie pionowe muru oraz lokalne ubytki i zabrudzenia cegieł.





- Lokalne ubytki i wykruszenia cegieł oraz wypłukanie zaprawy w spoinach muru (w obrębie przyziemia).

Diagnostyka: na podstawie oględzin ścian zewnętrznych okiem nieuzbrojonym podczas wizji lokalnej (badanie makroskopowe).

il. 7. Badania makroskopowe muru ścian zewnętrznych - widoczne ubytki i uszkodzenia cegieł, wypłukania zaprawy oraz rozluźnienie struktury muru w strefie parteru.

- Lokalne ogniska korozji biologicznej w postaci glonów (alg) oraz lokalne porastanie mchem na ścianie północnej w obrębie strefy cokołowej.

Diagnostyka: na podstawie oględzin ścian zewnętrznych okiem nieuzbrojonym podczas wizji lokalnej (badanie makroskopowe). Pobranie próbek z porażonej ściany zewnętrznej i analiza mikroskopowa mikroorganizmów (stwierdzono występowanie glonów). Nie stwierdzono utraty spoiwości zaprawy.

il. 8. Badania makroskopowe muru ścian zewnętrznych - wykwity glonów na murze ceglany.





il. 9. Pomiar szerokości spękania konstrukcji murowej ściany zewnętrznej.

KROK 4

Analiza dotycząca spękań i zarysowań ścian

Podczas badań makroskopowych zidentyfikowano wszystkie spękania konstrukcji murowej ścian zewnętrznych. Przeprowadzono pomiary szerokości rozwarcia za pomocą mierników rozwarcia rys (tzw. rysomierze). Na budynku w ostatnim czasie prowadzony był monitoring spękań za pomocą wskaźników rozwarcia rys. Na podstawie udostępnionego przez Zarządcę raportu z monitoringu ustalono, iż opisywane uszkodzenia nie podlegają propagacji (nie poszerzają się, nie zwiększają swojej długości). Uszkodzenia zakwalifikowano jako ustabilizowane. Brak czynników stwarzających zagrożenie dla konstrukcji budynku.

KROK 5

Określenie sposobu wyeliminowania lub przynajmniej zminimalizowania przyczyn występujących uszkodzeń

W oparciu o przeprowadzone oględziny uszkodzeń podczas wizji lokalnej ustalono zakres działań niezbędnych do ich wyeliminowania. Wskazano tutaj następujące czynności:

- oczyszczenie elewacji z zabrudzeń oraz wykwitów mikroorganizmów,
- dezynfekcja środkami chemicznymi fragmentów elewacji porażonych glonami,
- zszycie zarysowań muru ceglanego systemowymi prętami wzmacniającymi,
- uzupełnienie ubytków cegieł i zaprawy w spoinach.

KROK 6

Ocena stanu technicznego zaprawy w spoinach muru

W ramach wizji lokalnej przeprowadzono oględziny oraz badania zaprawy w spoinach muru ścian zewnętrznych. Stwierdzono ubytki zaprawy w spoinach ścian zewnętrznych w przyziemiu (wypłukania zaprawy). Wskazuje się na konieczność uzupełnienia spoin. Luźne i osypujące się fragmenty zaprawy należy usunąć oraz uzupełnić. W przypadku ściany elewacji frontowej przeprowadzono badania wodochłonności zaprawy w spoinach muru (w miejscach „zdrowych”) z użyciem rurki Karsten’a. Badanie wykazało, iż zaprawa w spoinach analizowanego muru wykazuje właściwości nieprzepuszczalne. Współczynnik pochłaniania wody WW w zakresie od $0,5 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h}0^5)$ do $2,0 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h}0^5)$.

KROK 7

Kontrola wizualna podłoża ściennego pod kątem występowania zmian chemicznych

Podczas wizji lokalnej przeprowadzono rozpoznanie porażenia konstrukcji murowej ścian zewnętrznych wykwitami soli budowlanych. Nie zaobserwowano śladów wykwitów solnych.

KROK 8

Sprawdzenie nośności podłoża ścian zewnętrznych

Z uwagi na brak powłok tynkarskich bądź malarskich na powierzchniach elewacji, dla ścian przewidzianych do ocieplenia w metodzie ETICS pominięto sprawdzenie nośności podłoża.

W przypadku ściany zewnętrznej elewacji frontowej, z uwagi na lokalizację ocieplenia od strony wewnętrznej budynku, przeprowadzono miejscowe badania przyczepności tynku wewnętrznego metodą pull off w wybranych pomieszczeniach. Badanie wykonano metodą pull off. Nośność podłoża sprawdzono przy użyciu urządzenia z miernikiem automatycznym, mierzącym naprężenie odrywające naciętą powłokę od podłoża w MPa. Wokół badanych powierzchni nacięto powłokę tynkarską na głębokość 15 mm. Do badanych powierzchni przyklejono krążek pomiarowy za pomocą kleju epoksydowego. Do każdego krążka przykładano siłownik, po czym następowało odrywanie krążka i odczyt wyniku siły odrywającej krążek. Uzyskano wyniki w zakresie $0,12 \div 0,13 \text{ MPa}$ (podłoże nośne).

KROK 9

Sprawdzenie równości i gładkości podłoża ściennego

Podczas wizji lokalnej przeprowadzono kontrolę równości i gładkości podłoża ściany zewnętrznej frontowej od strony wewnętrznej oraz pozostałych ścian zewnętrznych od strony zewnętrznej. W tym celu w kilku wybranych miejscach do ściany przyłożono łatę o długości 2 m i zmierzono wartość nierówności oraz odchyłeń przy użyciu narzędzi pomiarowych. Wyniki odniesiono do wartości podanych dla tynków kategorii II w tablicy 7 w instrukcji ITB nr 388/2011. Nie stwierdzono przekroczenia dopuszczalnych odchyłeń powierzchni badanego tynku.



il. 10. Kontrola równości podłoża ściany zewnętrznej.

KROK 10

Przeprowadzenie próby odporności na ścieranie podłoża ściennego

Podczas wizji lokalnej przeprowadzono ocenę stopnia zapylenia oraz osypywanie się podłoża ściennego od strony wewnętrznej (ściana frontowa) oraz od strony zewnętrznej (pozostałe ściany zewnętrzne). Kontrolę przeprowadzono od strony wewnętrznej (ściana frontowa) oraz zewnętrznej (ściany przewidziane do ocieplenia od zewnątrz). W wyniku przeprowadzonej kontroli nie stwierdzono pylenia, piaszczenia czy kredowania powierzchni ścian przewidzianych do ocieplenia.

Zagadnienia fizyki budowli

KROK 1

Analiza archiwalnej dokumentacji technicznej

Przeanalizowano dokumenty, jakie udostępnione zostały przez Zarządcę obiektu (dokumentacja archiwalna, raport z przeglądu okresowego, książka obiektu budowlanego). Informacje pozyskane z tychże dokumentów uwzględniono w części rysunkowej oraz w analizach energetycznych i cieplno-wilgotnościowych (informacje dotyczące rozwiązań materiałowych przegrody).

KROK 2

Doprecyzowanie metody ocieplenia ścian

Ustalenie rozwiązań ocieplenia ścian zewnętrznych. Przyjęto następujące rozwiązania w zakresie poprawy ochrony cieplnej ścian zewnętrznych:

- ściana zewnętrzna elewacji frontowej (od strony ulicy Szyszkowej) – ocieplenie od strony wewnętrznej budynku w metodzie suchej zabudowy (materiał ociepleniowy stanowi wełna mineralna);
- ściana zewnętrzna elewacji szczytowej od strony ulicy Modrzewiowej – ocieplenie od strony zewnętrznej w metodzie ETICS (materiał ociepleniowy stanowią płyty z wełny mineralnej dedykowane do stosowania w metodzie ETICS). Grubość warstwy ocieplenia nie większa niż 10 cm;
- pozostałe ściany zewnętrzne – ocieplenie od strony zewnętrznej w metodzie ETICS (materiał ociepleniowy stanowią płyty z wełny mineralnej dedykowane do stosowania w metodzie ETICS). Grubość warstwy ocieplenia na podstawie szczegółowych obliczeń cieplno-wilgotnościowych.

KROK 3

Badania makroskopowe

W ramach analizy makroskopowej przeprowadzono badania ogólne polegające na oględzinach rozpatrywanych ścian nieuzbrojonym okiem. Podczas oględzin nie było konieczności korzystania z urządzeń pomocniczych. W trakcie oględzin odnotowano wykwity mikroorganizmów w postaci glonów na ścianie północnej, zabrudzenia na wszystkich elewacjach oraz spękania muru.



il. 11. Pomiar wilgotności masowej ściany za pomocą wilgotnościomierza elektronicznego.

KROK 4

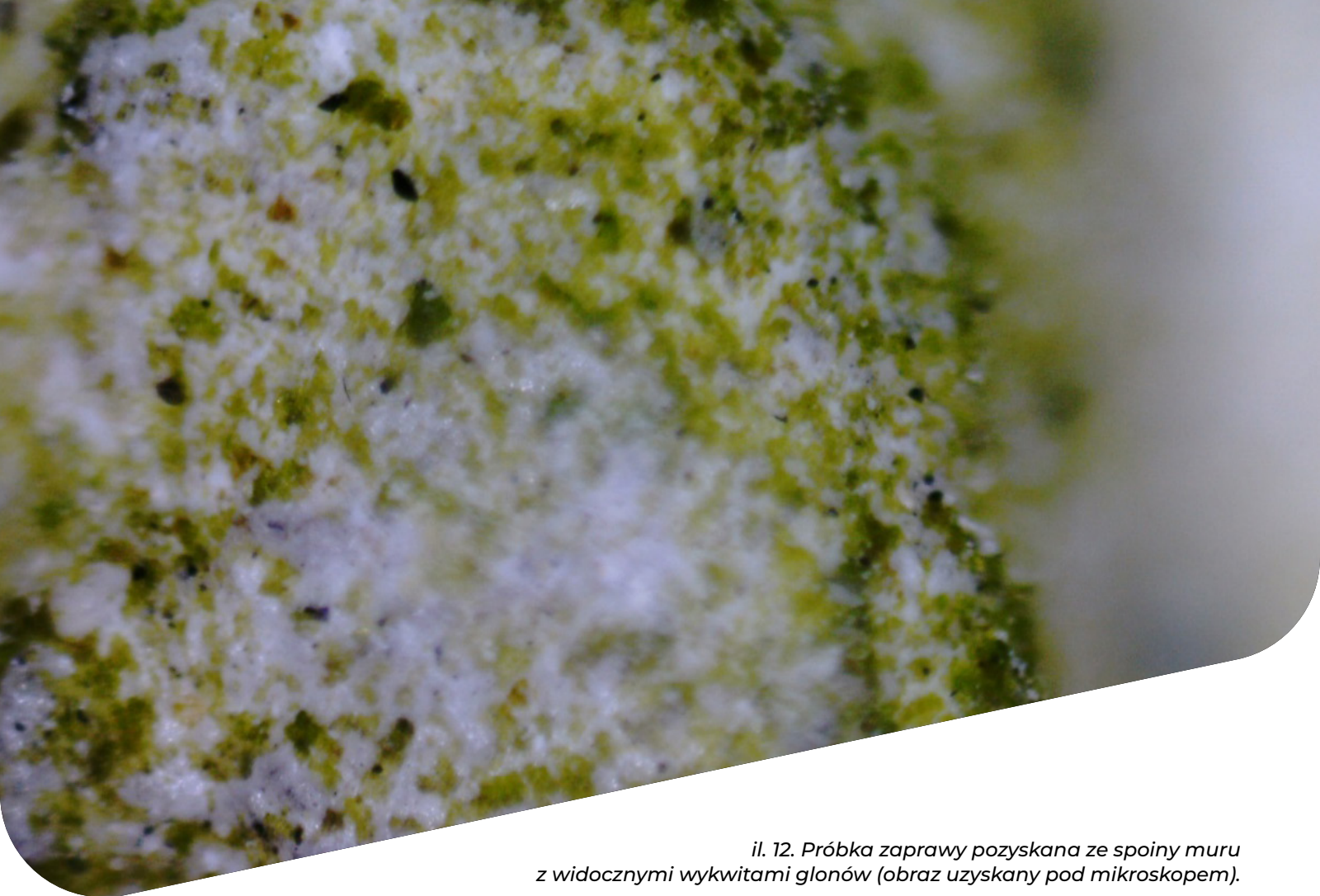
Badanie stopnia zawilgocenia podłoża ściennego

W ramach wizji lokalnej przeprowadzono pomiary wilgotności masowej ścian zewnętrznych z wykorzystaniem wilgotnościomierza elektronicznego. W literaturze polskiej [7] przyjmuje się następujący podział¹ ze względu na zawilgocenie murów (najczęściej ceramicznych):

- $W_m = 0-3\%$ – ściany o dopuszczalnej wilgotności,
- $W_m = 3-5\%$ – ściany o podwyższonej wilgotności,
- $W_m = 5-8\%$ – ściany średnio zawilgocone,
- $W_m = 8-12\%$ – ściany mocno zawilgocone,
- $W_m > 12\%$ – ściany mokre.

Pomiary przeprowadzono w pięciu różnych lokalizacjach w obszarze przyziemia. Uzyskano wyniki cząstkowe w zakresie od 2% do ok. 3%. Zgodnie z przytoczoną wyżej klasyfikacją można powiedzieć, iż analizowane ściany zewnętrzne wykazują dopuszczalną wilgotność masową.

¹ Patrz tabela 1.6 w: Rokiel M.: Hydroizolacje w budownictwie. Projektowanie. Wykonawstwo, Wyd. Grupa MEDIUM, wydanie III, Warszawa 2019 r.



il. 12. Próbką zaprawy pozyskana ze spoiny muru z widocznymi wykwitami glonów (obraz uzyskany pod mikroskopem).

KROK 5

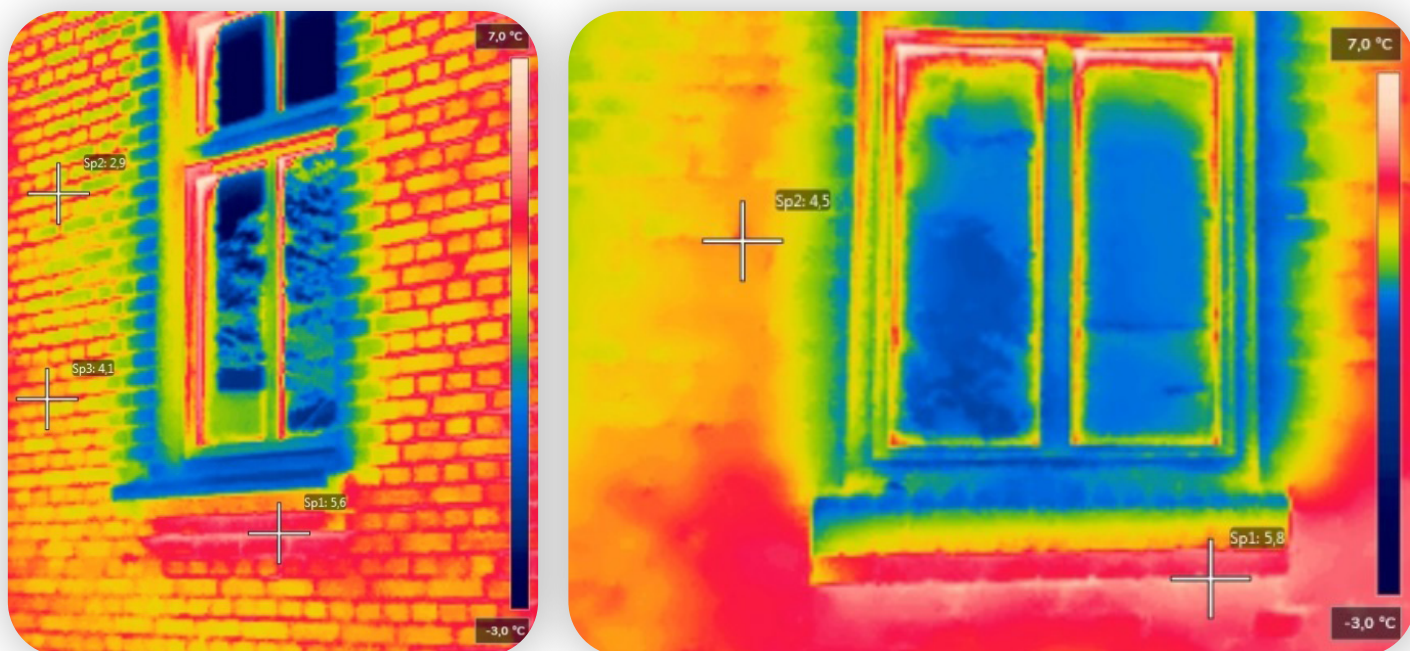
Kontrola elewacji pod kątem występowania mikroorganizmów

Podczas wizji lokalnej przeprowadzono oględziny ścian zewnętrznych pod kątem porażenia mikroorganizmami. Na elewacji północnej budynku stwierdzono lokalne porażenie glonami. Obecność glonów na elewacji potwierdziły oględziny pod mikroskopem próbki zaprawy pozyskanej ze spoiny muru.

KROK 6

Badania na potrzeby oceny stanu ochrony cieplnej ścian zewnętrznych

Analizowane ściany zewnętrzne poddano badaniom nieniszczącym w celu ustalenia stanu ich ochrony cieplnej (ocena jakościowa). W ramach badań nieniszczących przeprowadzono detekcję zaburzeń pola temperatury za pomocą kamery termowizyjnej (badanie termowizyjne). Badanie przeprowadzono od strony środowiska zewnętrznego w godzinach 22:00÷23:00. W dniu prowadzenia badań jak i w dniu poprzedzającym brak bezpośredniego oddziaływania promieniowania słonecznego na badane elewacje. Temperatura powietrza zewnętrznego podczas badania: -2°C. Temperatura wewnątrz budynku podczas pomiarów: +18 ÷ +23°C. Brak rejestrowanych podmuchów wiatru podczas termowizji (0 m/s). Brak opadów atmosferycznych podczas badania. Pomiarzy przy użyciu kamery termowizyjnej wykazały występowanie lokalnych silnych zaburzeń pola temperatury, co spowodowane jest niskim stanem ochrony cieplnej analizowanych przegród zewnętrznych.



il. 13., 14. Termogram wykonany od strony zewnętrznej budynku – wyraźne zaburzenia pola temperatury w obrębie stolarki okiennej (mostki termiczne na połączeniu ram okiennych z ościeżami) oraz w obszarze poza oknami.

KROK 7

Ocena stanu ochrony cieplnej ścian zewnętrznych

Dla analizowanych ścian zewnętrznych przeprowadzono kontrolne obliczenia izolacyjności termicznej – tj. współczynnika przenikania ciepła U_C w stanie istniejącym. Uzyskany wynik przyrównano do wartości granicznej współczynnika $U_{C(max)}$ określonej w Rozporządzeniu w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [5.2]. Wyniki obliczeń wskazują na brak spełnienia przez rozpatrywaną przegrodę wymaganej izolacyjności termicznej. Ściany zewnętrzne cechuje niski stan ochrony cieplnej. Na podstawie przeprowadzonych obliczeń izolacyjności termicznej dobrano rozwiązania projektowe ociepleń (w tym grubości oraz wartości współczynnika przewodzenia ciepła materiałów termoizolacyjnych) – patrz rozdział 8 niniejszego opracowania. Dla stanu projektowanego opracowano modele komputerowe wybranych połączeń konstrukcyjnych, dla których sprawdzono ryzyko wystąpienia kondensacji powierzchniowej (obliczenia symulacyjne przeprowadzono w programie PSI THERM 2D).

KROK 8

Ocena wpływu ocieplenia ścian zewnętrznych na całość budynku

Dla analizowanego budynku wykonano obliczenia zapotrzebowania na energię w stanie po modernizacji przegród ograniczających strefę ogrzewaną. W obliczeniach kompleksowo uwzględniono wszystkie planowane usprawnienia termomodernizacyjne, łącznie z ociepleniem ścian zewnętrznych (ocieplonych zarówno od strony wewnętrznej jak również od strony zewnętrznej budynku). Poprawa stanu ochrony cieplnej ścian zewnętrznych przyczyni się do zmniejszenia energochłonności rozpatrywanego obiektu (zmniejszenie strat ciepła przez ściany), zmniejszenia ryzyka wystąpienia kondensacji powierzchniowej i międzywarstwowej oraz poprawy warunków komfortu cieplnego w pomieszczeniach ogrzewanych.

6.2. ŚCIANY WEWNĘTRZNE

Ocenę stanu technicznego ścian wewnętrznych przeprowadzono pod kątem ich termomodernizacji.

Zagadnienia architektoniczne

KROK 1

Analiza dotycząca zagadnienia ochrony konserwatorskiej

Zgodnie z zapisami miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego rozpatrywana przegroda budowlana nie podlega ochronie konserwatorskiej.

KROK 2

Doprecyzowanie metody ocieplenia

Ustalenie rozwiązań ocieplenia ścian wewnętrznych. Przyjęto, iż analizowana przegroda zostanie ocieplona wełną mineralną w systemie suchej zabudowy z wykończeniem płytami gipsowo-kartonowymi. Ocieplenie zlokalizowane od strony nieogrzewanych części poddasza.

KROK 3

Analiza połączeń ścian wewnętrznych z innymi przegrodami

Podczas oględzin na obiekcie rozpoznano połączenia ścian wewnętrznych z innymi przegrodami w kontekście planowanej termomodernizacji. Wyodrębniono następujący węzeł konstrukcyjny, który w dalszej części opracowania poddano szczegółowej analizie numerycznej:

- połączenie ściany zewnętrznej i ściany wewnętrznej.

KROK 4

Identyfikacja przebiegu instalacji na analizowanej ścianie

Podczas oględzin na obiekcie rozpoznano przebieg instalacji w obrębie analizowanych ścian wewnętrznych poddasza. W trakcie wizji lokalnej nie zidentyfikowano elementów instalacyjnych od strony płaszczyzny przewidzianej do ocieplenia.

KROK 5

Analiza pod kątem spełnienia wymagań dotyczących minimalnych szerokości przejść, korytarzy, klatek schodowych

Podczas wizji lokalnej przeprowadzono oględziny przestrzeni strychowych, od stronnych których przewidziano lokalizację ocieplenia ścian wewnętrznych lokalu mieszkalnego poddasza. Wymagania prawne w zakresie minimalnych szerokości przejść komunikacyjnych nie zostaną naruszone wskutek ocieplenia analizowanej przegrody.

Zagadnienia konstrukcyjne

KROK 1

Analiza archiwalnej dokumentacji technicznej

Przeanalizowano dokumenty, jakie udostępnione zostały przez Zarządcę obiektu (dokumentacja archiwalna, raport z przeglądu okresowego, książka obiektu budowlanego). Informacje pozyskane z tychże dokumentów uwzględniono w części rysunkowej i rozwiązaniach technicznych.

KROK 2

Doprecyzowanie metody ocieplenia

Ustalenie rozwiązań ocieplenia ścian wewnętrznych. Przyjęto, iż analizowana przegroda zostanie ocieplona wełną mineralną w systemie suchej zabudowy z wykończeniem płytami gipsowo-kartonowymi. Ocieplenie zlokalizowane od strony nieogrzewanych części poddasza.

KROK 3

Analiza makroskopowa

W ramach analizy makroskopowej przeprowadzono badania ogólne polegające na oględzinach rozpatrywanych ścian nieuzbrojonym okiem. Podczas oględzin nie było konieczności korzystania z urządzeń pomocniczych. Zaobserwowano lokalne zarysowania na powierzchni wyprawy tynkarskiej oraz miejscowe ubytki tynku od strony nieogrzewanych części strychu. Brak uszkodzeń świadczących o naruszeniu konstrukcji murowej ściany.

il. 15. Oględziny ściany wewnętrznej oddzielającej mieszkanie na poddaszu od nieogrzewanego strychu. Zarysowania tynku oraz lokalne ubytki tynku.





il. 16. Kontrola zarysowań tynku na ścianie wewnętrznej od strony nieogrzewanego strychu. Występowanie rys skurczowych tynku.

KROK 4

Analiza dotycząca spękań i zarysowań ściany

W trakcie wizji lokalnej nie zidentyfikowano spękań czy zarysowań obejmujących konstrukcję analizowanych ścian. Zaobserwowano lokalne zarysowania tynku spowodowane procesami starzeniowymi oraz zjawiskiem skurczu. Brak konieczności prowadzenia monitoringu (rysy skurczowe tynku).

KROK 5

Określenie sposobu wyeliminowania lub zminimalizowania przyczyn występujących uszkodzeń

W trakcie wizji lokalnej nie zidentyfikowano uszkodzeń, które świadczyłyby o występowaniu problemów zagrażających konstrukcji analizowanych ścian wewnętrznych. Lokalne ubytki wyprawy tynkarskiej zaleca się uzupełnić zaprawą tynkarską (w celu zapewnienia równej płaszczyzny podłoża pod projektowane ocieplenie).

KROK 6

Analiza dotycząca spękań i zarysowań ściany

Z uwagi na występowanie powłoki tynkarskiej powyższy element nie podlega sprawdzeniu.

KROK 7

Kontrola wizualna podłoża ściennego pod kątem występowania zmian chemicznych

Podczas wizji lokalnej przeprowadzono oględziny analizowanych ścian pod kątem występowania kryształów soli budowlanych. Nie zaobserwowano śladów wykwitów solnych.

KROK 8

Sprawdzenie nośności podłoża ściany

W ramach wizji lokalnej na obiekcie przeprowadzono kontrolę nośności podłoża ściennego ścian wewnętrznych od strony przestrzeni nieogrzewanej poddasza. Badanie wykonano metodą pull off. Sprawdzenie nośności podłoża przy użyciu urządzenia z miernikiem automatycznym, mierzącym naprężenie odrywające naciętą powłokę od podłoża w MPa. Wokół badanych powierzchni nacięto powłokę tynkarską na głębokość 15 mm. Do badanych powierzchni przyklejono krążek pomiarowy za pomocą kleju epoksydowego. Do każdego krążka przykładano siłownik, po czym następowało odrywanie krążka i odczyt wyniku siły odrywającej krążek. Uzyskano wyniki w zakresie $0,10 \div 0,12$ MPa (podłoże nośne).

KROK 9

Badanie równości i gładkości podłoża ścian wewnętrznych

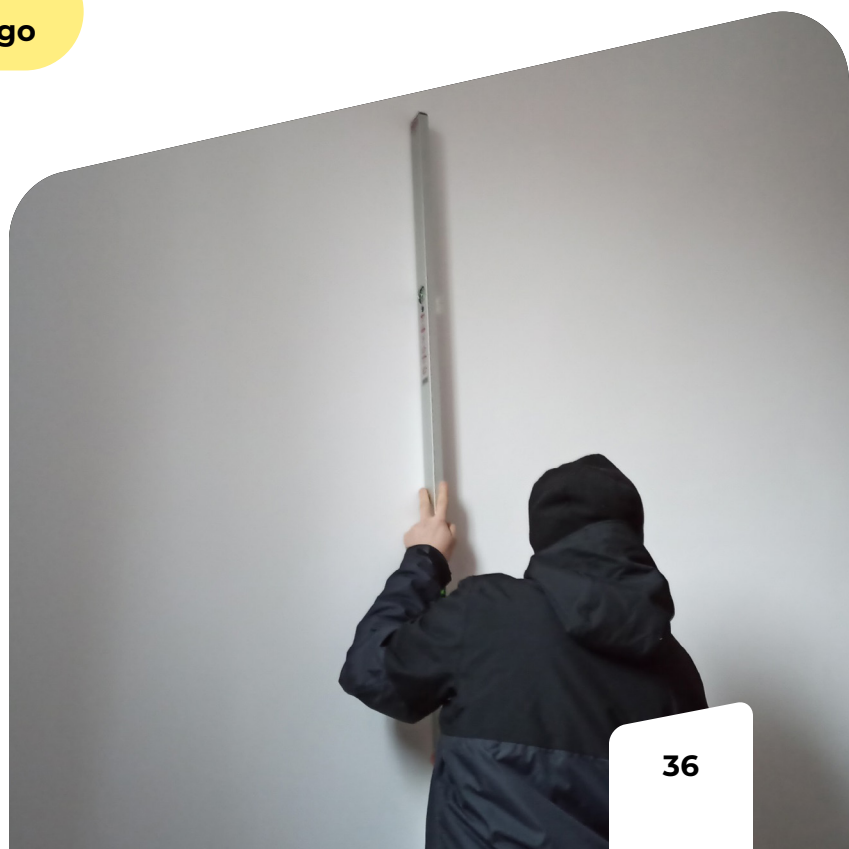
Podczas wizji lokalnej przeprowadzono kontrolę równości i gładkości podłoża ścian wewnętrznych od strony przestrzeni nieogrzewanych strychów. W tym celu w kilku wybranych miejscach do ściany przyłożono łatę o długości 2 m i zmierzono wartość nierówności oraz odchyłeń przy użyciu narzędzi pomiarowych. Wyniki odniesiono do wartości podanych dla tynków kategorii II w tablicy 7 w instrukcji ITB nr 388/2011. Nie stwierdzono przekroczenia dopuszczalnych odchyłeń powierzchni badanego tynku.

KROK 10

Badanie odporności na ścieranie podłoża ściennego

Podczas wizji lokalnej przeprowadzono ocenę stopnia zapylenia oraz osypywanie się podłoża ściennego. Kontrolę przeprowadzono poprzez przetarcie powierzchni tynku od strony poddasza nieogrzewanego wewnętrzną powierzchnią dłoni. W wyniku przeprowadzonej kontroli nie stwierdzono pylenia, piaszczenia czy kredowania powierzchni ściany przewidzianej do ocieplenia.

il. 17. Kontrola równości podłoża ściany wewnętrznej.



Zagadnienia fizyki budowli

KROK 1

Analiza archiwalnej dokumentacji technicznej

Przeanalizowano dokumenty, jakie udostępnione zostały przez Zarządcę obiektu (dokumentacja archiwalna, raport z przeglądu okresowego, książka obiektu budowlanego). Informacje pozyskane z tychże dokumentów uwzględniono w części rysunkowej oraz w analizach energetycznych i ciepłno-wilgotnościowych (informacje dotyczące rozwiązań materiałowych przegrody).

KROK 2

Doprecyzowanie metody ocieplenia

Ustalenie rozwiązań ocieplenia ścian wewnętrznych. Przyjęto, iż analizowana przegroda zostanie ocieplona wełną mineralną w systemie suchej zabudowy z wykończeniem płytami gipsowo-kartonowymi. Ocieplenie zlokalizowane od strony nieogrzewanych części poddasza.

KROK 3

Analiza makroskopowa

W ramach analizy makroskopowej przeprowadzono badania ogólne polegające na oględzinach rozpatrywanych ścian nieuzbrojonym okiem. Podczas oględzin nie było konieczności korzystania z urządzeń pomocniczych. W trakcie oględzin nie zaobserwowano niekorzystnych zjawisk z punktu widzenia zagadnień fizyki budowli (brak widocznych zawilgoceń ścian, brak wykwitów grzybów pleśniowych).

KROK 4

Badanie stopnia zawilgocenia podłoża ściennego

Podczas wizji lokalnej przeprowadzono pomiary wilgotności masowej podłoża ścian wewnętrznych od strony nieogrzewanych części poddasza za pomocą wilgotnościomierza elektronicznego. W wyniku przeprowadzonego badania uzyskano wyniki w zakresie od 1,5% do 2,5%. Na tej podstawie stwierdzono stan suchy podłoża ściennego oraz brak przeciwskażeń do przeprowadzenia prac ociepleniowych.

KROK 5

Kontrola podłoża ściennego pod kątem występowania mikroorganizmów

Podczas wizji lokalnej przeprowadzono oględziny ścian wewnętrznych pod kątem porażenia mikroorganizmami. Nie stwierdzono występowania śladów świadczących o występowaniu porażenia ścian wewnętrznych mikroorganizmami.

KROK 6

Badanie na potrzeby oceny stanu technicznego ochrony cieplnej ściany

Ustalono, iż grubość warstwy muru ceglanego analizowanej ściany wynosi 12 cm. Przegroda w postaci ściany z cegły o grubości jak wyżej wykazuje niski poziom ochrony cieplnej (wysokie straty ciepła z mieszkania na poddaszu do nieogrzewanych przestrzeni strychowych).

KROK 7

Analiza ciepłno-wilgotnościowa połączeń z innymi przegrodami

Analizę przeprowadzono w celu określenia wpływu oddziaływania przegród przyległych do rozpatrywanych ścian wewnętrznych (miejsca występowanie mostków termicznych). Ustalono, iż optymalnym rozwiązaniem dla rozpatrywanego typu przegród będzie lokalizacja ocieplenia od strony przestrzeni nieogrzewanych (strychów) – pozwoli to na znaczne ograniczenie wpływu liniowych mostków termicznych na straty ciepła do przestrzeni nieogrzewanych poddasza.

KROK 8

Ocena stanu ochrony cieplnej ścian wewnętrznych

Dla analizowanych ścian wewnętrznych, oddzielających mieszkanie na poddaszu od nieogrzewanych strychów, przeprowadzono kontrolne obliczenia izolacyjności termicznej – tj. współczynnika przenikania ciepła U_c w stanie istniejącym. Uzyskany wynik przyrównano do wartości granicznej współczynnika $U_{c(max)}$ określonej w Rozporządzeniu w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. Wyniki obliczeń wskazują na brak spełnienia przez rozpatrywaną przegrodę wymaganej izolacyjności termicznej. Ściany wewnętrzne oddzielające strefę ogrzewaną od nieogrzewanej na poziomie poddasza cechuje niski stan ochrony cieplnej. Na podstawie przeprowadzonych obliczeń izolacyjności termicznej dobrano rozwiązanie projektowe ocieplenia (w tym grubość oraz współczynnik przewodzenia ciepła materiału termoizolacyjnego) – patrz rozdział 8 niniejszego opracowania.

KROK 9

Ocena wpływu ocieplenia ścian wewnętrznych w obrębie przyległych do nich pomieszczeń ogrzewanych

Dla analizowanego budynku wykonano obliczenia zapotrzebowania na energię w stanie po modernizacji przegród ograniczających strefę ogrzewaną. W obliczeniach kompleksowo uwzględniono wszystkie planowane usprawnienia termomodernizacyjne, łącznie z ociepleniem ścian wewnętrznych oddzielających pomieszczenia ogrzewane poddasza od nieogrzewanych strychów. Poprawa izolacyjności termicznej analizowanej przegrody przełoży się na zmniejszenie strat ciepła z mieszkania na poddaszu do nieogrzewanych przestrzeni strychowych (zmniejszenie energochłonności budynku) oraz pozytywnie wpłynie na warunki komfortu termicznego w obrębie pomieszczeń poddasza ogrzewanego.

6.3. DACH PŁASKI

Analizę i ocenę stanu technicznego dachu płaskiego nad przybudówką przedmiotowego budynku przeprowadzono pod kątem planowanego wykonania docieplenia.

Zagadnienia architektoniczne

KROK 1

Analiza Miejscowego Planu Zagospodarowania Przestrzennego

Planowane docieplenie dachu nie narusza zapisów Miejscowego Planu Zagospodarowania Przestrzennego dla terenu, na którym zlokalizowany jest przedmiotowy budynek.

KROK 2

Analiza dotycząca zagadnienia ochrony konserwatorskiej

Ustalenie rozwiązań ocieplenia ścian wewnętrznych. Przyjęto, iż analizowana przegroda zostanie ocieplona wełną mineralną w systemie suchej zabudowy z wykończeniem płytami gipsowo-kartonowymi. Ocieplenie zlokalizowane od strony nieogrzewanych części poddasza.

KROK 3

Doprecyzowanie metody ocieplenia

Ocieplenie dachu planuje się wykonać poprzez ułożenie **płyt z wełny mineralnej Dachoterm G38 i Dachoterm SL37** dedykowanych do ociepleń dachów.

Zagadnienia konstrukcyjne

KROK 1

Analiza archiwalnej dokumentacji technicznej

Przeanalizowano dokumenty, jakie udostępnione zostały przez Zarządcę obiektu (dokumentacja archiwalna, raport z przeglądu okresowego, książka obiektu budowlanego). Informacje pozyskane z tychże dokumentów uwzględniono w części rysunkowej i rozwiązaniach technicznych.



il. 18. Zaawansowany stopień zużycia pokrycia dachowego na dachu płaskim.

KROK 2

Badania makroskopowe

W ramach analizy makroskopowej przeprowadzono badania ogólne polegające na oględzinach dachu płaskiego niezbrojonym okiem od strony wewnętrznej i zewnętrznej. Podczas oględzin od strony wewnętrznej nie było konieczności korzystania z urządzeń pomocniczych. W przypadku oględzin od strony zewnętrznej konieczne było skorzystanie ze zwyżki. Zaobserwowano lokalne zarysowania na powierzchni wewnętrznej wyprawy tynkarskiej (zarysowania spowodowane skurczem tynku). Brak uszkodzeń świadczących o naruszeniu konstrukcji stropu. Stwierdzono znaczny stopień zużycia pokrycia papowego oraz uszkodzenia obróbki blacharskiej wzdłuż krawędzi zewnętrznych dachu.

KROK 3

Analiza dotycząca spękań i zarysowań stropu

W trakcie wizji lokalnej nie zidentyfikowano spękań czy zarysowań obejmujących konstrukcję dachu płaskiego. Zaobserwowano lokalne zarysowania tynku wewnętrznego spowodowane procesami starzeniowymi oraz zjawiskiem skurczu. Brak konieczności prowadzenia monitoringu (rysy skurczowe tynku).



il. 19. Kontrola zarysowań tynku wewnętrznego na stropie dachu płaskiego. Występowanie rys skurczowych tynku.

Zagadnienia konstrukcyjne

KROK 1

Analiza archiwalnej dokumentacji technicznej

Przeanalizowano dokumenty, jakie udostępnione zostały przez Zarządcę obiektu (dokumentacja archiwalna, raport z przeglądu okresowego, książka obiektu budowlanego). Informacje pozyskane z tychże dokumentów uwzględniono w części rysunkowej oraz w analizach energetycznych i cieplno-wilgotnościowych (informacje dotyczące rozwiązań materiałowych przegrody).

KROK 2

Badanie makroskopowe stanu istniejącego pokrycia z papy – oględziny istniejącego pokrycia

W ramach wizji lokalnej przeprowadzono oględziny istniejącego pokrycia papowego dachu płaskiego nad dobudówką szczytową. Pokrycie wykazuje zaawansowany stopień zużycia technicznego. Krawędziowa obróbka blacharska skorodowana (lokalnie widoczne są nawet jej ubytki wskutek postępującej korozji). Warstwy wierzchnie dachu płaskiego (pokrycie oraz płyta pilśniowa) kwalifikują się do usunięcia. Konieczna jest również wymiana obróbek blacharskich.



*il. 20. Krawędź zewnętrzna dachu płaskiego.
Znaczny stopień zużycia pokrycia z papy.
Uszkodzenia skorodowanej obróbki blacharskiej.*

KROK 3

Inwentaryzacja stropodachu

W ramach wizji lokalnej przeprowadzono inwentaryzację dachu płaskiego. Zidentyfikowano elementy odwodnienia deszczowego. Przeprowadzono pomiar spadków powierzchni dachu. Podczas pomiarów nie stwierdzono występowania elementów konstrukcyjnych lub instalacyjnych, mogących ograniczać możliwość realizacji ocieplenia.

KROK 4

Analiza skuteczności elementów odwodnienia stropodachu

Podczas oględzin rozpatrywanej przegrody skontrolowano skuteczność funkcjonowania odwodnienia deszczowego. Przeprowadzone oględziny nie wykazały występowania przecieków rynny i rury spustowej. Wykazano jednak uszkodzenia krawędziowej obróbki blacharskiej, przez co skuteczność odwodnienia deszczowego dachu płaskiego jest pogorszona. Rura spustowa podłączona jest do kanalizacji deszczowej. Część okapowa dachu płaskiego będzie wymagała dostosowania z uwagi na planowane ułożenie płyt termoizolacyjnych, co wpłynie na podniesienie się rzędnej wierzchu dachu. Elementy odwodnienia deszczowego w postaci rynien oraz rur spustowych do przełożenia.

KROK 5

Rozpoznanie warunków ochrony przeciwpożarowej budynku

Budynek stanowi jedną strefę pożarową. Analizowana przegroda nie stanowi oddzielenia przeciwpożarowego oraz nie przylega do przegrody oddzielenia przeciwpożarowego. Dla rozpatrywanej przegrody przyjęto ocieplenie od strony zewnętrznej w postaci dwóch warstw wełny mineralnej w zestawie **ISOVER Srebrny Dach** z wykończeniem w postaci podwójnej warstwy papy. Przyjęty sposób ocieplenia nie powoduje naruszenia warunków ochrony przeciwpożarowej.

KROK 6

Badania na potrzeby oceny stanu ochrony cieplnej budynku

W ramach badań przeprowadzono odkrywkę podłoża pod pokryciem z papy. Odkrywka wykazała stan suchy podłoża (brak przecieków przez istniejące pokrycie). Informacje pozyskane w odkrywce posłużyły do przeprowadzenia obliczeń izolacyjności termicznej przegrody zgodnie z normą PN-EN ISO 6946.

KROK 7

Ocena stanu ochrony cieplnej stropodachu

Dla analizowanego dachu płaskiego przeprowadzono kontrolne obliczenia izolacyjności termicznej – tj. współczynnika przenikania ciepła U_c w stanie istniejącym. Uzyskany wynik przyrównano do wartości granicznej współczynnika $U_{c(max)}$ określonej w Rozporządzeniu w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. Wyniki obliczeń wskazują na brak spełnienia przez rozpatrywaną przegrodę wymaganej izolacyjności termicznej. Dach cechuje niski stan ochrony cieplnej. Na podstawie przeprowadzonych obliczeń izolacyjności termicznej dobrano rozwiązanie projektowe ocieplenia (w tym grubość oraz współczynnik przewodzenia ciepła materiału termoizolacyjnego) – patrz rozdział 8 niniejszego opracowania.

KROK 8

Ocena wpływu ocieplenia dachu płaskiego na całość budynku (pomieszczeń przyległych do stropodachu)

Dla analizowanego budynku wykonano obliczenia zapotrzebowania na energię w stanie po modernizacji przegród ograniczających strefę ogrzewaną. W obliczeniach kompleksowo uwzględniono wszystkie planowane usprawnienia termomodernizacyjne, łącznie z ociepleniem dachu płaskiego nad dobudówką szczytową. Poprawa stanu ochrony cieplnej dachu przyczyni się do zmniejszenia energochłonności rozpatrywanego obiektu (zmniejszenie strat ciepła przez dach), zmniejszenia ryzyka wystąpienia kondensacji powierzchniowej i międzywarstwowej oraz do poprawy warunków komfortu cieplnego w pomieszczeniu, do którego przylega analizowany dach płaski.

6.4. STROP POD PODDASZEM NIEOGRZEWANYM

Ocenę stanu technicznego stropu pod nieogrzewanym poddaszem przeprowadzono pod kątem jego termomodernizacji.

Zagadnienia architektoniczne

KROK 1

Analiza dotycząca zagadnienia ochrony konserwatorskiej

Zgodnie z zapisami miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego rozpatrywana przegroda budowlana nie podlega ochronie konserwatorskiej.

KROK 2

Doprecyzowanie metody ocieplenia

Ustalenie rozwiązań ocieplenia stropu pod nieogrzewanym poddaszem. Przyjęto, iż analizowana przegroda zostanie ocieplona poprzez ułożenie na istniejącym stropie wełny mineralnej pomiędzy legarami z wykończeniem warstwy podłogowej w postaci **płyt gipsowo-włóknowych RIGIPS Rigidur E25**. Ocieplenie zlokalizowane od strony nieogrzewanych poddaszy.

KROK 3

Analiza połączeń stropu z innymi przegrodami

Podczas oględzin na obiekcie rozpoznano połączenia stropu pod nieogrzewanym poddaszem z innymi przegrodami w kontekście planowanej termomodernizacji. Wyodrębniono następujący węzeł konstrukcyjny, który w dalszej części opracowania poddano szczegółowej analizie numerycznej:

- połączenie ściany zewnętrznej i stropu międzykondygnacyjnego.

KROK 4

Analiza pod kątem spełnienia wymagań w zakresie minimalnych wysokości pomieszczeń

W rozpatrywanym przypadku (nieogrzewane poddasza) powyższy element nie ma zastosowania

KROK 5

Analiza pod kątem wymagań przeciwpożarowych

Dla rozpatrywanej przegrody przeprowadzono dobór rodzaju materiału termoizolacyjnego i wykończeniowego pod kątem spełnienia wymagań przeciwpożarowych. Ze względu na pełnioną funkcję przegrody oddzielenia przeciwpożarowego, przyjęto ocieplenie z wełny mineralnej oraz wykończenie od strony poddaszy nieogrzewanych **płytami RIGIPS Rigidur E25**.

KROK 6

Identyfikacja przebiegu instalacji oraz doprecyzowanie ewentualnej rozbudowy / przebudowy instalacji

Podczas oględzin na obiekcie rozpoznano przebieg instalacji w obrębie stropów wewnętrznych pod nieogrzewanymi poddaszami. W trakcie wizji lokalnej nie zidentyfikowano elementów instalacyjnych na powierzchni stropów od strony poddaszy.

Zagadnienia konstrukcyjne

KROK 1

Analiza archiwalnej dokumentacji technicznej

Przeanalizowano dokumenty, jakie udostępnione zostały przez Zarządcę obiektu (dokumentacja archiwalna, raport z przeglądu okresowego, książka obiektu budowlanego). Informacje pozyskane z tychże dokumentów uwzględniono w części rysunkowej i rozwiązaniach technicznych.

KROK 2

Doprecyzowanie metody ocieplenia

Ustalenie rozwiązań ocieplenia stropu pod nieogrzewanym poddaszem. Przyjęto, iż analizowana przegroda zostanie ocieplona poprzez ułożenie na istniejącym stropie wełny mineralnej pomiędzy legarami z wykończeniem warstwy podłogowej w postaci **plyt RIGIPS Rigidur E25**. Ocieplenie zlokalizowane od strony nieogrzewanych poddaszy.

KROK 3

Badania makroskopowe

W ramach analizy makroskopowej przeprowadzono badania ogólne polegające na oględzinach rozpatrywanych stropów nieuzbrojonym okiem. Podczas oględzin nie było konieczności korzystania z urządzeń pomocniczych. Przeprowadzono inwentaryzację elementów konstrukcyjnych stropu – zmierzono wymiary przekroju poprzecznego belek stropowych oraz ich rozstawy. Określono grubość warstwy polepy oraz desek podłogowych. Przeprowadzono również oględziny pod kątem występowania uszkodzeń oraz wad drewna. Nie stwierdzono występowania symptomów świadczących o występowaniu zagrożenia bezpieczeństwa konstrukcji rozpatrywanej przegrody. Przeprowadzono kontrolne pomiary belek konstrukcyjnych przy użyciu sklerometru do drewna.



il. 21. Oględziny stropu wewnętrznego pod nieogrzewanym poddaszem od strony nieogrzewanego strychu.

KROK 4

Analiza statyczno-wytrzymałościowa konstrukcji stropu

Na podstawie wykonanej inwentaryzacji elementów konstrukcyjnych oraz pomiarów z użyciem sklerometru do drewna wykonano kontrolne obliczenia statyczno-wytrzymałościowe konstrukcji drewnianej stropu pod nieogrzewanymi poddaszami w celu określenia dopuszczalnego dociążenia stropu w związku z poprawą jego ochrony cieplnej. Analiza wykazała, iż planowane ocieplenie stropu nie spowoduje przekroczenia stanu granicznego nośności oraz stanu granicznego użyteczności.

KROK 5

Opracowanie wytycznych dotyczących ewentualnej naprawy i/lub modyfikacji konstrukcji stropu

W oparciu o przeprowadzone badania makroskopowe stwierdzono dobry stan techniczny analizowanej przegrody. Brak konieczności realizacji prac naprawczych. Brak konieczności wzmocnienia konstrukcji stropu w kontekście planowanego ocieplenia w przestrzeni poddaszy nieogrzewanych.



il. 22. Badanie właściwości mechanicznych belki stropowej przy użyciu sklerometru do drewna.

Zagadnienia fizyki budowli

KROK 1

Analiza archiwalnej dokumentacji technicznej

Przeanalizowano dokumenty, jakie udostępnione zostały przez Zarządcę obiektu (dokumentacja archiwalna, raport z przeglądu okresowego, książka obiektu budowlanego). Informacje pozyskane z tychże dokumentów uwzględniono w części rysunkowej oraz w analizach energetycznych i cieplno-wilgotnościowych (informacje dotyczące rozwiązań materiałowych przegrody).

KROK 2

Doprecyzowanie metody ocieplenia

Ustalenie rozwiązań ocieplenia stropu pod nieogrzewanym poddaszem. Przyjęto, iż analizowana przegroda zostanie ocieplona poprzez ułożenie na istniejącym stropie wełny mineralnej pomiędzy legarami z wykończeniem warstwy podłogowej w postaci **płyt RIGIPS Rigidur E25**. Ocieplenie zlokalizowane od strony nieogrzewanych poddaszy.



il. 23. Pomiar wilgotności belki stropowej w stropie pod nieogrzewanym poddaszem.

KROK 3

Badanie wilgotności konstrukcji drewnianej stropu

Podczas wizji lokalnej przeprowadzono kontrolne pomiary wilgotności belek konstrukcyjnych stropu pod nieogrzewanym poddaszem. Badanie przeprowadzono z użyciem inwazyjnego wilgotnościomierza elektronicznego do drewna. W pomiarach uzyskano wyniki w zakresie od 13% do 15%. Badanie wykazało dopuszczalną wilgotność konstrukcji stropu (zgodnie z punktem NA.8.1 wg normy PN-EN 1995-1-1:2010/NA:2010).

KROK 4

Ocena konstrukcji drewnianej stropu pod kątem porażenia mikologicznego oraz szkodnikami drewna

W ramach wizji lokalnej przeprowadzono oględziny konstrukcji drewnianej stropu pod kątem występowania zagrzybień bądź szkodników drewna. Oględziny stropu przeprowadzono z udziałem mykologa budowlanego. Stwierdzono brak symptomów mogących świadczyć o porażeniu konstrukcji drewnianej stropu grzybami bądź szkodnikami żerującymi na drewnie.



il. 24. Odkrywka belki konstrukcyjnej stropu pod nieogrzewanym poddaszem.

KROK 5

Ocena stanu technicznego polepy oraz pozostałych elementów stropu

Podczas wizji lokalnej przeprowadzono oględziny elementów wypełniających konstrukcję stropu (polepa, ślepy pułap) oraz podłogi z desek. Elementy skontrolowano pod kątem występowania zagrzybień, szkodników drewna, obecności uszkodzeń i wad drewna, zawilgoceń oraz występowania innych szkodników (np. gryzoni). Wilgotność zmierzono za pomocą inwazyjnego wilgotnościomierza elektronicznego. Kontrola nie wykazała występowania nieprawidłowości. Brak konieczności wybierania istniejącego wypełnienia z polepy. Brak konieczności wymiany deskowania stropu.

KROK 6

Badania na potrzeby oceny stanu ochrony cieplnej stropu

Do oceny stanu technicznego stropu oraz określenia jego właściwości cieplnych przeprowadzono badania niszczące polegające na wykonaniu odkrywek elementów konstrukcyjnych (belek) oraz warstw wypełniających przestrzeń pomiędzy belkami nośnymi (polepa, ślepy pułap). Odkrywki pozwoliły na określenie grubości warstw materiałowych, identyfikację materiałową komponentów stropu oraz ustalenie wymiarów geometrycznych elementów konstrukcyjnych. Informacje pozyskane w drodze odkrywek podłużyły do przeprowadzenia obliczeń izolacyjności termicznej przegrody zgodnie z normą PN-EN ISO 6946.

KROK 7

Ocena stanu ochrony cieplnej stropu

Podczas wizji lokalnej przeprowadzono kontrolne pomiary wilgotności belek konstrukcyjnych stropu pod nieogrzewanym poddaszem. Badanie przeprowadzono z użyciem inwazyjnego wilgotnościomierza elektronicznego do drewna. W pomiarach uzyskano wyniki w zakresie od 13% do 15%. Badanie wykazało dopuszczalną wilgotność konstrukcji stropu (zgodnie z punktem NA.8.1 wg normy PN-EN 1995-1-1:2010/NA:2010).

il. 25. Odkrywka warstwy polepy w stropie pod nieogrzewanym poddaszem.



KROK 8

Ocena wpływu ocieplenia stropu na pomieszczenia przyległe do przestrzeni nieogrzewanych (nieogrzewane strychy)

Dla analizowanego budynku wykonano obliczenia zapotrzebowania na energię w stanie po modernizacji przegród ograniczających strefę ogrzewaną. W obliczeniach kompleksowo uwzględniono wszystkie planowane usprawnienia termomodernizacyjne, łącznie z ociepleniem stropów pod nieogrzewanymi poddaszami. Poprawa izolacyjności termicznej rozpatrywanej przegrody przyczyni się do zmniejszenia strat ciepła z mieszkań 2. piętra do przestrzeni nieogrzewanych strychów (poprawa energochłonności budynku) oraz pozytywnie wpłynie na warunki komfortu cieplnego we wskazanej części mieszkań.

Inne zagadnienia

KROK 1

Oględziny pod kątem zagadnień ornitologicznych i chiropterologicznych

W ramach wizji lokalnej na obiekcie przeprowadzono oględziny pod kątem możliwości gniazdowania zwierząt w postaci ptaków i/lub nietoperzy. Oględziny nie wykazały śladów wskazujących na gniazdowanie wymienionych zwierząt. Brak konieczności sporządzania opinii ornitologicznej bądź chiropterologicznej.

6.5. DACH SKOŚNY KRYTY DACHÓWKAMI

Analizę i ocenę stanu technicznego dachu skośnego przedmiotowego budynku przeprowadzono pod kątem planowanego wykonania docieplenia międzykrokwowego.

Z uwagi na fakt, że Inwestor rozważa adaptację całości poddasza na cele mieszkaniowe, ocenie poddano również nieużytkowaną obecnie część strychową.

Zagadnienia architektoniczne

KROK 1

Analiza Miejscowego Planu Zagospodarowania Przestrzennego

Planowane docieplenie dachu nie narusza zapisów Miejscowego Planu Zagospodarowania Przestrzennego dla terenu, na którym zlokalizowany jest przedmiotowy budynek.

KROK 2

Analiza dotycząca zagadnienia ochrony konserwatorskiej

Ustalenie możliwości ocieplenia dachu skośnego w kontekście ochrony konserwatorskiej. Przeprowadzono konsultacje z Miejskim Konserwatorem Zabytków odnośnie możliwości ocieplenia dachu. Na podstawie uzgodnień z Miejskim Konserwatorem Zabytków ustalono następujące założenia projektowe:

- prace ociepleniowe zostaną przeprowadzone od strony wewnętrznej budynku (tym samym zachowane zostaną założenia ochrony konserwatorskiej dachu).

KROK 3

Doprecyzowanie metody ocieplenia dachu skośnego

Ocieplenie dachu planuje się wykonać poprzez ułożenie **mat z wełny mineralnej ISOVER Super-Mata** pomiędzy krokwiami oraz pod krokwiami wraz z wykonaniem obudowy z **płyt gipsowo-kartonowych RIGIPS na ruszcie z profili RIGIPS Rigistil**.

KROK 4

Ocena stanu istniejącej stolarki okiennej i wyłazłów dachowych

Okna dachowe w części mieszkalnej zamontowane są pomiędzy krokwiami, a ich stan określa się jako dobry. Stan techniczny metalowych wyłazłów dachowych również określa się jako dobry. Okna dachowe oraz wyłazy nie wpływają na pogorszenie estetyki, ani nie zaburzają bryły budynku.

Zagadnienia konstrukcyjne

KROK 1

Analiza archiwalnej dokumentacji technicznej

Przeanalizowano dokumenty, jakie udostępnione zostały przez Zarządcę obiektu (dokumentacja archiwalna, raport z przeglądu okresowego, książka obiektu budowlanego). Informacje pozyskane z tychże dokumentów uwzględniono w części rysunkowej i rozwiązaniach technicznych.

Dach budynku w konstrukcji płatwiowo – kleszczowej. Kleszcze prowadzone w poziomie płatwi pośrednich oraz w poziomie murłat. W strefie okapowej na krokwiach nabite są kliny od długości ok. 2 m, które nadają kształt połączenia dachu. Pokrycie dachu stanowi dachówka zakładkowa ceramiczna w kolorze naturalnej czerwieni. Wyłazy dachowe zlokalizowane są nad klatkami schodowymi a dostęp do nich umożliwiają zamocowane trwale drabiny metalowe i drewniane.

Przekroje elementów więźby drewnianej:

krokwie	12x14 cm w rozstawie osiowym ok. 80 cm
płatwie	20x20 cm
kleszcze	6,3 x17,5 cm (x2) z przewiązkami
miecze	10x12 cm
słupy	20x20 cm
murłaty	14x14 cm
łaty	6x4 cm

KROK 2

Doprecyzowanie metody ocieplenia

Ocieplenie dachu w części mieszkalnej poddasza polegać będzie na wymianie istniejącego ocieplenia na nowe o lepszych parametrach (współczynnik przewodzenia ciepła) oraz na montażu dodatkowej warstwy ocieplenia w ruszcie pod krokwiemi. Planuje się zastosowanie mat z **włny mineralnej ISOVER Super-Mata** o łącznej grubości 29 cm o współczynniku przewodzenia ciepła, który wynosi 0,033 W/(m·K). Całość zostanie obudowana przy użyciu **plyt gipsowo-kartonowych RIGIPS**.

KROK 3

Badania makroskopowe

Część poddasza jest ocieplona i została zaadaptowana na cele mieszkaniowe. Pozostała część jest nieużytkowa i nieogrzewana, natomiast Inwestor rozważa w przyszłości zmianę sposobu użytkowania całego poddasza na lokale mieszkalne.

W części mieszkalnej poddasza nie stwierdzono występowania nieprawidłowości w obrębie przegrody dachu skośnego.



il. 26. Widok ogólny ściany kolankowej w części mieszkalnej poddasza – brak widocznych uszkodzeń.

W obrębie nieogrzewanych części poddasza podczas oględzin stwierdzono następujące nieprawidłowości i uszkodzenia:

- widoczne lokalnie ślady po dawnych przeciekach,
- lokalne drobne nieszczelności pokrycia dachowego,
- lokalnie uszkodzona, rozerwana folia wiatroizolacyjna,
- zarysowania tynków na kominie,
- zalegające dachówki i śmieci w przestrzeni poddasza,
- wypłukanie spoin kominów ponad dachem,
- lokalnie zbutwiałe, słabo zamocowane drewniane ławy kominiarskie,
- uszkodzony wyłaz dachowy.



il. 27. Drobna nieszczelność pokrycia przy kominie (w obrębie poddasza nieogrzewanego).



il. 28. Zarysowania i ubytki tynku na kominie (w przestrzeni poddasza nieogrzewanego).

KROK 4

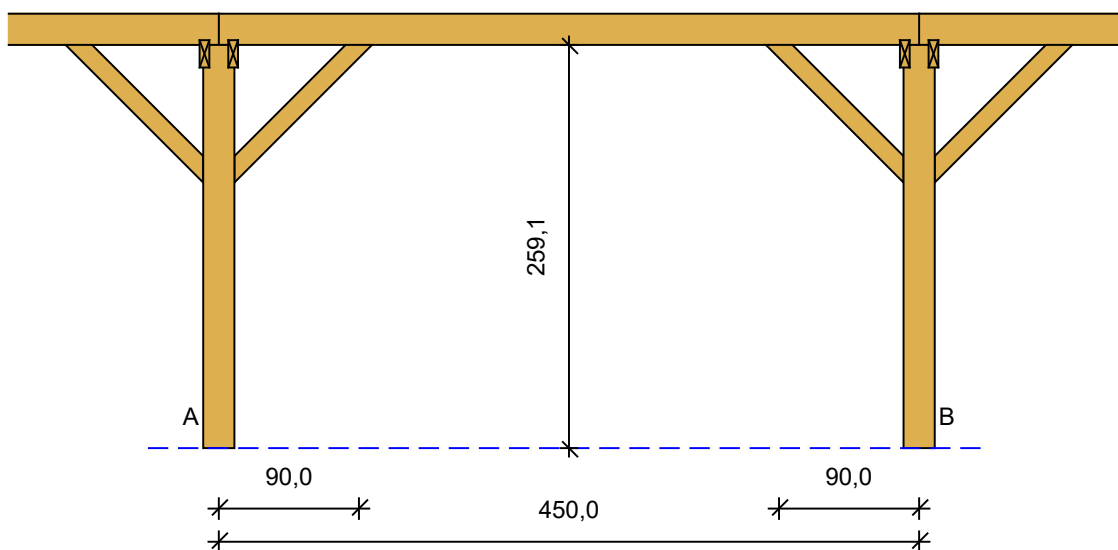
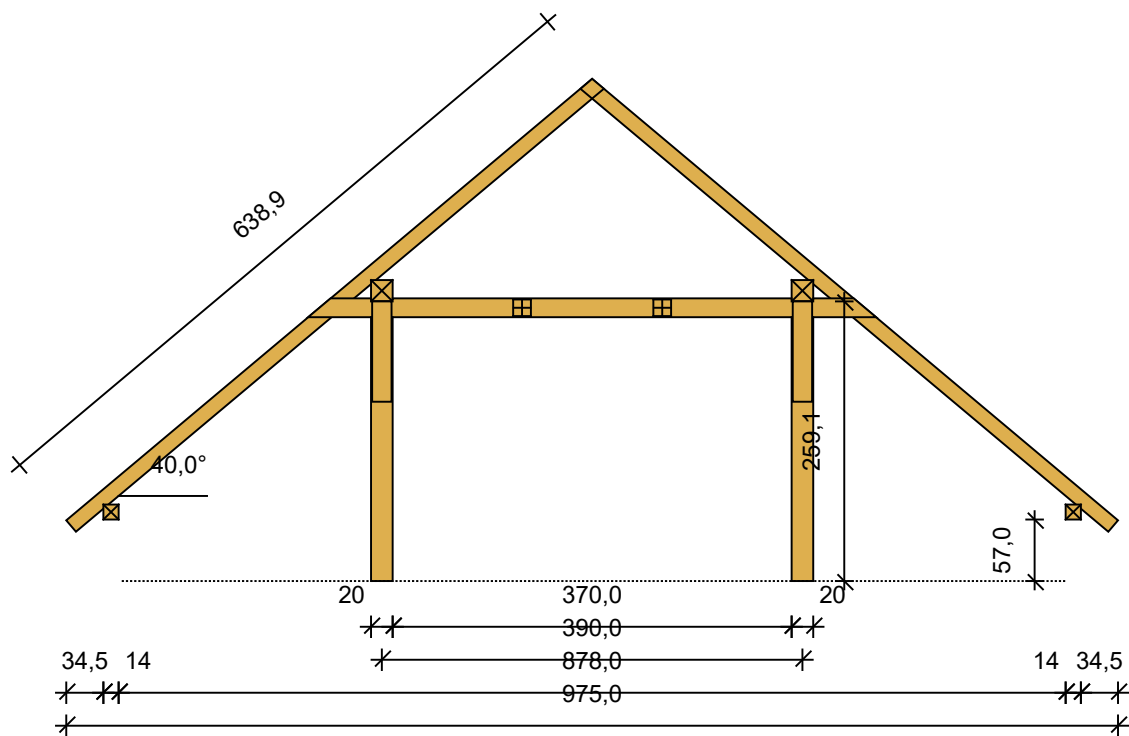
Ocena konstrukcji dachu pod kątem porażenia mykologicznego oraz porażenia przez szkodniki drewna

Podczas oględzin nie stwierdzono występowania porażenia mykologicznego ani występowania szkodników drewna.

KROK 5

Analiza statyczno – wytrzymałościowa konstrukcji drewnianej

W celu weryfikacji możliwości montażu dodatkowego ocieplenia na konstrukcji dachu przeprowadzono obliczenia sprawdzające. Poniżej przedstawiono wyciąg z obliczeń.



Zagadnienia fizyki budowli

KROK 1

Analiza archiwalnej dokumentacji technicznej

Przeanalizowano dokumenty, jakie udostępnione zostały przez Zarządcę obiektu (dokumentacja archiwalna, raport z przeglądu okresowego, książka obiektu budowlanego). Informacje pozyskane z tychże dokumentów uwzględniono w części rysunkowej oraz w analizach energetycznych i ciepłno-wilgotnościowych (informacje dotyczące rozwiązań materiałowych przegrody).

KROK 2

Doprecyzowanie metody ocieplenia

Ocieplenie dachu w części mieszkalnej poddasza polegać będzie na wymianie istniejącego ocieplenia na nowe o lepszych parametrach (współczynnik przewodzenia ciepła) oraz na montażu dodatkowej warstwy ocieplenia w ruszcie pod krokiewiami. Planuje się zastosowanie **mat z wełny mineralnej ISOVER Super-Mata** o łącznej grubości 29 cm o współczynniku przewodzenia ciepła, który wynosi 0,033 W/(m·K). Całość zostanie obudowana przy użyciu **płyt gipsowo-kartonowych RIGIPS**.

KROK 3

Oględziny przestrzeni poddasza oraz pokrycia dachowego pod kątem szczelności pokrycia na przenikanie wody opadowej

Oględziny pod kątem szczelności pokrycia dachowego wykonano na etapie badań makroskopowych. Stwierdzono pojedyncze, drobne nieszczelności, w części nieużytkowej poddasza. Należy je wyeliminować podczas robót remontowych.

KROK 4

Ocena stanu technicznego membrany dachowej, deskowania oraz pokrycia dachowego

Oględziny membrany dachowej, deskowania i pokrycia dachowego wykonano na etapie badań makroskopowych. W obrębie części mieszkalnej nie zaobserwowano nieprawidłowości. W częściach nieogrzewanych poddasza stwierdzono pojedyncze, drobne nieszczelności pokrycia. Zaleca się ich wyeliminowanie podczas planowanych robót remontowych.

KROK 5

Badanie wilgotności elementów drewnianych

Podczas wizji lokalnej przeprowadzono pomiary wilgotności drewna w kilku wybranych miejscach na poddaszu nieużytkowym. Pomiarów nie prowadzono w części mieszkalnej z uwagi na zabudowę z płyt gipsowo-kartonowych. Pomiary wykonano przy użyciu wilgotnościomierza elektronicznego.



il. 31. Pomiar wilgotności krokwi za pomocą wilgotnościomierza elektronicznego.

W literaturze² podaje się, że elementy drewniane znajdujące się w nieogrzewanych pomieszczeniach zamkniętych powinny cechować się wilgotnością równowagową $12\% \pm 3\%$. Można jednak przyjąć, że wilgotność elementów więźby powinna się kształtować w przedziale 15-18%, co odpowiada wynikom uzyskanym podczas pomiarów. Podczas pomiarów nie otrzymano wartości przekraczających 18%. Nie stwierdzono zawilgocenia, które mogłoby wpływać na możliwość rozważanej realizacji ocieplenia całego dachu.

KROK 6

Badanie wilgotności istniejącej warstwy termoizolacyjnej

Z uwagi na brak dostępu do istniejącej warstwy termoizolacyjnej oraz planowane jej usunięcie podczas układania docelowego ocieplenia, odstąpiono od badania jej wilgotności.

KROK 7

Ocena elementów drewnianych pokrycia pod kątem porażenia mykologicznego oraz szkodnikami drewna

Podczas oględzin nie stwierdzono występowania porażenia mykologicznego ani występowania szkodników drewna w obrębie łat i kontrłat.

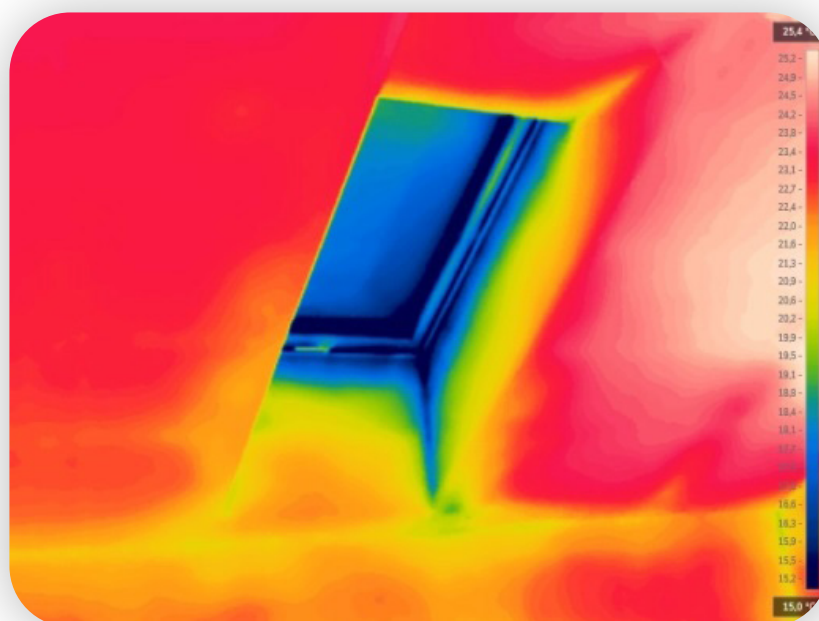
² Neuhaus H.: Budownictwo drewniane. Polskie Wydawnictwo Techniczne. Rzeszów, 2008 r.

KROK 8

Badania na potrzeby oceny stanu ochrony cieplnej dachu skośnego - termowizja

W celu weryfikacji stanu istniejącego ocieplenia dachu skośnego przeprowadzono badania termowizyjne, przedstawiające wizualizację różnic temperatury na badanych powierzchniach przegród zewnętrznych. W ramach badań nieniszczących przeprowadzono detekcję zaburzeń pola temperatury za pomocą kamery termowizyjnej (badanie termowizyjne). Badanie przeprowadzono od strony mieszkania w godzinach 22:00÷23:00. Temperatura powietrza zewnętrznego podczas badania: -2°C . Temperatura wewnątrz lokalu na poddaszu podczas pomiarów: $+20 \div +23^{\circ}\text{C}$.

Pomimo, iż analizowana przegroda w części mieszkalnej w stanie istniejącym nie zapewnia dostatecznej ochrony cieplnej, przeprowadzone badanie termowizyjne wykazało relatywnie równomierny rozkład pola temperatury na powierzchni wewnętrznej połaci dachowych. Wskazuje to na poprawny stan techniczny istniejącego ocieplenia ułożonego pomiędzy krokwiemi. Zidentyfikowano typowe zaburzenia wynikające z występowania liniowych mostków termicznych (osadzenie okna dachowego, połączenie dach – ściana kolankowa).



il. 32. Drobna nieszczelność pokrycia przy kominie (w obrębie poddasza nieogrzewanego).

KROK 9

Ocena stanu ochrony cieplno – wilgotnościowej dachu skośnego

Dla analizowanego dachu skośnego przeprowadzono kontrolne obliczenia izolacyjności termicznej – tj. współczynnika przenikania ciepła U_c w stanie istniejącym. Uzyskany wynik przyrównano do wartości granicznej współczynnika $U_{c(max)}$ określonej w Rozporządzeniu w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. Wyniki obliczeń wskazują na brak spełnienia przez rozpatrywaną przegrodę wymaganej izolacyjności termicznej. Dach cechuje niski stan ochrony cieplnej. Na podstawie przeprowadzonych obliczeń izolacyjności termicznej dobrano rozwiązanie projektowe ocieplenia (w tym grubość oraz współczynnik przewodzenia ciepła materiału termoizolacyjnego) – patrz rozdział 8 niniejszego opracowania.

KROK 10

Ocena wpływu ocieplenia dachu na budynek w obrębie poddasza

Dla analizowanego budynku wykonano obliczenia zapotrzebowania na energię w stanie po modernizacji przegród ograniczających strefę ogrzewaną. W obliczeniach kompleksowo uwzględniono wszystkie planowane usprawnienia termomodernizacyjne, łącznie z ociepleniem dachu skośnego. Poprawa stanu ochrony cieplnej dachu przyczyni się do zmniejszenia energochłonności rozpatrywanego obiektu (zmniejszenie strat ciepła przez dach), zmniejszenia ryzyka wystąpienia kondensacji powierzchniowej i międzywarstwowej oraz do poprawy warunków komfortu cieplnego w lokalu, do którego przylega analizowany dach skośny.

KROK 11

Ocena w zakresie ochrony przed przegrzaniem pomieszczeń poddasza w okresach podwyższonych temperatur

Z uwagi na ryzyko przegrzewania się pomieszczeń zaleca się zamontowanie rolet przeciwśłonecznych w oknach połaciowych.

KROK 12

Oględziny i badania w zakresie szczelności powietrznej dachu

Z uwagi na planowane usunięcie istniejącego ocieplenia pomiędzy krokwiemi wraz z istniejącą powłoką paroizolacyjną, niniejszy krok został pominięty (w ramach prac ociepleniowych wykonana zostanie nowa powłoka paroizolacyjna). Podczas realizacji prac ociepleniowych od strony mieszkania na poddaszu należy zwrócić szczególną uwagę na szczelność połączeń warstwy paroizolacyjnej.

Inne zagadnienia

Oględziny pod kątem zagadnień ornitologicznych i chiropterologicznych

Rozpatrywane usprawnienie dotyczy ocieplenia dachu skośnego w części mieszkalnej (brak możliwości gniazdowania zwierząt w lokalu). W części strychowej nie stwierdzono śladów wskazujących na gniazdowanie jakichkolwiek zwierząt.

6.6 DACH SKOŚNY KRYTY PAPĄ NA DESKOWANIU

Analizę i ocenę stanu technicznego wariantu dachu skośnego krytego papą na deskowaniu przeprowadzono pod kątem planowanego wykonania docieplenia pomiędzy krokwiami oraz pod krokwiami. Z uwagi na fakt, że Inwestor rozważa adaptację całości poddasza na cele mieszkaniowe, ocenie poddano również nieużytkowaną obecnie część strychową.

Uwaga – w rozpatrywanym budynku pokrycie dachu skośnego wykonane jest z dachówki ceramicznej. Rozpatruje się jednak hipotetyczny wariant rozwiązania dachu z pokryciem w postaci papą na deskowaniu. Występowanie pokrycia w postaci papą wymaga przyjętego innego układu konstrukcyjnego (w tym nachylenia połaci dachowych).

Zagadnienia architektoniczne

KROK 1

Analiza Miejscowego Planu Zagospodarowania Przestrzennego

Planowane docieplenie dachu nie narusza zapisów Miejscowego Planu Zagospodarowania Przestrzennego dla terenu, na którym zlokalizowany jest przedmiotowy budynek.

KROK 2

Analiza dotycząca zagadnienia ochrony konserwatorskiej

Ustalenie możliwości ocieplenia dachu skośnego w kontekście ochrony konserwatorskiej. Przeprowadzono konsultacje z Miejskim Konserwatorem Zabytków odnośnie możliwości ocieplenia dachu. Na podstawie uzgodnień z Miejskim Konserwatorem Zabytków ustalono następujące założenia projektowe:

- prace ociepleniowe zostaną przeprowadzone od strony wewnętrznej budynku (tym samym zachowane zostaną założenia ochrony konserwatorskiej dachu).

KROK 3

Doprecyzowanie metody ocieplenia dachu skośnego

Ocieplenie dachu planuje się wykonać poprzez ułożenie **mat z wełny mineralnej ISOVER Super-Mata** pomiędzy krokwiami oraz pod krokwiami wraz z wykonaniem obudowy z **płyt gipsowo-kartonowych RIGIPS na ruszcie z profili RIGIPS Rigistil**.

KROK 4

Ocena stanu istniejącej stolarki okiennej i wyłazłów dachowych

Okna dachowe w części mieszkalnej zamontowane są pomiędzy krokwiami, a ich stan określa się jako dobry. Stan techniczny metalowych wyłazłów dachowych również określa się jako dobry. Okna dachowe oraz wyłazy nie wpływają na pogorszenie estetyki, ani nie zaburzają bryły budynku.

Zagadnienia konstrukcyjne

KROK 1

Analiza archiwalnej dokumentacji technicznej

Przeanalizowano dokumenty, jakie udostępnione zostały przez Zarządcę obiektu (dokumentacja archiwalna, raport z przeglądu okresowego, książka obiektu budowlanego). Informacje pozyskane z tychże dokumentów uwzględniono w części rysunkowej i rozwiązaniach technicznych.

Dach budynku w konstrukcji drewnianej kącie nachylenia 15 stopni. Pokrycie dachu stanowi papa na deskowaniu. Wyłazy dachowe zlokalizowane są nad klatkami schodowymi a dostęp do nich umożliwiają zamocowane trwale drabiny metalowe i drewniane.

Przekroje elementów więźby drewnianej:

krokwie	12x14 cm w rozstawie osiowym ok. 80 cm
płatwie	20x20 cm

KROK 2

Doprecyzowanie metody ocieplenia

Ocieplenie dachu w części mieszkalnej poddasza polegać będzie na wymianie istniejącego ocieplenia na nowe o lepszych parametrach (współczynnik przewodzenia ciepła) oraz na montażu dodatkowej warstwy ocieplenia w ruszcie pod krokiewiami. Planuje się zastosowanie **mat z wełny mineralnej ISOVER Super-Mata** o łącznej grubości 29 cm o współczynniku przewodzenia ciepła, który wynosi 0,033 W/(m·K). Całość zostanie obudowana przy użyciu **płyt gipsowo-kartonowych RIGIPS.**

KROK 3

Analiza makroskopowa

Część poddasza jest ocieplona i została zaadaptowana na cele mieszkaniowe. Pozostała część jest nieużytkowa i nieogrzewana, natomiast Inwestor rozważa zmianę sposobu użytkowania całego poddasza na lokale mieszkalne.

W części mieszkalnej poddasza nie stwierdzono występowania nieprawidłowości w obrębie przegrody dachu skośnego.

W nieogrzewanych częściach poddasza podczas oględzin stwierdzono następujące nieprawidłowości i uszkodzenia:

- widoczne lokalnie ślady po dawnych przeciekach,
- zalegające dachówki i śmieci w przestrzeni poddasza.

Stan techniczny konstrukcji dachu określa się jako zadowalający. Nie stwierdzono uszkodzeń pokrycia dachowego z papy.



il. 33. Widok ogólny więźby dachowej w części nieogrzewanej – brak widocznych uszkodzeń.

KROK 4

Ocena konstrukcji dachu pod kątem porażenia mykologicznego oraz porażenia przez szkodniki drewna

Podczas oględzin nie stwierdzono występowania porażenia mykologicznego ani występowania szkodników drewna.

KROK 5

Analiza statyczno – wytrzymałościowa konstrukcji drewnianej

W celu weryfikacji możliwości montażu dodatkowego ocieplenia na konstrukcji dachu przeprowadzono obliczenia sprawdzające. Obliczenia statyczno – wytrzymałościowe wykazały, że warunki nośności oraz maksymalnego ugięcia elementów więźby dachowej zostały spełnione.

il. 34. Widok ogólny pokrycia dachowego – brak widocznych uszkodzeń.



KROK 6

Opracowanie wytycznych dotyczących naprawy dachu oraz innych koniecznych do wykonania robót przed dociepleniem

W przestrzeni lokalu mieszkalnego poddasza nie stwierdzono nieprawidłowości w obrębie dachu skośnego. W przypadku podjęcia decyzji o zmianie sposobu użytkowania nieogrzewanych części poddasza należy przyjąć do realizacji następujące prace budowlane (zalecenie):

- Uprzątnięcie przestrzeni poddasza.

Zagadnienia fizyki budowli

KROK 1

Analiza archiwalnej dokumentacji technicznej

Przeanalizowano dokumenty, jakie udostępnione zostały przez Zarządcę obiektu (dokumentacja archiwalna, raport z przeglądu okresowego, książka obiektu budowlanego). Informacje pozyskane z tychże dokumentów uwzględniono w części rysunkowej oraz w analizach energetycznych i ciepłno-wilgotnościowych (informacje dotyczące rozwiązań materiałowych przegrody).

KROK 2

Doprecyzowanie metody ocieplenia

Ocieplenie dachu w części mieszkalnej poddasza polegać będzie na wymianie istniejącego ocieplenia na nowe o lepszych parametrach (współczynnik przewodzenia ciepła) oraz na montażu dodatkowej warstwy ocieplenia w ruszcie pod krokiewiami. Planuje się zastosowanie **mat z wełny mineralnej ISOVER Super-Mata** o łącznej grubości 29 cm o współczynniku przewodzenia ciepła, który wynosi 0,033 W/(m·K). Całość zostanie obudowana przy użyciu **płyt gipsowo-kartonowych RIGIPS**.

KROK 3

Oględziny przestrzeni poddasza oraz pokrycia dachowego pod kątem szczelności pokrycia na przenikanie wody opadowej

Oględziny pod kątem szczelności pokrycia dachowego wykonano na etapie badań makroskopowych. Stwierdzono szczelność istniejącego pokrycia z papy.

KROK 4

Ocena stanu technicznego membrany dachowej, deskowania oraz pokrycia dachowego

Oględziny deskowania i pokrycia dachowego wykonano na etapie badań makroskopowych. W obrębie części mieszkalnej nie zaobserwowano nieprawidłowości. W części nieogrzewanej na deskowaniu zaobserwowano lokalne ślady po dawnych zaciekach. Stan pokrycia oraz deskowania ocenia się jako dobry.



il. 35. Pomiar wilgotności krokwi za pomocą wilgotnościomierza elektronicznego.

KROK 5

Badanie wilgotności elementów drewnianych

Podczas wizji lokalnej przeprowadzono pomiary wilgotności drewna w kilku wybranych miejscach na poddaszu nieużytkowym. Pomiarów nie prowadzono w części mieszkalnej z uwagi na zabudowę z płyt gipsowo-kartonowych. Pomiary wykonano przy użyciu wilgotnościomierza elektronicznego.

W literaturze³ podaje się, że elementy drewniane znajdujące się w nieogrzewanych pomieszczeniach zamkniętych powinny cechować się wilgotnością równowagową $12\% \pm 3\%$. Można jednak przyjąć, że wilgotność elementów więźby powinna się kształtować w przedziale 15-18%, co odpowiada wynikom uzyskanym podczas pomiarów. Podczas pomiarów nie otrzymano wartości przekraczających 18%. Nie stwierdzono zawilgocenia, które mogłoby wpływać na możliwość rozważanej realizacji ocieplenia całego dachu.

KROK 6

Badanie wilgotności istniejącej warstwy termoizolacyjnej

Z uwagi na brak dostępu do istniejącej warstwy termoizolacyjnej oraz planowane jej usunięcie podczas układania docelowego ocieplenia, odstąpiono od badania jej wilgotności.

KROK 7

Ocena elementów drewnianych pokrycia pod kątem porażenia mykologicznego oraz szkodnikami drewna

Podczas oględzin nie stwierdzono występowania porażenia mykologicznego ani występowania szkodników drewna w obrębie deskowania.

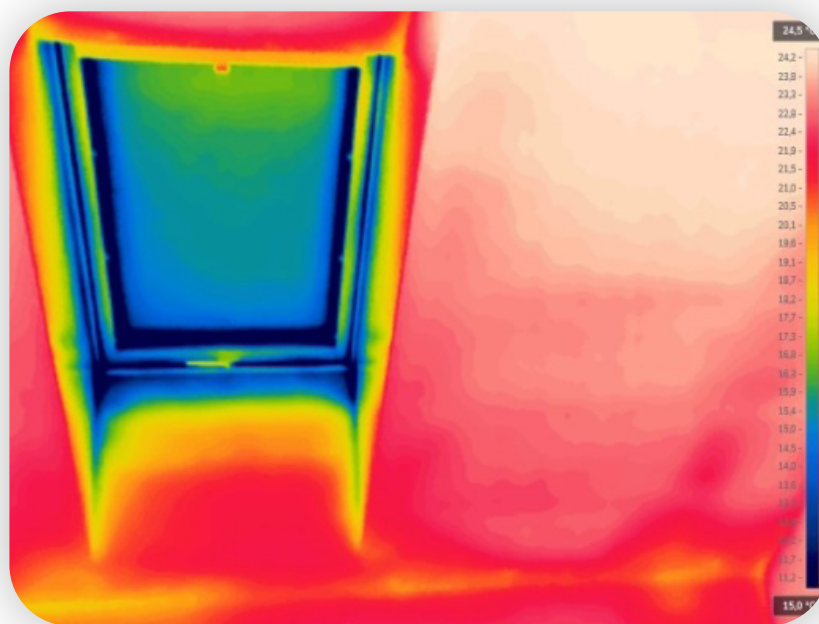
³ Neuhaus H.: Budownictwo drewniane. Polskie Wydawnictwo Techniczne. Rzeszów, 2008 r.

KROK 8

Badania na potrzeby oceny stanu ochrony cieplnej dachu skośnego - termowizja

W celu weryfikacji stanu istniejącego ocieplenia dachu skośnego przeprowadzono badania termowizyjne, przedstawiające wizualizację różnic temperatury na badanych powierzchniach przegród zewnętrznych. W ramach badań nieniszczących przeprowadzono detekcję zaburzeń pola temperatury za pomocą kamery termowizyjnej (badanie termowizyjne). Badanie przeprowadzono od strony mieszkania w godzinach 22:00÷23:00. Temperatura powietrza zewnętrznego podczas badania: -2°C . Temperatura wewnątrz lokalu na poddaszu podczas pomiarów: $+20 \div +23^{\circ}\text{C}$.

Pomimo, iż analizowana przegroda w części mieszkalnej w stanie istniejącym nie zapewnia dostatecznej ochrony cieplnej, przeprowadzone badanie termowizyjne wykazało relatywnie równomierny rozkład pola temperatury na powierzchni wewnętrznej połąci dachowych. Wskazuje to na poprawny stan techniczny istniejącego ocieplenia ułożonego pomiędzy krokwiemi. Zidentyfikowano typowe zaburzenia wynikające z występowania liniowych mostków termicznych (osadzenie okna dachowego, połączenie dach – ściana kolankowa).



il. 36. Termogram wykonany od strony wewnętrznej lokalu mieszkalnego na poddaszu.

KROK 9

Ocena stanu ochrony cieplno – wilgotnościowej dachu skośnego

Dla analizowanego dachu skośnego przeprowadzono kontrolne obliczenia izolacyjności termicznej – tj. współczynnika przenikania ciepła U_c w stanie istniejącym. Uzyskany wynik przyrównano do wartości granicznej współczynnika $U_{c(max)}$ określonej w Rozporządzeniu w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. Wyniki obliczeń wskazują na brak spełnienia przez rozpatrywaną przegrodę wymaganej izolacyjności termicznej. Dach cechuje niski stan ochrony cieplnej. Na podstawie przeprowadzonych obliczeń izolacyjności termicznej dobrano rozwiązanie projektowe ocieplenia (w tym grubość oraz współczynnik przewodzenia ciepła materiału termoizolacyjnego) – patrz rozdział 8 niniejszego opracowania.

KROK 10

Ocena wpływu ocieplenia dachu na budynek w obrębie poddasza

Dla analizowanego budynku wykonano obliczenia zapotrzebowania na energię w stanie po modernizacji przegród ograniczających strefę ogrzewaną. W obliczeniach kompleksowo uwzględniono wszystkie planowane usprawnienia termomodernizacyjne, łącznie z ociepleniem dachu skośnego. Poprawa stanu ochrony cieplnej dachu przyczyni się do zmniejszenia energochłonności rozpatrywanego obiektu (zmniejszenie strat ciepła przez dach), zmniejszenia ryzyka wystąpienia kondensacji powierzchniowej i międzywarstwowej oraz do poprawy warunków komfortu cieplnego w lokalu, do którego przylega analizowany dach skośny.

KROK 11

Ocena w zakresie ochrony przed przegrzaniem pomieszczeń poddasza w okresach podwyższonych temperatur

Z uwagi na ryzyko przegrzewania się pomieszczeń zaleca się zamontowanie rolet przeciwśłonecznych w oknach połaciowych.

KROK 12

Oględziny i badania w zakresie szczelności powietrznej dachu

Z uwagi na planowane usunięcie istniejącego ocieplenia pomiędzy krokwiemi wraz z istniejącą powłoką paroizolacyjną, niniejszy krok został pominięty (w ramach prac ociepleniowych wykonana zostanie nowa powłoka paroizolacyjna). Podczas realizacji prac ociepleniowych od strony mieszkania na poddaszu należy zwrócić szczególną uwagę na szczelność połączeń warstwy paroizolacyjnej.

Inne zagadnienia

KROK 1

Oględziny pod kątem zagadnień ornitologicznych i chiropterologicznych

Rozpatrywane usprawnienie dotyczy ocieplenia dachu skośnego w części mieszkalnej (brak możliwości gniazdowania zwierząt w lokalu). W części strychowej nie stwierdzono śladów wskazujących na gniazdowanie jakichkolwiek zwierząt.

6.7 PODŁOGA NA GRUNCIE

Ocenę stanu technicznego podłogi na gruncie przeprowadzono pod kątem jej termomodernizacji.

Zagadnienia architektoniczne

KROK 1

Analiza dotycząca zagadnienia ochrony konserwatorskiej

Zgodnie z zapisami miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego rozpatrywana przegroda budowlana nie podlega ochronie konserwatorskiej.

KROK 2

Doprecyzowanie metody ocieplenia

Ustalenie rozwiązań ocieplenia podłogi na gruncie. Z uwagi na konieczność zachowania istniejącego poziomu podłogi przyjęto wybranie istniejących warstw podłogowych z częścią gruntu. Na rodzimym podłożu gruntowym wykonana zostanie warstwa betonu podkładowego oraz warstwa hydroizolacyjna. Na warstwie hydroizolacyjnej przyjmuje się ułożenie legarów, pomiędzy którymi ukształtowany zostanie ślepy pułap z desek. Na deskowaniu pomiędzy legarami ułożone zostaną maty z wełny mineralnej do górnej krawędzi legarów. Na legarach ułożone zostaną płyty izolacji akustycznej z wełny mineralnej, które następnie zostaną przekryte folią paroizolacyjną. Wykończenie stanowić będą drewniane deski podłogowe.

KROK 3

Analiza połączeń podłogi z innymi przegrodami

Podczas oględzin na obiekcie rozpoznano połączenia podłogi na gruncie z innymi przegrodami w kontekście planowanej termomodernizacji. Wyodrębniono następujący węzeł konstrukcyjny, który w dalszej części opracowania poddano szczegółowej analizie numerycznej:

- połączenie ściany zewnętrznej i podłogi na gruncie.

KROK 4

Analiza pod kątem spełnienia wymagań w zakresie minimalnych wysokości pomieszczeń

Podczas wizji lokalnej na obiekcie rozpoznano wysokość pomieszczenia pokoju mieszącego się na parterze w obrębie dobudówki szczytowej. W celu zachowania istniejącej wysokości tego pomieszczenia zakłada się wybranie istniejących warstw posadzkowych oraz fragmentu podłoża gruntowego. Ilość wybranego gruntu powinna być taka, aby zachować istniejącą wysokość użytkową pomieszczenia.

KROK 5

Analiza pod kątem wymagań przeciwpożarowych

Przyjęty sposób ocieplenia nie powoduje naruszenia przepisów w zakresie ochrony przeciwpożarowych.

KROK 6

Identyfikacja przebiegu instalacji oraz doprecyzowanie ewentualnej rozbudowy / przebudowy instalacji

Podczas oględzin podłoga została skontrolowana pod względem występowania elementów instalacji. W trakcie wizji lokalnej nie zidentyfikowano elementów instalacyjnych w obrębie analizowanej przegrody.

Zagadnienia konstrukcyjne

KROK 1

Analiza archiwalnej dokumentacji technicznej

Przeanalizowano dokumenty, jakie udostępnione zostały przez Zarządcę obiektu (dokumentacja archiwalna, raport z przeglądu okresowego, książka obiektu budowlanego). Informacje pozyskane z tychże dokumentów uwzględniono w części rysunkowej i rozwiązaniach technicznych.

KROK 2

Doprecyzowanie metody ocieplenia

Ustalenie rozwiązań ocieplenia podłogi na gruncie. Z uwagi na konieczność zachowania istniejącego poziomu podłogi przyjęto wybranie istniejących warstw podłogowych z częścią gruntu. Na rodzimym podłożu gruntowym wykonana zostanie warstwa betonu podkładowego oraz warstwa hydroizolacyjna. Na warstwie hydroizolacyjnej przyjmuje się ułożenie legarów, pomiędzy którymi ukształtowany zostanie ślepy pułap z desek. Na deskowaniu pomiędzy legarami ułożone zostaną maty z wełny mineralnej do górnej krawędzi legarów. Na legarach ułożone zostaną płyty izolacji akustycznej z wełny mineralnej, które następnie zostaną przekryte folią paroizolacyjną. Wykończenie stanowić będą drewniane deski podłogowe.

KROK 3

Badania makroskopowe

W ramach analizy makroskopowej przeprowadzono badania ogólne polegające na oględzinach rozpatrywanej podłogi na gruncie nieuzbrojonym okiem. Podczas oględzin nie było konieczności korzystania z urządzeń pomocniczych. Zaobserwowano ślady wskazujące na zaawansowany stopień zużycia istniejącej posadzki z linoleum.



*il. 42. Oględziny podłogi na gruncie.
Zaawansowany stopień zużycia posadzki z linoleum.*

KROK 4

Analiza statyczno-wytrzymałościowa

Nie dotyczy.

KROK 5

Opracowanie wytycznych dotyczących naprawy lub modyfikacji podłogi na gruncie

Ze względu na potrzebę zachowania istniejącego poziomu posadzki zakłada się całkowitą zmianę warstw podłogowych (łącznie z wybraniem fragmentu gruntu rodzimego).

Zagadnienia fizyki budowli

KROK 1

Analiza archiwalnej dokumentacji technicznej

Przeanalizowano dokumenty, jakie udostępnione zostały przez Zarządcę obiektu (dokumentacja archiwalna, raport z przeglądu okresowego, książka obiektu budowlanego). Informacje pozyskane z tychże dokumentów uwzględniono w części rysunkowej oraz w analizach energetycznych i cieplno-wilgotnościowych (informacje dotyczące rozwiązań materiałowych przegrody).

KROK 2

Doprecyzowanie metody ocieplenia

Ustalenie rozwiązań ocieplenia podłogi na gruncie. Z uwagi na konieczność zachowania istniejącego poziomu podłogi przyjęto wybranie istniejących warstw podłogowych z częścią gruntu. Na rodzimym podłożu gruntowym wykonana zostanie warstwa betonu podkładowego oraz warstwa hydroizolacyjna. Na warstwie hydroizolacyjnej przyjmuje się ułożenie legarów, pomiędzy którymi ukształtowany zostanie ślepy pułap z desek. Na deskowaniu pomiędzy legarami ułożone zostaną maty z wełny mineralnej do górnej krawędzi legarów. Na legarach ułożone zostaną płyty izolacji akustycznej z wełny mineralnej, które następnie zostaną pokryte folią paroizolacyjną. Wykończenie stanowić będą drewniane deski podłogowe.

KROK 3

Badanie wilgotności podłoża

Nie dotyczy (planowana zmiana warstw podłogowych).

KROK 4

Kontrola przegrody pod kątem występowania mikroorganizmów

Podczas wizji lokalnej nie stwierdzono obecności śladów świadczących o występowaniu porażenia przegrody mikroorganizmami. Planuje się całkowitą zmianę warstw podłogowych.

KROK 5

Kontrola stanu technicznego innych elementów przegrody

Nie dotyczy.

KROK 6

Badania na potrzeby oceny stanu ochrony cieplnej podłogi na gruncie

Do oceny stanu technicznego podłogi na gruncie oraz określenia jej właściwości cieplnych przeprowadzono badania niszczące polegające na wykonaniu odkrywki warstw materiałowych. Odkrywka pozwoliła na określenie grubości warstw materiałowych oraz identyfikację materiałową komponentów podłogi. Informacje pozyskane w drodze odkrywek podłużyły do przeprowadzenia obliczeń izolacyjności termicznej przegrody zgodnie z normą PN-EN ISO 13370:2017-09.

KROK 7

Ocena stanu ochrony cieplnej podłogi na gruncie

Dla analizowanej podłogi na gruncie przeprowadzono kontrolne obliczenia izolacyjności termicznej – tj. współczynnika przenikania ciepła U_c w stanie istniejącym. Uzyskany wynik przyrównano do wartości granicznej współczynnika $U_{c(max)}$ określonej w Rozporządzeniu w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. Wyniki obliczeń wskazują na brak spełnienia przez rozpatrywaną przegrodę wymaganej izolacyjności termicznej. Podłogę na gruncie cechuje niski stan ochrony cieplnej. Na podstawie przeprowadzonych obliczeń izolacyjności termicznej dobrano rozwiązanie projektowe ocieplenia (w tym grubość oraz współczynnik przewodzenia ciepła materiału termoizolacyjnego) – patrz rozdział 8 niniejszego opracowania.

KROK 8

Ocena wpływu ocieplenia podłogi na pomieszczenie pokoju w dobudówce na parterze

Dla analizowanego budynku wykonano obliczenia zapotrzebowania na energię w stanie po modernizacji przegród ograniczających strefę ogrzewaną. W obliczeniach kompleksowo uwzględniono wszystkie planowane usprawnienia termomodernizacyjne, łącznie z ociepleniem podłogi na gruncie w dobudówce szczytowej analizowanego budynku. Poprawa izolacyjności termicznej rozpatrywanej przegrody przyczyni się do zmniejszenia strat ciepła przez przenikanie (tym samym zmniejszeniu ulegnie energochłonność budynku) oraz pozytywnie wpłynie na warunki komfortu cieplnego w pomieszczeniu, w którym znajduje się analizowana podłoga na gruncie.

6.8 STROP NAD PIWNICĄ

Ocenę stanu technicznego stropu nad piwnicą przeprowadzono pod kątem jego termomodernizacji.

Zagadnienia architektoniczne

KROK 1

Analiza dotycząca zagadnienia ochrony konserwatorskiej

Zgodnie z zapisami miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego rozpatrywana przegroda budowlana nie podlega ochronie konserwatorskiej.

KROK 2

Doprecyzowanie metody ocieplenia

Ustalenie rozwiązań ocieplenia stropu nad piwnicą. Przyjęto, iż analizowana przegroda zostanie ocieplona wełną mineralną mocowaną do stropu łącznikami mechanicznymi. Ocieplenie zlokalizowane od strony piwnic.

KROK 3

Analiza połączeń podłogi z innymi przegrodami

Podczas oględzin na obiekcie rozpoznano połączenia stropu nad piwnicą z innymi przegrodami w kontekście planowanej termomodernizacji. Wyodrębniono następujący węzeł konstrukcyjny, który w dalszej części opracowania poddano szczegółowej analizie numerycznej:

- połączenie ściany zewnętrznej i stropu nad piwnicą.

KROK 4

Analiza pod kątem spełnienia wymagań w zakresie minimalnych wysokości pomieszczeń

Podczas wizji lokalnej na obiekcie rozpoznano wysokość pomieszczeń piwnicznych. Zastosowanie ocieplenia od strony pomieszczeń piwnicznych spowoduje zmniejszenie wysokości pomieszczeń piwnicznych. Zgodnie z § 97. ust. 1. Rozporządzenia [5.2] wysokość pomieszczenia technicznego i gospodarczego nie powinna być mniejsza niż 2 m. Grubość ocieplenia w stanie projektowanym nie powinna powodować obniżenia wysokości pomieszczeń piwnic do wysokości poniżej 2,0 m. Wysokość pomieszczeń piwnicznych w analizowanym obiekcie wynosi 2,20 m.

KROK 5

Analiza pod kątem wymagań przeciwpożarowych

Dla rozpatrywanej przegrody przeprowadzono dobór rodzaju materiału termoizolacyjnego pod kątem spełnienia wymagań przeciwpożarowych. Z uwagi na występowanie pomieszczeń komunikacyjnych stanowiących drogę ewakuacyjną, przegrody powinny być wykonane z materiałów niepalnych. Stąd do ocieplenia stropu nad piwnicami przyjęto wełnę mineralną.

KROK 6

Identyfikacja przebiegu instalacji oraz doprecyzowanie ewentualnej rozbudowy / przebudowy instalacji

Podczas oględzin na obiekcie rozpoznano przebieg instalacji w obrębie analizowanego stropu nad piwnicą. Zidentyfikowano elementy instalacji wodociągowej, kanalizacyjnej, elektrycznej oraz gazowej. Od inwestora uzyskano informację odnośnie funkcjonowania poszczególnych rodzajów instalacji (wszystkie instalacje w obrębie piwnic są czynne). Ustalono konieczność przełożenia opraw oświetleniowych. Pozostałe instalacje bez zmian.

Zagadnienia konstrukcyjne

KROK 1

Analiza archiwalnej dokumentacji technicznej

Przeanalizowano dokumenty, jakie udostępnione zostały przez Zarządcę obiektu (dokumentacja archiwalna, raport z przeglądu okresowego, książka obiektu budowlanego). Informacje pozyskane z tychże dokumentów uwzględniono w części rysunkowej i rozwiązaniach technicznych.

KROK 2

Doprecyzowanie metody ocieplenia

Ustalenie rozwiązań ocieplenia stropu nad piwnicą. Przyjęto, iż analizowana przegroda zostanie ocieplona wełną mineralną mocowaną do stropu łącznikami mechanicznymi. Ocieplenie zlokalizowane od strony piwnic.

il. 43. Oględziny stropu nad piwnicą. Widoczne ślady korozji dolnej stopki belki stalowej oraz lokalne ubytki tynku.





il. 44. Oględziny stropu nad piwnicą. Widoczne ślady korozji dolnej stopki belki stalowej.

KROK 3

Badania makroskopowe

W ramach analizy makroskopowej przeprowadzono badania ogólne polegające na oględzinach rozpatrywanego stropu nieuzbrojonym okiem. Podczas oględzin nie było konieczności korzystania z urządzeń pomocniczych. Zaobserwowano ślady świadczące o korozji belek stalowych. Brak uszkodzeń świadczących o naruszeniu konstrukcji stropu. Lokalnie widoczne ubytki oraz zarysowania skurczowe wyprawy tynkarskiej.

KROK 4

Analiza statyczno-wytrzymałościowa konstrukcji stropu

Na podstawie inwentaryzacji elementów konstrukcyjnych stropu wykonano kontrolne obliczenia statyczno-wytrzymałościowe stropu. Analiza wykazała, iż planowane ocieplenie stropu nie spowoduje przekroczenia stanu granicznego nośności oraz stanu granicznego użytkowości.

KROK 5

Opracowanie wytycznych dotyczących naprawy lub modyfikacji konstrukcji stropu nad piwnicą

Na podstawie oględzin w piwnicach analizowanego budynku nakreślone zostały wytyczne dotyczące napraw rozpatrywanej przegrody. Ustalono konieczność oczyszczenia z rdzy i zabezpieczenia antykorozyjnego dolnych stopek dwuteowych belek stalowych. Zalecono również uzupełnienie lokalnych ubytków tynku na powierzchni stropu (uzupełnienia wykonać z zaprawy tynkarskiej dostosowanej do istniejących tynków w piwnicach).

Zagadnienia fizyki budowli

KROK 1

Analiza archiwalnej dokumentacji technicznej

Przeanalizowano dokumenty, jakie udostępnione zostały przez Zarządcę obiektu (dokumentacja archiwalna, raport z przeglądu okresowego, książka obiektu budowlanego). Informacje pozyskane z tychże dokumentów uwzględniono w części rysunkowej oraz w analizach energetycznych i cieplno-wilgotnościowych (informacje dotyczące rozwiązań materiałowych przegrody).

KROK 2

Doprecyzowanie metody ocieplenia

Ustalenie rozwiązań ocieplenia stropu nad piwnicą. Przyjęto, iż analizowana przegroda zostanie ocieplona wełną mineralną mocowaną do stropu łącznikami mechanicznymi. Ocieplenie zlokalizowane od strony piwnic.

KROK 3

Badanie stopnia zawilgocenia stropu nad piwnicą

Podczas wizji lokalnej przeprowadzono pomiary wilgotności masowej podłoża stropu nad piwnicą od strony piwnic za pomocą wilgotnościomierza elektronicznego. W wyniku przeprowadzonego badania uzyskano wyniki w zakresie od 2,5% do 3,0%. Na tej podstawie stwierdzono stan suchy podłoża oraz brak przeciwskażeń do przeprowadzenia prac ociepleniowych.

KROK 4

Kontrola podłoża stropu nad piwnicą pod kątem występowania mikroorganizmów

Podczas wizji lokalnej przeprowadzono oględziny stropu nad piwnicą pod kątem porażenia mikroorganizmami. Nie stwierdzono występowania śladów świadczących o występowaniu porażenia analizowanego stropu w pomieszczeniach piwnicznych.

KROK 5

Kontrola stanu technicznego innych elementów przegrody

Nie dotyczy.

KROK 6

Badania na potrzeby oceny stanu ochrony cieplnej stropu

Do oceny stanu technicznego stropu oraz określenia jego właściwości cieplnych przeprowadzono badania niszczące polegające na wykonaniu odkrywek. Odkrywki pozwoliły na określenie grubości poszczególnych warstw materiałowych budujących strop oraz ustalenie wymiarów geometrycznych elementów konstrukcyjnych. Informacje pozyskane w odkrywkach posłużyły do przeprowadzenia obliczeń izolacyjności termicznej przegrody zgodnie z normą PN-EN ISO 6946.

KROK 7

Ocena stanu ochrony cieplnej stropu nad piwnicą

Dla analizowanego stropu wewnętrznego przeprowadzono kontrolne obliczenia izolacyjności termicznej – tj. współczynnika przenikania ciepła U_c w stanie istniejącym. Uzyskany wynik przyrównano do wartości granicznej współczynnika $U_{c(max)}$ określonej w Rozporządzeniu w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. Wyniki obliczeń wskazują na brak spełnienia przez rozpatrywaną przegrodę wymaganej izolacyjności termicznej. Strop nad piwnicą cechuje niski stan ochrony cieplnej. Na podstawie przeprowadzonych obliczeń izolacyjności termicznej dobrano rozwiązanie projektowe ocieplenia (w tym grubość oraz współczynnik przewodzenia ciepła materiału termoizolacyjnego) – patrz rozdział 8 niniejszego opracowania.

KROK 8

Ocena wpływu ocieplenia stropu na pomieszczenia przyległe do przestrzeni nieogrzewanych (piwnice)

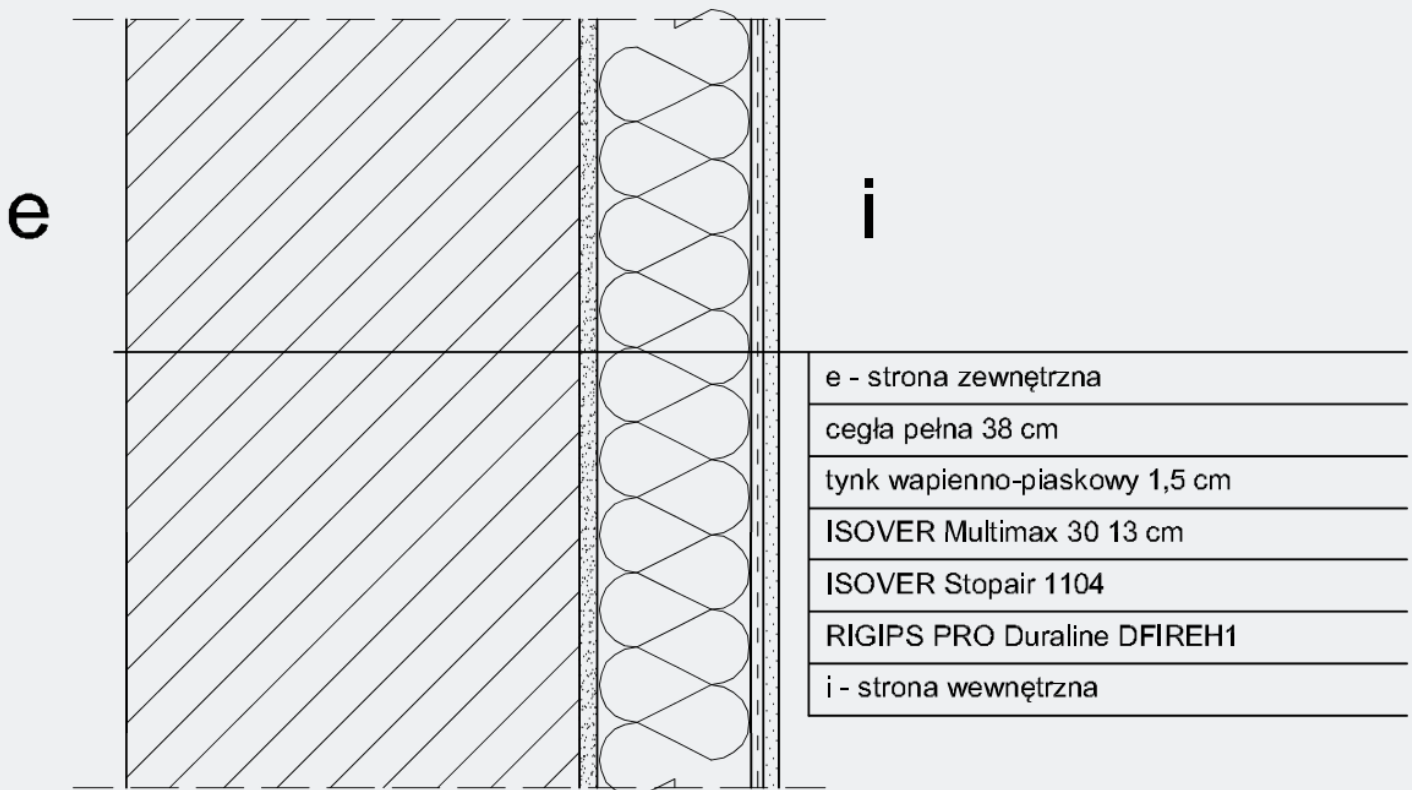
Dla analizowanego budynku wykonano obliczenia zapotrzebowania na energię w stanie po modernizacji przegród ograniczających strefę ogrzewaną. W obliczeniach kompleksowo uwzględniono wszystkie planowane usprawnienia termomodernizacyjne, łącznie z ociepleniem stropu nad piwnicą. Poprawa izolacyjności termicznej rozpatrywanej przegrody przyczyni się do zmniejszenia strat ciepła z mieszkań na poziomie parteru do piwnic (zmniejszenie energochłonności budynku) oraz pozytywnie wpłynie na warunki komfortu cieplnego w pomieszczeniach ogrzewanych parteru.

ROZWIĄZANIA TERMOMODERNIZACJI PRZEGRÓD BUDOWLANYCH

ROZDZIAŁ 7

7.1. ŚCIANY ZEWNĘTRZNE

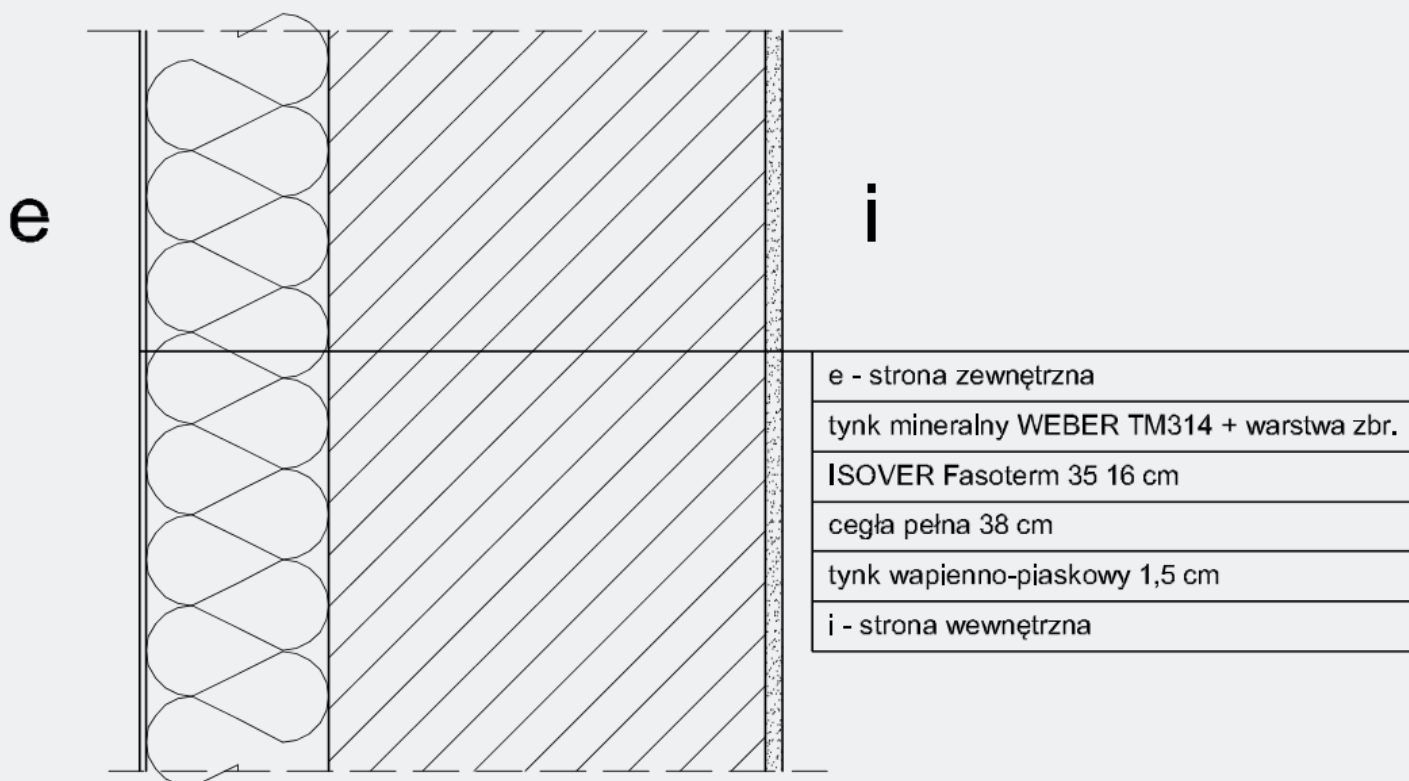
Dla wybranych przegród, które są głównym tematem niniejszego opracowania, oraz układów warstw tych przegród, przygotowano poniżej propozycje rozwiązań termomodernizacyjnych z wykorzystaniem **materiałów i systemów ISOVER, RIGIPS oraz WEBER.**



il. 45. Układ warstw materiałowych dla ściany zewnętrznej frontowej w stanie projektowanym.

Tab. 11. Opis warstw materiałowych dla ściany zewnętrznej frontowej w stanie projektowanym.

L.p.	Nazwa warstwy
1.	zewnętrzna strona przegrody
2.	mur z cegły pełnej gr. 38 cm
3.	tynek wapienno-piaskowy gr. 1,5 cm
4.	ISOVER Multimax 30 gr. 13 cm
5.	ISOVER Stopair 1104
6.	płyta g-k RIGIPS PRO Duraline DFIREH1 gr. 1,25 cm
7.	wewnętrzna strona przegrody



il. 46. Układ warstw materiałowych dla ściany zewnętrznej nieobjętej ograniczeniami konserwatorskimi w stanie projektowanym.

Tab. 12. Opis warstw materiałowych dla ścian zewnętrznych w stanie projektowanym (ściany nieobjęte ograniczeniami konserwatorskimi).

L.p.	Nazwa warstwy
1.	zewnętrzna strona przegrody
2.	tynk mineralny WEBER TM314 + warstwa zbrojona (WEBERBASE UNI W)
3.	ISOVER Fasoterm 35 gr. 16 cm
4.	mur z cegły pełnej gr. 38 cm
5.	tynk wapienno-piaskowy gr. 1,5 cm
6.	wewnętrzna strona przegrody



il. 47. Układ warstw materiałowych dla ściany zewnętrznej szczytowej od strony ulicy Modrzewiowej w stanie projektowanym.

Tab. 13. Opis warstw materiałowych dla ściany zewnętrznej szczytowej od strony ulicy Modrzewiowej w stanie projektowanym.

L.p.	Nazwa warstwy
1.	zewnętrzna strona przegrody
2.	tynk mineralny WEBER TM314 + warstwa zbrojona (WEBERBASE UNI W)
3.	ISOVER Fasoterm 35 gr. 10 cm
4.	mur z cegły pełnej gr. 38 cm
5.	tynk wapienno-piaskowy gr. 1,5 cm
6.	wewnętrzna strona przegrody

ROBOTY PRZYGOTOWAWCZE PRZED PRACAMI OCIEPLENIOWYMI

Prace ociepleniowe winny być poprzedzone następującymi robotami budowlanymi:

- oczyszczenie ścian zewnętrznych z zabrudzeń i wykwitów mikroorganizmów,
- naprawa spękań widocznych na wybranych elewacjach,
- naprawa ubytków i uszkodzeń cegieł oraz zaprawy w spoinach konstrukcji murowej ścian zewnętrznych.

Oczyszczenie elewacji z zabrudzeń i wykwitów mikroorganizmów

Zabrudzenia elewacji oraz wykwity glonów i mchów należy usunąć poprzez czyszczenie elewacji za pomocą myjki ciśnieniowej oraz z ewentualnym wykorzystaniem szczotek. Do czyszczenia elewacji zastosować specjalistyczne środki o właściwościach biobójczych dedykowane do podłoża porażonych algami – odpowiednio dobrana mieszanka algicydów. Elewacje należy dodatkowo odkazić za pomocą substancji czynnych.

Naprawa spękań muru ceglanego

Naprawę konstrukcji murowej ścian zewnętrznych wykonać poprzez zszycie spękań systemowymi prętami wzmacniającymi. Do zszycia stosuje się pręty o średnicy 6 mm ze stali AIII-N. Pręty umieszcza się w bruzdach wykonanych uprzednio w spoinach wspornych na głębokości od 4 do 6 cm. Bruzdy po umieszczeniu prętów wypełnia się systemową zaprawą wzmacniającą aż do lica muru. Pręty rozmieszczane w rozstawie co 20-25 cm kotwi się w murze na odległość 50 cm poza rysę. Spękania wypełnia się systemową elastyczną zaprawą mineralną.

Naprawa ubytków i uszkodzeń cegieł oraz zaprawy w spoinach muru

Należy przeprowadzić naprawę uszkodzeń zaobserwowanych w strukturze muru ścian zewnętrznych. Większe ubytki cegieł uzupełnić poprzez wmurowanie cegieł klinkierowych o barwie zbliżonej do oczyszczonej cegły istniejącej (zaleca się stosowanie cegieł pochodzących z rozbiórki budynków wznoszonych w okresie zbliżonym do przedmiotowego obiektu). Mniejsze ubytki cegieł wypełnić barwioną w masie zaprawą renowacyjną. Luźną zaprawę w spoinach usunąć na głębokość nie mniejszą niż 2 cm. Spoinę wykonać jako półkolistą z użyciem zaprawy do klinkieru z dodatkiem trasu w kolorze szarym.

Pozostałe roboty przygotowawcze

- demontaż obróbek blacharskich parapetów i innych,
- demontaż anten satelitarnych, metalowych mocowań na flagi i innych elementów zamocowanych na elewacjach,
- przełożenie okablowania,
- przełożenie oświetlenia, tabliczek informacyjnych,
- demontaż rynien i rur spustowych.

OCIEPLENIE ŚCIANY FRONTOWEJ OD STRONY WEWNĘTRZNEJ

Ocieplenie ściany zewnętrznej frontowej wykonać od strony wewnętrznej budynku w systemie suchej zabudowy. Jako izolację termiczną zastosować **wełnę mineralną ISOVER Multimax 30** o gr. 13 cm. W celu minimalizacji mostków termicznych w obrębie mocowania okien w ścianach zaleca się zastosowanie ocieplenia z **wełny mineralnej ISOVER Multimax 30** o gr. 3 cm. Izolację termiczną od strony wewnętrznej osłonić **folią paroizolacyjną ISOVER Stopair 1104**. Folię paroizolacyjną należy łączyć na zakład o szerokości minimum 10 cm. Złącza folii należy skleić taśmami paroszczelnymi. W celu zapewnienia szczelności powietrznej należy zapewnić szczelność powłoki paroizolacyjnej na łączeniach z przegrodami usytuowanymi poprzecznie do analizowanej ściany (np. ściany wewnętrzne działowe, ściany wewnętrzne konstrukcyjne, stropy wewnętrzne, ściany zewnętrzne szczytowe). Wykończenie ocieplenia wykonać z **płyt gipsowo-kartonowych RIGIPS PRO Duraline DFIREH1**. Mocowanie płyt g-k zrealizować poprzez systemowy **ruszt RIGIPS Rigistil**.

OCIEPLENIE POZOSTAŁYCH ŚCIAN ZEWNĘTRZNYCH OD STRONY ZEWNĘTRZNEJ

Ocieplenie ścian zewnętrznych (wyłączając elewację frontową) wykonać w systemie **weber. therm WM MINERAL**. Metoda polega na wykonaniu dodatkowej warstwy izolacji termicznej z płyt z **wełny mineralnej ISOVER Fasoterm 35** gr. 16 cm (w przypadku ściany szczytowej południowej przyjęto grubość 10 cm). Płyty są przyklejane do podłoża za pomocą zaprawy klejowej. Na warstwę termoizolacyjną nakłada się warstwę wypraw tynkarskich zbrojonych tkaniną szklaną. Prace należy wykonać zgodnie z instrukcją ITB nr 447/09 oraz WTWiORB – Część C – Zeszyt 8 (Złożone systemy ocieplania ścian zewnętrznych budynków (ETICS) z zastosowaniem styropianu lub wełny mineralnej i wypraw tynkarskich).

Wszelkie prace należy wykonywać zgodnie z informacjami zawartymi w projekcie technicznym ocieplenia, instrukcji ITB, Kartach Technicznych poszczególnych elementów systemu i innych informacjach zawartych w materiałach technicznych systemodawcy.

Prace ociepleniowe należy prowadzić w sprzyjających warunkach atmosferycznych. Temperatura podłoża i otoczenia, zarówno w trakcie prac, jak i w okresie wysychania poszczególnych materiałów, powinna wynosić od +5°C do +25°C. Elewacja powinna zostać osłonięta i zabezpieczona przed wpływem opadów atmosferycznych, bezpośrednim nasłonecznieniem i działaniem silnego wiatru.

Podłoże

W przypadku braku zachowania pionowości płaszczyzny podłoża wykonać ujednoczenie powierzchni za pomocą tynku wyrównującego. Podłoże powinno być nośne, równe i oczyszczone z wszelkich elementów mogących powodować osłabienie przyczepności zaprawy. Przeprowadzić gruntowanie środkiem gruntującym podłoże. Wykonać próbę przyczepności, która polega na przyklejeniu w różnych miejscach na elewacji 8÷10 kostek styropianu o wymiarach 10 x 10 cm i sprawdzeniu połączenia po 3 dniach. Wytrzymałość podłoża można uznać za dostateczną, jeżeli podczas odrywania ręką styropian ulegnie rozerwaniu. Gdy kostka zostanie oderwana wraz z zaprawą i warstwą podłoża oznacza to, że podłoże nie jest wystarczająco nośne.

Mocowanie płyt z wełny mineralnej

Poziom cokołu tj. dolnej krawędzi termoizolacji wyznaczyć na poziome istniejącego cokołu.

Mocowanie płyt z wełny mineralnej należy zacząć od zamontowania listwy startowej cokołowej. Listwę należy wypoziomować, a następnie zamontować za pomocą kołków ramowych w odstępach 30,0 cm. W przypadku nierównej powierzchni ścian, listwę należy wyrównać za pomocą podkładek dystansowych z tworzywa sztucznego.

Podczas przyklejania pierwszego rzędu płyt zwrócić uwagę na jego wypoziomowanie. Jednocześnie należy wkleić pasmo siatki pod dolną krawędź styropianu i wywinąć na wierzch.

Płyty z wełny mineralnej przyklejać metoda całościową. Na płytę nanieść porcję zaprawy klejowej i równomiernie rozprowadzić cienką warstwę, następnie nanieść dodatkową porcję kleju i rozprowadzić ją za pomocą pacy ząbkowanej o wymiarach zębów 10 x 10 x 10 mm.

Mocowanie mechaniczne płyt termoizolacyjnych przeprowadzić najwcześniej po 48 h od przyklejenia płyt (przy optymalnych warunkach atmosferycznych w tym czasie). Mocowanie mechaniczne wykonać za pomocą łączników weber.therm SLD-5 w ilości 6 sztuk/m² na całej wysokości budynku.

Stosować zagłębiony montaż kołków z zatyczkami systemowymi do wełny mineralnej.

Wykonanie warstwy zbrojonej

Warstwę zbrojoną stanowi siatka zbrojąca, wykonana z włókna szklanego, zatopiona w zaprawie klejącej. Przed wykonaniem warstwy zbrojonej należy sprawdzić, czy płyty ułożone są w sposób szczelny. Warstwę zbrojoną należy nanieść po związaniu kleju, nie wcześniej jednak niż po upływie 72 godzin. W celu zwiększenia odporności warstwy termoizolacji na uszkodzenia mechaniczne, na wszystkich narożach pionowych budynku oraz na narożach ościeży drzwi i okien, należy stosować listwę narożną z siatką lub kątowniki. Przy uszczelnianiu podokienników lub połączeniach ocieplenia z elementami elewacji o innej rozszerzalności termicznej zaleca się stosowanie uszczelniaczy poliuretanowych trwale elastycznych. W dalszej kolejności należy wzmocnić powierzchnie ścian w sąsiedztwie styku pionowych i poziomych naroży otworów okiennych i drzwiowych poprzez zatopienie w zaprawie siatki o wymiarach 20x35 cm. Paski te powinny być ustawione pod kątem 45° do linii wyznaczonych przez krawędzie ościeży. Warstwę zbrojoną wykonuje się najwcześniej po upływie 72 godzin od nałożenia płyt termoizolacyjnych. Zaprawę nakłada się i rozprowadza pacą zębatą 10x12 mm tworząc łożę grzebieniowe. Szerokość pasa nałożonej zaprawy wynosi ok. 120,0 cm. Tkaninę zbrojącą z włókna szklanego należy ułożyć pasami na naniesionym kleju delikatnie wciskając ją pacą stalową, a następnie ściągnąć płasko zaprawę wydostającą się przez oczka tkaniny. Tkanina powinna być niewidoczna i całkowicie zatopiona w 1/3 grubości warstwy zbrojonej (licząc od strony powierzchni tej warstwy). Tkaninę należy układać pasami, na zakład min. 10,0 cm, względnie przeciągnąć ją poza krawędzie i otwory okienne. Przy wykańczaniu cokołu, po zatopieniu tkaniny zbrojącej należy obciąć ją natychmiast ostrym nożem przy dolnej krawędzi listwy cokołowej.

Grubość warstwy zbrojonej z pojedynczą warstwą siatki powinna wynosić od 3 do 5 mm.

Warstwa wykończeniowa

Warstwę wykończeniową należy wykonać używając do tego systemowego podkładu tynkarskiego. Następnie należy nanieść systemową masę tynkarską mineralną o uziarnieniu 1,5 mm. Do wykonania warstwy wykończeniowej można przystąpić po 24 godzinach od zagruntowania warstwy zbrojącej.

Kolorystkę wykonać zgodnie z częścią rysunkową opartą o wzornik kolorów systemu weber.therm.

Materiały

Materiały powinny być przechowywane w warunkach uwzględniających ich właściwości. Materiały stosować według ścisłych wytycznych producenta.

- Płyty wełny mineralnej o grubości 16 cm i 10 cm, współczynnik przewodzenia ciepła $\lambda=0,035$ W/(mK):

Naprężenia ściskające przy 10% deformacji	CS (10) ≥ 20 kPa
Wytrzymałość na rozciąganie prostopadle do powierzchni czołowych	TR ≥ 10 kPa

- Środek gruntujący podłoże,
- Zaprawa klejąca do płyt styropianowych i wełny mineralnej,
- Zaprawa klejowa do zatopienia siatki zbrojonej.
- Siatka z włókna szklanego posiadająca aprobatę techniczną:

Gramatura	145 g/m ²
Siła zrywająca po wątku	35 N/mm
Siła zrywająca po osnowie	35 N/mm

- Podkład tynkarski pod wyprawę elewacyjną tynkarską,
- Tynk mineralny,
- Łączniki systemowe do wełny mineralnej posiadające Aprobatę Techniczną lub ETA (europejską aprobatę techniczną), zgodna z ETAG 014 (wytycznymi do europejskich aprobat technicznych).

7.2. ŚCIANY WEWNĘTRZNE



il. 48. Układ warstw materiałowych dla ściany wewnętrznej oddzielającej mieszkanie na poddaszu od nieogrzewanych strychów w stanie projektowanym.

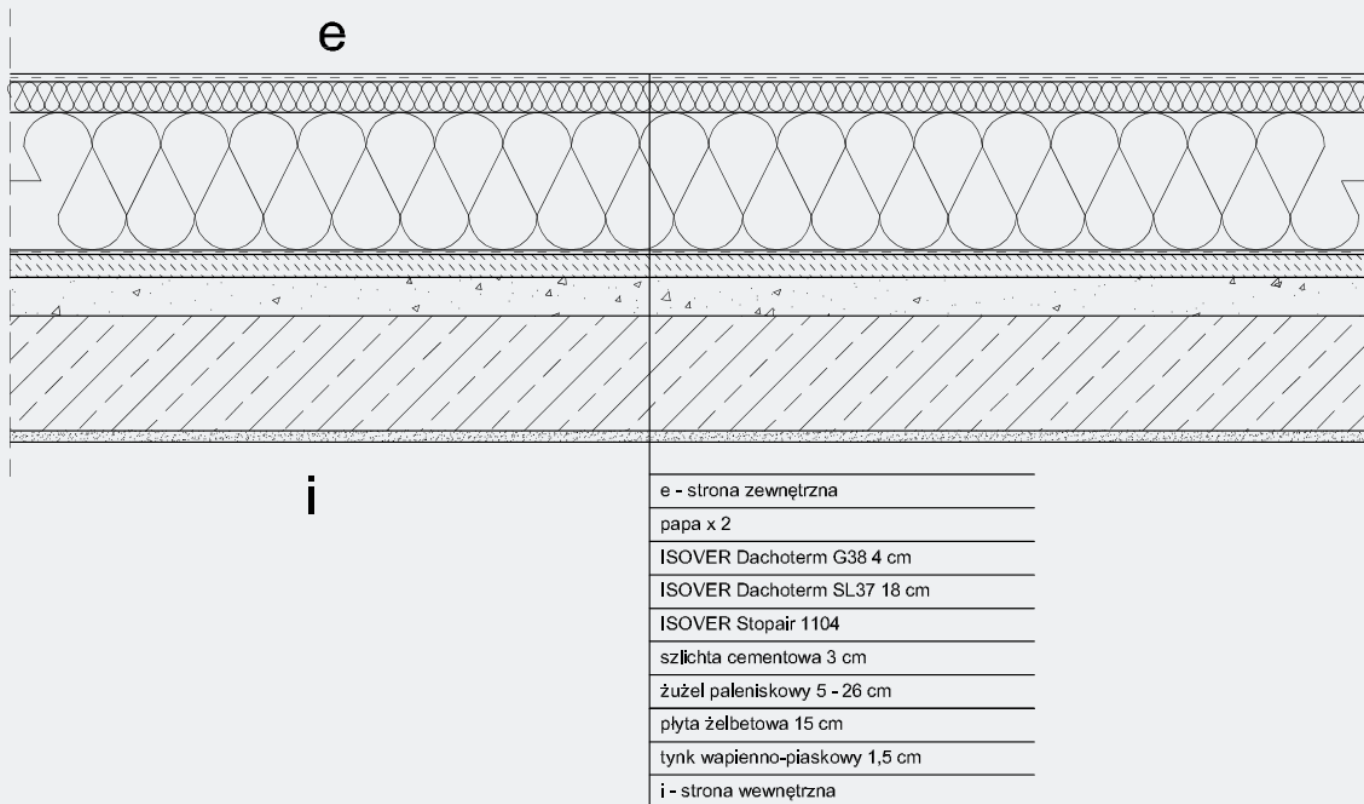
Tab. 14. Opis warstw materiałowych dla ściany wewnętrznej w stanie projektowanym.

L.p.	Nazwa warstwy
1.	wewnętrzna strona przegrody
2.	tynk wapienno-piaskowy gr. 1,5 cm
3.	mur z cegły pełnej gr. 12 cm
4.	tynk wapienno-piaskowy gr. 1,5 cm
5.	ISOVER Aku-Płyta/Akuplat+ gr. 12 cm
6.	RIGIPS PRO AKU Fire+ Hydro typ DFH2 gr. 1,25 cm
7.	wewnętrzna strona przegrody

Przewiduje się ocieplenie ścian wewnętrznych oddzielających lokal mieszkalny na poddaszu od nieogrzewanych strychów. Projektuje się ocieplenie ścian wewnętrznych płytami z wełny mineralnej **Aku-Płyta/Akuplat+** o współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda = 0,037 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$.

Ocieplenie ścian wewnętrznych mieszkania na poddaszu wykonać od strony nieogrzewanych strychów w systemie suchej zabudowy. Wykończenie ocieplenia wykonać z płyt gipsowo-kartonowych **RIGIPS PRO AKU Fire+ Hydro typ DFH2**. Mocowanie płyt g-k zrealizować poprzez ruszt w systemie **RIGIPS (profile RIGIPS ULTRASTIL)**.

7.3. DACH PŁASKI



il. 49. Układ warstw materiałowych dla dachu płaskiego w stanie projektowanym.

Tab. 15. Opis warstw materiałowych dla dachu płaskiego w stanie projektowanym.

L.p.	Nazwa warstwy
1.	zewnętrzna strona przegrody
2.	papa
3.	ISOVER Dachoterm G38 gr. 4 cm
4.	ISOVER Dachoterm SL37 gr. 18 cm
5.	ISOVER Stopair 1104
6.	szlichta cementowa gr. 3 cm
7.	żużel paleniskowy 5÷ 26 cm
8.	płyta żelbetowa gr. 15 cm
9.	tynk wapienno-piaskowy gr. 1,5 cm
10.	wewnętrzna strona przegrody

ZAKRES ROBÓT

Projektuje się wykonanie ocieplenia dachu płaskiego nad nadbudówką.

Kolejność prac:

- [1] Demontaż obróbek blacharskich.
- [2] Demontaż istniejącego pokrycia papowego.
- [3] Oczyszczenie i wyrównanie podłoża.
- [4] Ułożenia membrany paroizolacyjnej.
- [5] Ułożenie ocieplenia w dwóch warstwach z płyt z wełny mineralnej Dachoterm G38 i Dachoterm SL37.
- [6] Wykonanie pokrycia papowego.
- [7] Montaż obróbek blacharskich.

TECHNOLOGIA ROBÓT

Ułożenie membrany paroizolacyjnej

Warstwę paroizolacyjną wykonać przy użyciu folii **ISOVER Stopair 1104**. Podłoże powinno być suche, wolne od starych powłok i zagruntowane.

Ułożenie ocieplenia

Termoizolację wykonać w zestawie **ISOVER Srebrny Dach**. Dolną warstwę ocieplenia stanowić będzie płyta ISOVER Dachoterm SL37 o gr. 18 cm i współczynnika przewodzenia ciepła 0,037 W/(m·K). Warstwę górną stanowi płyta **ISOVER Dachoterm G38** o gr. 4 cm i współczynnika przewodzenia ciepła 0,038 W/(m·K). Warstwy układać mijankowo z przesunięciem min. 10 cm.

Mocowanie mechaniczne wykonać przy użyciu kołków teleskopowych do zastosowania w podłożach betonowych (np. tuleje teleskopowe Rawlplug R-GOK z wkrętami WBT).

Mocując płyty przy wykorzystaniu łączników mechanicznych, ilość łączników, jaką należy zastosować, jest uzależniona od strefy na połąci dachu. Wyróżniamy trzy strefy: wewnętrzną, brzegową (krawędziową) i narożną. Strefę brzegową uznaje się obszar o szerokości 1/8 krótszego boku dachu, wymiar a, nie węższy niż 1 m i nie szerszy niż 4 m. W obrębie strefy brzegowej wyznacza się obszar największego obciążenia wiatrem, strefę narożną. W strefie narożnej przyjmuje się 9 łączników / 1 m², w strefie brzegowej 6 łączników / 1 m², a w strefie wewnętrznej 3 łączniki / 1m².

Wykonanie pokrycia dachowego

Projektuje się wykonanie pokrycia dwuwarstwowego przy użyciu papy podkładowej oraz wierzchniego krycia. Papę należy zgrzewać na całej powierzchni. Przy małych pochyleniach dachu do 10% papy należy układać pasami równoległymi do okapu. Przed ułożeniem papy należy ją rozwinąć w miejscu, w którym będzie zgrzewana, a następnie po przymiarce (z uwzględnieniem zakładu) i ewentualnym koniecznym przycięciu zwinąć ją z dwóch końców do środka. Miejsca zakładów na ułożonym wcześniej pasie papy (z którym łączona będzie rozwijana rolka) należy podgrzać palnikiem i przeciągnąć szpachelką w celu wtopienia posypki na całej szerokości zakładu (12-15cm). Zasadnicza operacja zgrzewania polega na rozgrzaniu palnikiem podłoża oraz spodniej warstwy papy aż do momentu zauważalnego wypływu asfaltu z jednoczesnym powolnym i równomiernym rozwijaniem rolki. Miarą jakości zgrzewu jest wypływ masy asfaltowej o szerokości 0,5-1,0 cm na całej długości zgrzewu.

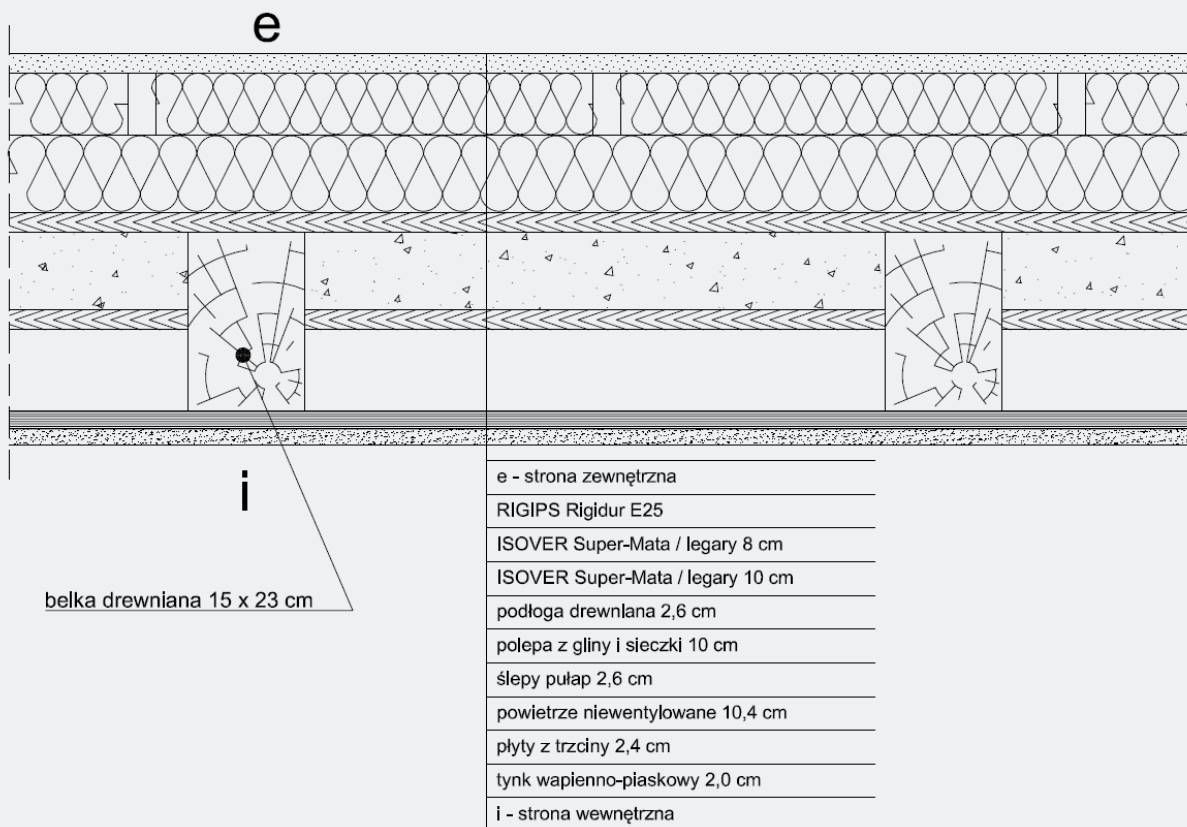
W przypadku, gdy wypływ nie pojawi się samoistnie wzdłuż brzegu rolki, należy docisnąć zakład. Brak wypływu masy asfaltowej świadczy o niefachowym zgrzaniu papy. Arkusze papy należy łączyć ze sobą na zakłady: podłużny 8-10 cm, poprzeczny 12-15 cm. Zakłady powinny być wykonywane zgodnie z kierunkiem spływu wody. Zakłady należy wykonywać ze szczególną starannością. Po ułożeniu kilku rolek i ich wystudzeniu należy sprawdzić prawidłowość wykonania zgrzewów. Miejsca źle zgrzane należy podgrzać (po uprzednim odchyleniu papy) i ponownie skleić. Prace z użyciem pap asfaltowych zgrzewalnych, można prowadzić w temperaturze nie niższej niż 0°C.

W strefie okapowej wykonać obróbkę z blachy stalowej ocynkowanej grubości 0,7 mm i wprowadzić ją na połąc dachową na odległość min. 15 cm. Styk obróbki blacharskiej z izolacją termiczną należy przestłonić paskiem papy. Brzeg papy w pobliżu zagięcia blachy okapowej przycisnąć w czasie zgrzewania wałkiem i dokładnie sprawdzić, czy nastąpił wypływ masy asfaltowej.

Obróbkę kątową połączenia połaci dachowej z elementami pionowym należy wykonać w systemie dwuwarstwowym (papa podkładowa i nawierzchniowa). Na pionowych elementach powierzchnie należy również zagruntować środkiem na wysokość min. 20 cm. Aby nie załamywać papy pod kątem 90° oraz zapobiec odklejeniu się papy na krawędzi styku połaci dachowej z powierzchnią pionową stosuje się listwy styropianowe laminowane papą o przekroju trójkątnym 10 x 10 cm. Zgrzew papy podkładowej poza izoklinem, zarówno na połaci dachowej, jak i na elemencie pionowym, powinien wynosić min. 12 cm. Aby zapobiec miejscowemu zgrubieniu, wyprowadza się papę nawierzchniową ok. 10 cm poza krawędź papy podkładowej. Na powierzchni pionowej papę należy dodatkowo przymocować listwą dociskową (odległość pomiędzy punktami zamocowań ok. 25 cm). Styk listwy ze ścianą wypełniamy uszczelniaczem na bazie bitumu.

Przekrój rynien i rur spustowych analogiczny do istniejącego.

7.4. STROP POD PODDASZEM NIEOGRZEWANYM



il. 50. Układ warstw materiałowych dla stropu wewnętrznego pod nieogrzewanym poddaszem w stanie projektowanym.

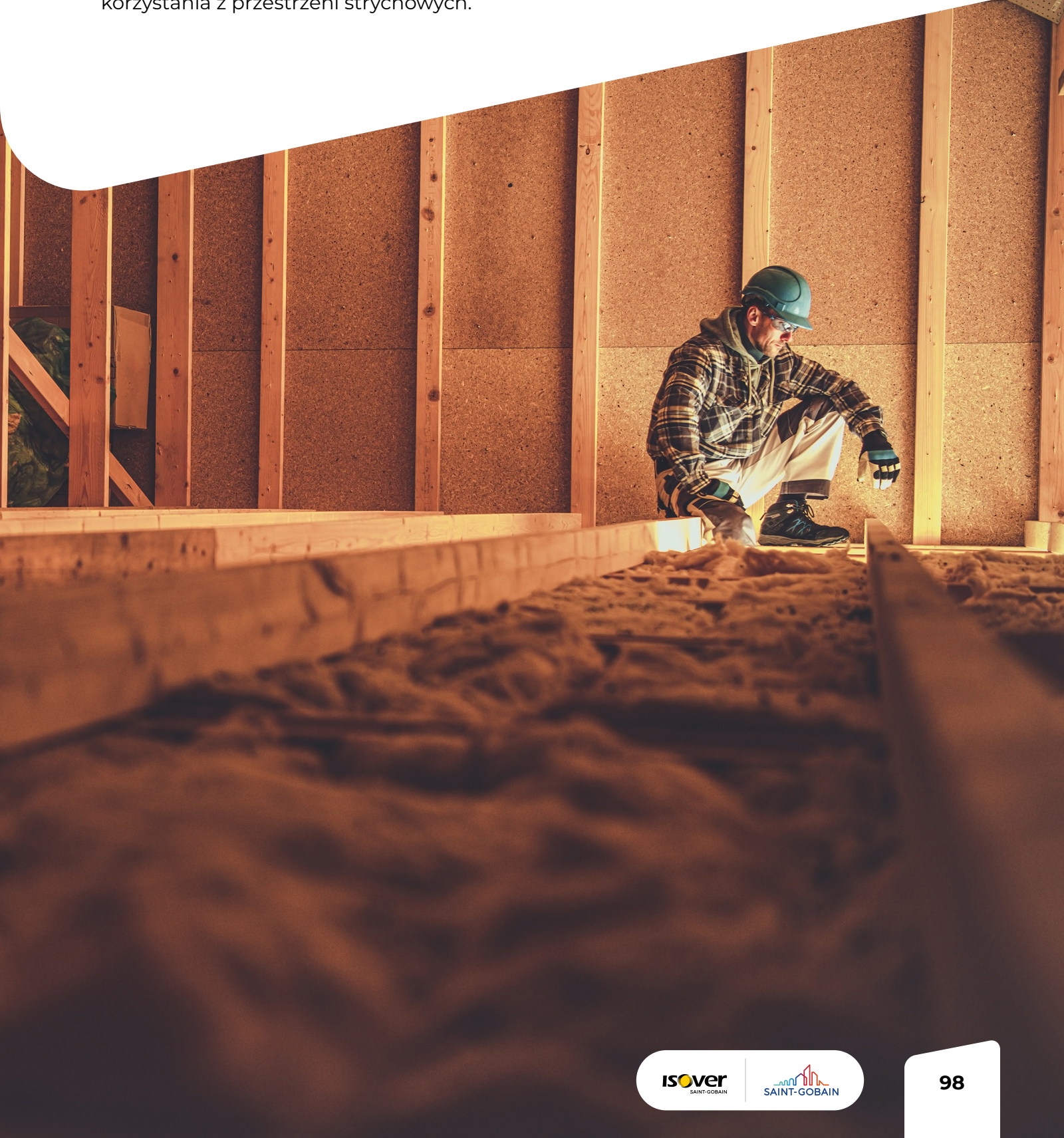
Tab. 16. Opis warstw materiałowych dla stropu poddaszem nieogrzewanym w stanie projektowanym.

L.p.	Nazwa warstwy	
1.	zewnętrzna strona przegrody	
2.	plyty RIGIPS Rigidur E25 gr. 2,5 cm	
3.	ISOVER Super-Mata gr. 18 cm	
4.	podłoga drewniana gr. 2,6 cm	
5.	polepa z gliny i siczki gr. 10 cm	belka drewniana h=23 cm
6.	deska drewniana (ślepy pułap) gr. 2,6 cm	
7.	powietrze niewentylowane gr. 10,4 cm	
8.	plyty z trzciny gr. 2,4 cm	
9.	tynk wapienno-piaskowy gr. 2 cm	
10.	wewnętrzna strona przegrody	

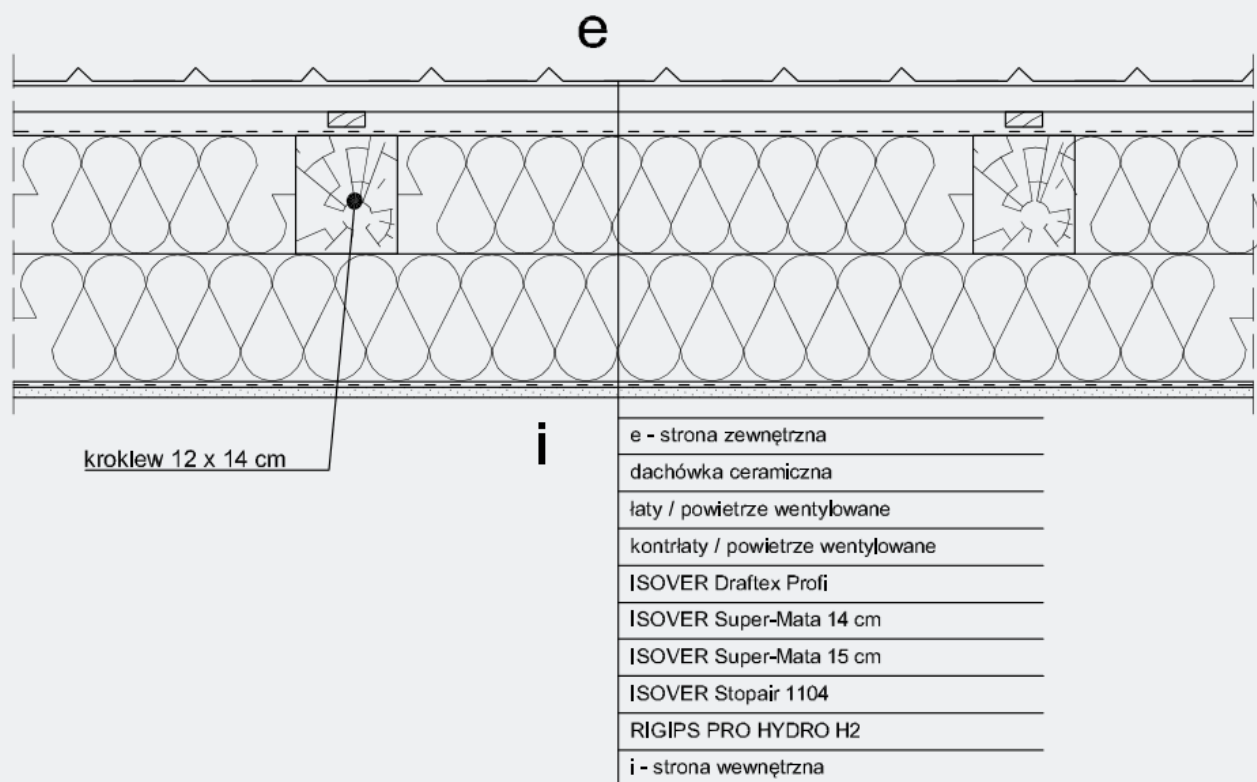
Przewiduje się ocieplenia stropu nad mieszkaniami 2. piętra od strony poddaszy nieogrzewanych. Projektuje się ocieplenie stropu z mat wełny mineralnej ISOVER Super-Mata o współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda = 0,033 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ i grubości 18 cm w dwóch warstwach (10 cm + 8 cm).

Prace należy wykonać w następujący sposób:

- przygotowanie podłoża poprzez oczyszczenie szczotką powierzchni stropu z kurzu i pyłu;
- montaż krzyżowo ułożonych legarów drewnianych poprzecznie do belek konstrukcyjnych stropu;
- ułożenie wełny mineralnej między legarami o gr. 10 cm + 8 cm;
- ułożenie płyty RIGIPS Rigidur E25 o gr. 25 mm w celu umożliwienia korzystania z przestrzeni strychowych.



**7.5. DACH SKOŚNY
KRYTY DACHÓWKĄ
OCIEPLENIE PODKROKWIOWE**



il. 51. Układ warstw materiałowych dla dachu skośnego krytego dachówką ceramiczną w stanie projektowanym (ocieplenie podkrokwiowe).

Tab. 17. Opis warstw materiałowych dla dachu skośnego krytego dachówką ceramiczną w stanie projektowanym (ocieplenie podkrokwiowe).

L.p.	Nazwa warstwy	
1.	zewnętrzna strona przegrody	
2.	pokrycie dachowe (dachówka)	
3.	szczelina wentylacyjna	
4.	ISOVER Draftex Profi	
5.	ISOVER Super-Mata gr. 14 cm	krokiew h=14 cm
6.	ISOVER Super-Mata gr. 15 cm	
7.	ISOVER Stopair 1104	
8.	RIGIPS PRO HYDRO H2 gr. 1,25 cm	
9.	wewnętrzna strona przegrody	

ZAKRES ROBÓT

Projektuje się wykonanie ocieplenia połaci dachowych poprzez ułożenie materiału termoizolacyjnego międzykrokwiowo oraz podkrokwiowo w częściach mieszkalnych poddasza. Prace wymagają ingerencji w przestrzeń mieszkalną, dlatego należy prowadzić je etapowo – pomieszczenie po pomieszczeniu.

Kolejność prac:

- [1]** Demontaż istniejących płyt gipsowo – kartonowych.
- [2]** Demontaż istniejącego rusztu.
- [3]** Demontaż istniejącego ocieplenia z mat z wełny szklanej.
- [4]** Kontrola stanu technicznego odsłoniętych krokwi oraz ciągłości folii wiatroizolacyjnej.
- [5]** Ułożenie między krokwiami mat z wełny mineralnej ISOVER Super – Mata o grubości 14 cm i współczynniku przewodzenia ciepła 0,033 W/(m·K).
- [6]** Wykonanie rusztu z profili stalowych.
- [7]** Ułożenie w ruszcie mat z wełny mineralnej ISOVER Super – Mata o grubości 15 cm i współczynniku przewodzenia ciepła 0,033 W/(m·K).
- [8]** Montaż folii paroizolacyjnej ISOVER Stopair 1104 gr. 0,2 mm.
- [9]** Wykonanie zabudowy z użyciem płyt gipsowo – kartonowych RIGIPS PRO HYDRO H2.
- [10]** Szpachlowanie płyt i dwukrotne malowanie powierzchni.

TECHNOLOGIA ROBÓT

Kontrola stanu technicznego

Po przeprowadzeniu robót demontażowych należy skontrolować stan odsłoniętej konstrukcji dachu tj. krokwi oraz istniejącej folii wiatroizolacyjnej. Należy zwrócić uwagę na występowanie zawilgoceń, uszkodzeń mechanicznych oraz występowanie szkodników drewna. Za elementy zawilgocone należy ponadto uznać takie, których zmierzona wilgotność przekracza 20%. W razie konieczności przeprowadzić odcinkowe wymiany elementów. Dopuszcza się wymianę odcinkową z zachowaniem zasad wykonywania połączeń ciesielskich. Za elementy zawilgocone należy ponadto uznać takie, których zmierzona wilgotność przekracza 20%. Stosować elementy o analogicznych przekrojach do istniejących. Stosować drewno zaimpregnowane przeciw grzybami i owadami, konstrukcyjne klasy C24. Stwierdzone nieciągłości folii wiatroizolacyjnej należy uzupełnić. Kontrola stanu technicznego wymienionych elementów w części mieszkalnej nie jest możliwa na etapie inwentaryzacji projektowej oraz przedprojektowej ocenie stanu technicznego, ponieważ elementy podlegające sprawdzeniu są zabudowane.

Ułożenie ocieplenia z wełny mineralnej międzykrokwiowo

Projektuje się ułożenie mat z wełny mineralnej **ISOVER Super – Mata** o grubości 14 cm i współczynnika przewodzenia ciepła 0,033 W/(m·K). Proces układania wełny rozpocząć od pomiaru rozstawu krokwi. Pasma maty termoizolacyjnej dociąć na żądany wymiar z zachowaniem naddatku wynoszącego 2 cm względem pomierzonego rozstawu krokwi. Maty ISOVER Super – Mata ułożyć na wcisk między krokwiemi. Dodatkowe sznurkowanie od spodu krokwi nie jest wymagane, ponieważ maty te są materiałem samonośnym.

Wykonanie rusztu metalowego

Ruszt wykonać przy użyciu elementów RIGIPS Rigistil. Zakłada się rozstaw wieszaków wynoszący 40 cm, przy czym należy przestrzegać rozstawów określonych przez producenta płyt gipsowo – kartonowych. Mocowanie do krokwi przy użyciu dedykowanych łączników.

Ułożenie ocieplenia z wełny mineralnej pod krokwiami

Drugą warstwę ocieplenia wykonać z mat z wełny mineralnej ISOVER Super – Mata o grubości 15 cm i współczynnika przewodzenia ciepła 0,033 W/(m·K). Maty ułożyć między wykonanym rusztem z zachowaniem odpowiedniego naddatku szerokości maty.

Ułożenie paroizolacji

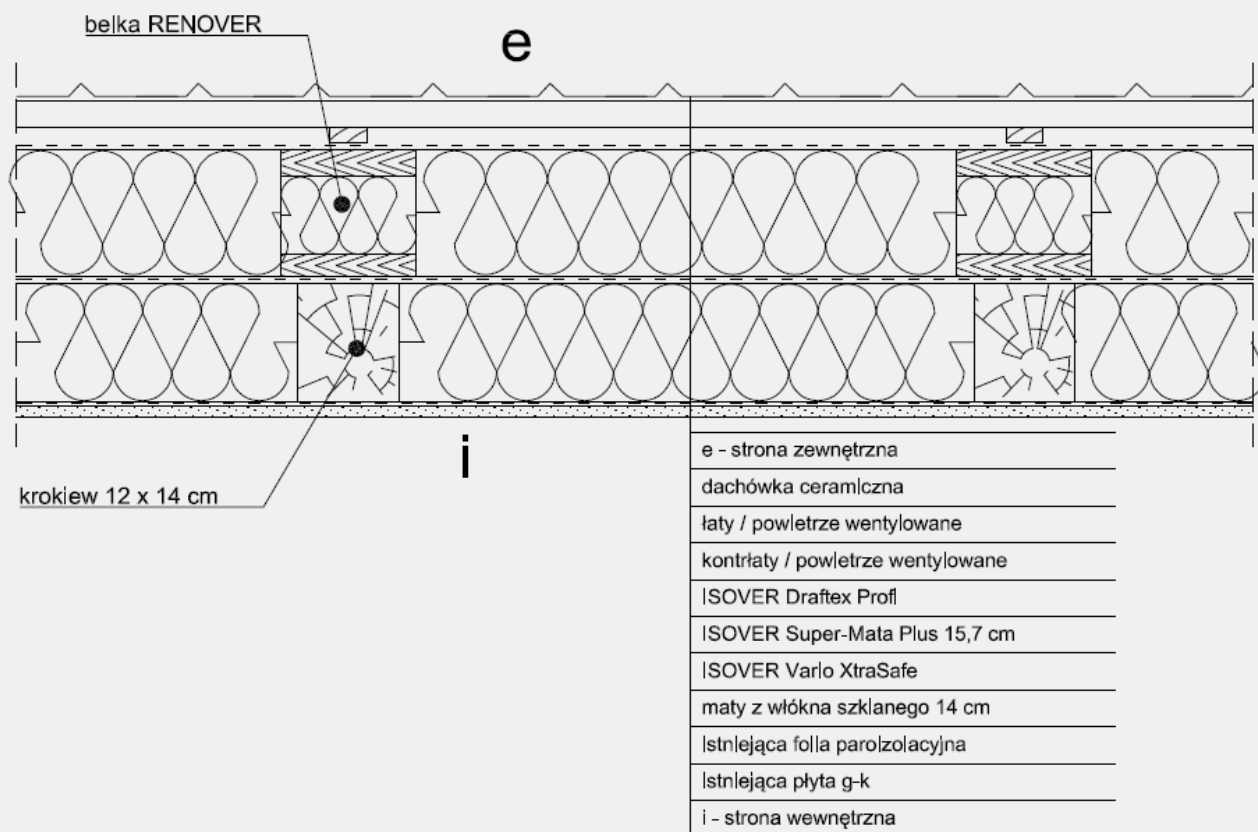
Paroizolację ocieplonego dachu wykonać z folii ISOVER Stopair 1104 gr. 0,2 mm.

Folię mocować do profili rusztu metalowego przy użyciu taśmy dwustronnej ISOVER. Łączenia poszczególnych pasm folii paroizolacyjnej, załamania i styki uszczelnić przy użyciu dedykowanej taśmy jednostronnej np. **ISOVER VARIO KB1** lub **VARIO MultiTape**.

Montaż okładziny i szpachlowanie

Montaż płyt gipsowo kartonowych RIGIPS PRO HYDRO H2 wykonać układając je dłuższą krawędzią prostopadle do rusztu metalowego. Mocowanie wykonać przy użyciu wkrętów samowiercących delikatnie je zagłębiając. Umożliwi to ich prawidłowe wykończenie podczas szpachlowania. Na stykach z murem stosować taśmy uszczelniające **ISOVER Vario Bond**. Płyty mocować w pierwszej kolejności na skosach i następnie na suficie. Krawędzie, łączenia i wkręty zaszpachlować przy użyciu masy szpachlowej i usunąć nadmiar po stwardnieniu. Następnie wykonać szpachlowanie wykończeniowe. Po wyschnięciu przeprowadzić szlifowanie przy użyciu papieru ściernego o gradacji 180-220 lub siatki ścierniej. Powierzchnie suchej zabudowy zagruntować i pomalować.

**7.6. DACH SKOŚNY
KRYTY DACHÓWKĄ
OCIEPLENIE NAKROKWIOWE**



il. 52. Układ warstw materiałowych dla dachu skośnego krytego dachówką ceramiczną w stanie projektowanym (ocieplenie nakrokwiowe).

Tab. 18. Opis warstw materiałowych dla dachu skośnego krytego dachówką ceramiczną w stanie projektowanym (ocieplenie nakrokwiowe).

L.p.	Nazwa warstwy	
1.	zewnątrzna strona przegrody	
2.	pokrycie dachowe (dachówka)	
3.	szczelina wentylacyjna	
4.	ISOVER Draftex Profi	
5.		deska drewniana Taurus Renover gr. 3,2 cm
6.	ISOVER Super-Mata Plus	ISOVER Taurus Renover gr. 10 cm
7.		deska drewniana Taurus Renover gr. 2,5 cm
8.	ISOVER Varlo XtraSafe	
9.	istn. maty z włókna szkl. gr. 14 cm	krokiew h=14 cm
10.	istniejąca folia paroizolacyjna (PE)	
11.	istniejąca płyta g-k gr. 1,25 cm	
12.	wewnętrzna strona przegrody	

ZAKRES ROBÓT

Projektuje się ocieplenie dachu, które polegać będzie na wykonaniu ocieplenia nakrokwiowego w systemie ISOVER Renover. W części mieszkalnej planuje się pozostawienie istniejącego ocieplenia międzykrokwiowego po uprzednim zbadaniu jego stanu technicznego. W pozostałej części dachu, dla której docelowo planuje się adaptację na cele mieszkalne, na bieżącym etapie nie planuje się dodatkowego ocieplenia międzykrokwiowego. Termoizolację w tym miejscu należy ułożyć podczas prowadzenia kompleksowych robót związanych ze zmianą sposobu użytkowania poddasza nieużytkowego na lokale mieszkalne – poza zakresem opracowania.

Kolejność prac:

- [1]** Przygotowanie narzędzi i materiałów.
- [2]** Montaż i odbiór rusztowań.
- [3]** Demontaż obróbek blacharskich.
- [4]** Demontaż istniejącego pokrycia dachowego wraz z ołaczeniem i wiatroizolacją.
- [5]** Kontrola stanu technicznego odsłoniętych krokwi.
- [6]** Ułożenie folii ISOVER Vario XtraSafe.
- [7]** Montaż belek systemu ISOVER Renover,
- [8]** Ułożenie nad poziomem krokwi mat z wełny mineralnej ISOVER Super-Mata Plus o grubości 16 cm i współczynnika przewodzenia ciepła 0,032 W/(m·K),
- [9]** Ułożenie folii wiatroizolacyjnej ISOVER Draftex Profi,
- [10]** Montaż łąt i kontrłąt,
- [11]** Ułożenie pokrycia dachowego oraz montaż obróbek blacharskich.

TECHNOLOGIA ROBÓT

Kontrola stanu technicznego

Po przeprowadzeniu robót demontażowych należy skontrolować stan odsłoniętej konstrukcji dachu tj. krokwi. Należy zwrócić uwagę na występowanie zawilgoceń, uszkodzeń mechanicznych oraz występowanie szkodników drewna. Za elementy zawilgocone należy ponadto uznać takie, których zmierzona wilgotność przekracza 20%. W razie konieczności przeprowadzić odcinkowe wymiany elementów. Dopuszcza się wymianę odcinkową z zachowaniem zasad wykonywania połączeń ciesielskich. Za elementy zawilgocone należy ponadto uznać takie, których zmierzona wilgotność przekracza 20%. Stosować elementy o analogicznych przekrojach do istniejących. Stosować drewno zaimpregnowane przeciw grzybami i owadami, konstrukcyjne klasy C24. Kontrola stanu technicznego wymienionych elementów w części mieszkalnej nie jest możliwa na etapie inwentaryzacji projektowej oraz przedprojektowej ocenie stanu technicznego, ponieważ elementy podlegające sprawdzeniu są zabudowane.

Montaż belek systemu Renover

Montaż elementów systemu **ISOVER Renover** polega na przykręceniu do krokwi prefabrykowanych belek. Pojedyncza belka składa się z dwóch desek wykonanych z drewna konstrukcyjnego C24 o grubości 25 mm i 32 mm. Pomiędzy deskami umieszczona jest wytrzymała mechanicznie płyta z wełny mineralnej **ISOVER Taurus** o grubości 100 mm. Całość spięta jest taśmami. Belki docina się na zadaną długość przy użyciu piły łańcuchowej lub piły ręcznej. Wymiary belki wynoszą 2400/160/157 mm. Belki mocuje się rozpoczynając od strefy okapowej w górę przy użyciu wkrętów z podkładką w osi krokwi np. Wkręt-Met WKCS. Głębokość mocowania 50 mm. Rozstaw łączników powinien wynosić 75 cm w środkowych strefach dachu oraz 50 cm w strefach krawędziowych.

Ułożenie ocieplenia pomiędzy belkami systemu Renover

Pomiędzy belkami projektuje się ułożenie mat z wełny mineralnej ISOVER Super-Mata Plus o grubości 16 cm i współczynnika przewodzenia ciepła 0,032 W/(m·K). Proces układania wełny rozpocząć od pomiaru rozstawu belek. Pasma maty termoizolacyjnej dociąć na żądany wymiar z zachowaniem nadkładu wynoszącego 2 cm względem pomierzonego rozstawu belek. Maty ISOVER Super-Mata Plus układać od kalenicy w dół, na wcisk. Sznurkowanie nie jest konieczne.

Ułożenie folii wiatroizolacyjnej

Wiatroizolację wykonać przy użyciu membrany **ISOVER Draftex Profi**. Membranę montuje się zszywkami przy użyciu takera, a następnie dodatkowo przy użyciu ołacenia. Wiatroizolacja może być montowana na styk z termoizolacją z uwagi na wysoką paroprzepuszczalność.

Wykonanie ołacenia

Zastosować kontrłaty i łaty o przekroju 6x4 cm z drewna sosnowego C24. Rozstaw łat powinien mieścić się w zakresie 14,5 do 16,5 cm przy czym zaleca się przyjęcie 16 cm. Minimalne przekrycie dachówek 6 cm. Mocowanie ołacenia przy użyciu wkrętów np. Wkręt-Met WHT-60080. Głębokość mocowania 40 mm.

Wykonanie pokrycia dachowego

Projektuje się wykonanie pokrycia dachowego z dachówki ceramicznej – rozwiązanie analogiczne jak w stanie istniejącym. Dopuszcza się zastosowanie dachówki z demontażu pod warunkiem zachowania spójności kolorystycznej połaci dachowych i po uprzedniej kontroli ich stanu technicznego.

Należy mocować wszystkie dachówki: szczytowe, okapowe, kalenicowe, gąsiory, przy elementach przecinających połac dachu (okna połaciowe, kominy). Zaleca się stosowanie gwoździ miedzianych, aluminiowych, ewentualnie ocynkowanych o wielkości 2,2 x 50 mm.

Gąsiory układa się na łacie z zachowaniem niezbędnego przewietrzania i mocuje dedykowanymi klamrami. Ostatni rząd dachówek musi być wykonany z elementów specjalnych tzw. dachówek kalenicowych tak, aby zachować krotkość krycia. Górne krawędzie dachówek muszą być wsunięte min. 30 mm w krzywiznę gąsiora.

Ponadto, w celu zapewnienia właściwych warunków wentylacji dla połaci dachowej, stosuje się taśmy wentylacyjno - uszczelniające kalenicę i grzbiet, wyprowadzone spod gąsiorów i przyklejone do najwyższego rzędu dachówek. Zakończenia kalenicy tworzą elementy specjalne, takie jak gąsiory początkowe i końcowe lub płytki zamykające kalenicę i grzbiet.

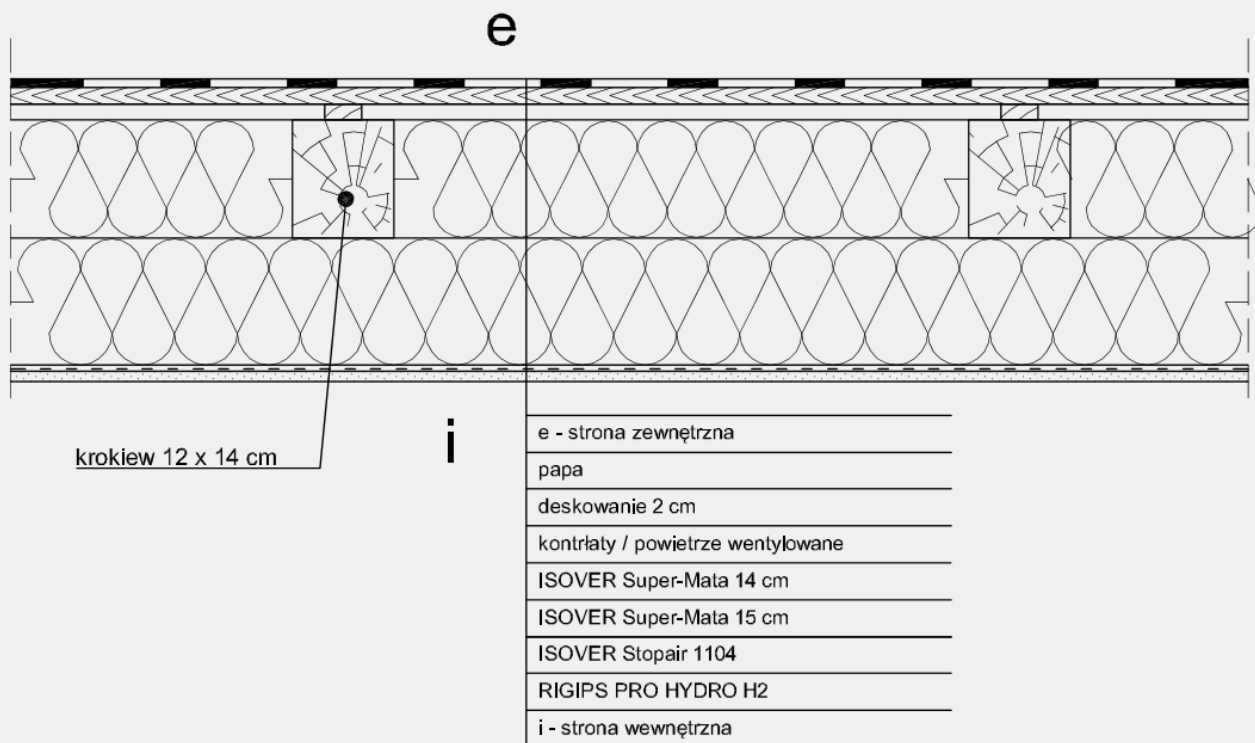
Aby zapewnić cyrkulację powietrza pod połacią na kalenicy musi zostać zapewniony efektywny przekrój wentylacyjny min. 0,5‰ powierzchni dachu. W zależności od produktu rozwiązanie takie zapewnia przekrój właściwy dla danego modelu taśmy, który należy sprawdzić przed przystąpieniem do jej montażu (przykładowo taśma o przekroju wentylacyjnym $LQ=100 \text{ cm}^2/\text{mb}$ kalenicy na dwie strony dachu zapewnia przewietrzanie połaci o długości krokwi 10 m dla jednej strony dachu).

Wzdłuż okapów wykonać nowe pasy nadrynnowe z blachy w sposób zapewniający prawidłowe odprowadzenie wody do rynien. Wzdłuż okapu należy zapewnić wentylację połaci dachowej. W tym celu należy zastosować dachówki wentylacyjne lub odpowiednią perforowaną blachę nad rynną. Rozwiązanie wlotu powietrza pod połac na okapie musi zapewniać efektywny przekrój wentylacyjny min. 2‰ powierzchni dachu.

Szczególną uwagę zwrócić na prawidłowe wykonanie styków, kalenicy, okapu, wentylacji oraz mocowania mechanicznego. Wszelkie obróbki blacharskie wykonać z blachy tytanowo – cynkowej w kolorze naturalnym srebrnym. Grubość blachy 0,7 mm. Przekrój rynien i rur spustowych analogiczny do istniejącego.



**7.7. DACH SKOŚNY
KRYTY PAPA**
OCIEPLENIE PODKROKWIOWE



il. 53. Układ warstw materiałowych dla dachu skośnego krytego papą na deskowaniu w stanie projektowanym (ocieplenie podkrokwiowe).

Tab. 19. Opis warstw materiałowych dla dachu skośnego krytego dachówką ceramiczną w stanie projektowanym (ocieplenie podkrokwiowe).

L.p.	Nazwa warstwy	
1.	zewnętrzna strona przegrody	
2.	pokrycie dachowe (papa)	
3.	deskowanie	
4.	szczelina wentylacyjna	
5.	ISOVER Super-Mata gr. 14 cm	krokiew h=14 cm
6.	ISOVER Super-Mata gr. 15 cm	
7.	ISOVER Stopair 1104	
8.	RIGIPS PRO HYDRO H2 gr. 1,25 cm	
9.	wewnętrzna strona przegrody	

ZAKRES ROBÓT

Projektuje się wykonanie ocieplenia połaci dachowych poprzez ułożenie materiału termoizolacyjnego międzykrokwiowo oraz podkrokwiowo w częściach mieszkalnych poddasza. Prace wymagają ingerencji w przestrzeń mieszkalną, dlatego należy prowadzić je etapowo – pomieszczenie po pomieszczeniu.

Kolejność prac:

- [1]** Demontaż istniejących płyt gipsowo – kartonowych.
- [2]** Demontaż istniejącego rusztu.
- [3]** Demontaż istniejącego ocieplenia z mat z wełny szklanej.
- [4]** Kontrola stanu technicznego odsłoniętych krokwi oraz ciągłości folii wiatroizolacyjnej.
- [5]** Ułożenie między krokwiami mat z wełny mineralnej ISOVER Super – Mata o grubości 14 cm i współczynnika przewodzenia ciepła 0,033 W/(m·K).
- [6]** Wykonanie rusztu z profili RIGIPS Rigistil.
- [7]** Ułożenie w ruszcie mat z wełny mineralnej ISOVER Super – Mata o grubości 15 cm i współczynnika przewodzenia ciepła 0,033 W/(m·K).
- [8]** Montaż folii paroizolacyjnej ISOVER Stopair 1104 gr. 0,2 mm.
- [9]** Wykonanie zabudowy z użyciem płyt gipsowo – kartonowych RIGIPS PRO HYDRO H2.
- [10]** Szpachlowanie płyt i dwukrotne malowanie powierzchni.

TECHNOLOGIA ROBÓT

Kontrola stanu technicznego

Po przeprowadzeniu robót demontażowych należy skontrolować stan odsłoniętej konstrukcji dachu tj. krokwi oraz istniejącej folii wiatroizolacyjnej. Należy zwrócić uwagę na występowanie zawilgoceń, uszkodzeń mechanicznych oraz występowanie szkodników drewna. Za elementy zawilgocone należy ponadto uznać takie, których zmierzona wilgotność przekracza 20%. W razie konieczności przeprowadzić odcinkowe wymiany elementów. Dopuszcza się wymianę odcinkową z zachowaniem zasad wykonywania połączeń ciesielskich. Za elementy zawilgocone należy ponadto uznać takie, których zmierzona wilgotność przekracza 20%. Stosować elementy o analogicznych przekrojach do istniejących. Stosować drewno zaimpregnowane przeciw grzybami i owadami, konstrukcyjne klasy C24. Stwierdzone nieciągłości folii wiatroizolacyjnej należy uzupełnić. Kontrola stanu technicznego wymienionych elementów w części mieszkalnej nie jest możliwa na etapie inwentaryzacji projektowej oraz przedprojektowej ocenie stanu technicznego, ponieważ elementy podlegające sprawdzeniu są zabudowane.

Ułożenie ocieplenia z wełny mineralnej międzykrokwiowo

Projektuje się ułożenie mat z wełny mineralnej **ISOVER Super – Mata** o grubości 14 cm i współczynnika przewodzenia ciepła 0,033 W/(m·K). Proces układania wełny rozpocząć od pomiaru rozstawu krokwi. Pasma maty termoizolacyjnej dociąć na żądany wymiar z zachowaniem naddatku wynoszącego 2 cm względem pomierzonego rozstawu krokwi. Maty ISOVER Super – Mata ułożyć na wcisk między krokwiemi. Dodatkowe sznurkowanie od spodu krokwi nie jest wymagane, ponieważ maty te są materiałem samonośnym.

W uwagi na występujące deskowanie pełne należy pozostawić szczelinę wentylacyjną o grubości min. 3 cm nad projektowanym ociepleniem. W tym celu wykonać sznurkowanie między krokwiemi, które zapewni wymagany dystans.

Wykonanie rusztu metalowego

Ruszt wykonać przy użyciu elementów **RIGIPS Rigistil**. Zakłada się rozstaw wieszaków wynoszący 40 cm, przy czym należy przestrzegać rozstawów określonych przez producenta płyt gipsowo – kartonowych. Mocowanie do krokwi przy użyciu dedykowanych łączników.

Ułożenie ocieplenia z wełny mineralnej pod krokwiemi

Drugą warstwę ocieplenia wykonać z mat z wełny mineralnej **ISOVER Super – Mata** o grubości 15 cm i współczynnika przewodzenia ciepła 0,033 W/(m·K). Maty ułożyć między wykonanym rusztem z zachowaniem odpowiedniego naddatku szerokości maty.

Ułożenie paroizolacji

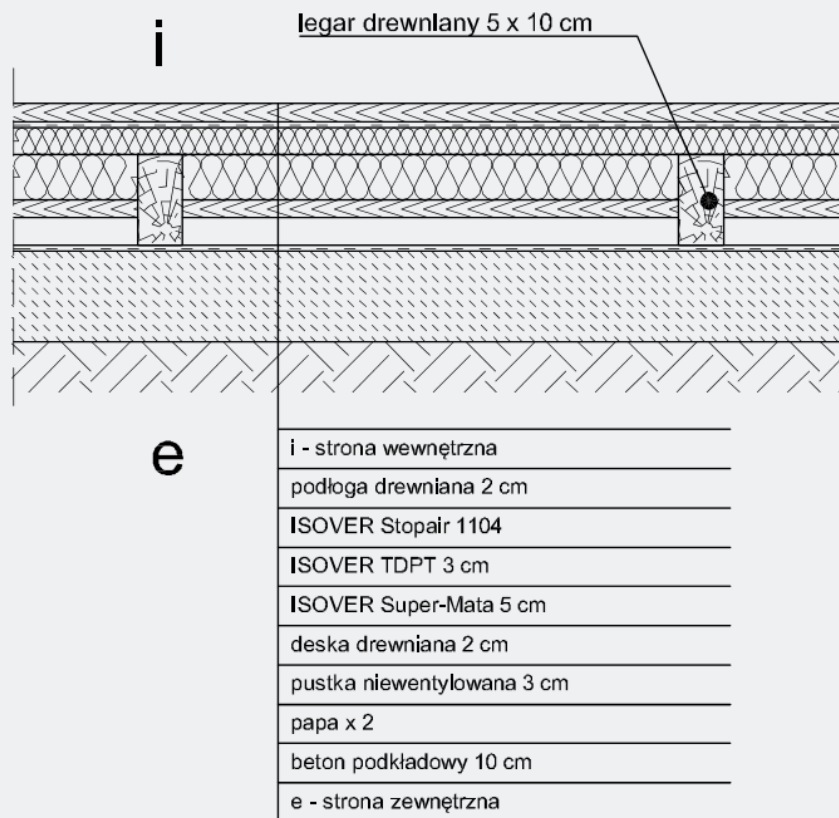
Paroizolację ocieplonego dachu wykonać z folii **ISOVER Stopair 1104** gr. 0,2 mm.

Folię mocować do profili rusztu metalowego przy użyciu taśmy dwustronnej ISOVER. Łączenia poszczególnych pasm folii paroizolacyjnej, załamania i styki uszczelnić przy użyciu dedykowanej taśmy jednostronnej np. **ISOVER VARIO KBI** lub **VARIO MultiTape**.

Montaż okładziny i szpachlowanie

Montaż płyt gipsowo kartonowych RIGIPS PRO HYDRO H2 wykonać układając je dłuższą krawędzią prostopadle do rusztu metalowego. Mocowanie wykonać przy użyciu wkrętów samowiercących delikatnie je zagłębiając. Umożliwi to ich prawidłowe wykończenie podczas szpachlowania. Na stykach z murem stosować taśmy uszczelniające ISOVER Vario Bond. Płyty mocować w pierwszej kolejności na skosach i następnie na suficie. Krawędzie, łączenia i wkręty zaszpachlować przy użyciu masy szpachlowej i usunąć nadmiar po stwardnieniu. Następnie wykonać szpachlowanie wykończeniowe. Po wyschnięciu przeprowadzić szlifowanie przy użyciu papieru ściernego o gradacji 180-220 lub siatki ścierniej. Powierzchnie suchej zabudowy zagruntować i pomalować.

7.8. PODŁOGA NA GRUNCIE



il. 55. Układ warstw materiałowych dla podłogi na gruncie w stanie projektowanym.

Tab. 21. Opis warstw materiałowych dla podłogi na gruncie w stanie projektowanym.

L.p.	Nazwa warstwy	
1.	wewnętrzna strona przegrody	
2.	deski drewniane gr. 2 cm	
3.	ISOVER Stopair 1104	
4.	ISOVER TDPT gr. 3 cm	
5.	ISOVER Super-Mata gr. 5 cm	legar drewniany h=10 cm
6.	deska drewniana (ślepy pułap) gr. 2 cm	
7.	warstwa powietrza gr. 3 cm	
8.	hydroizolacja (papa x 2)	
9.	beton podkładowy gr. 10 cm	
10.	zewnętrzna strona przegrody	

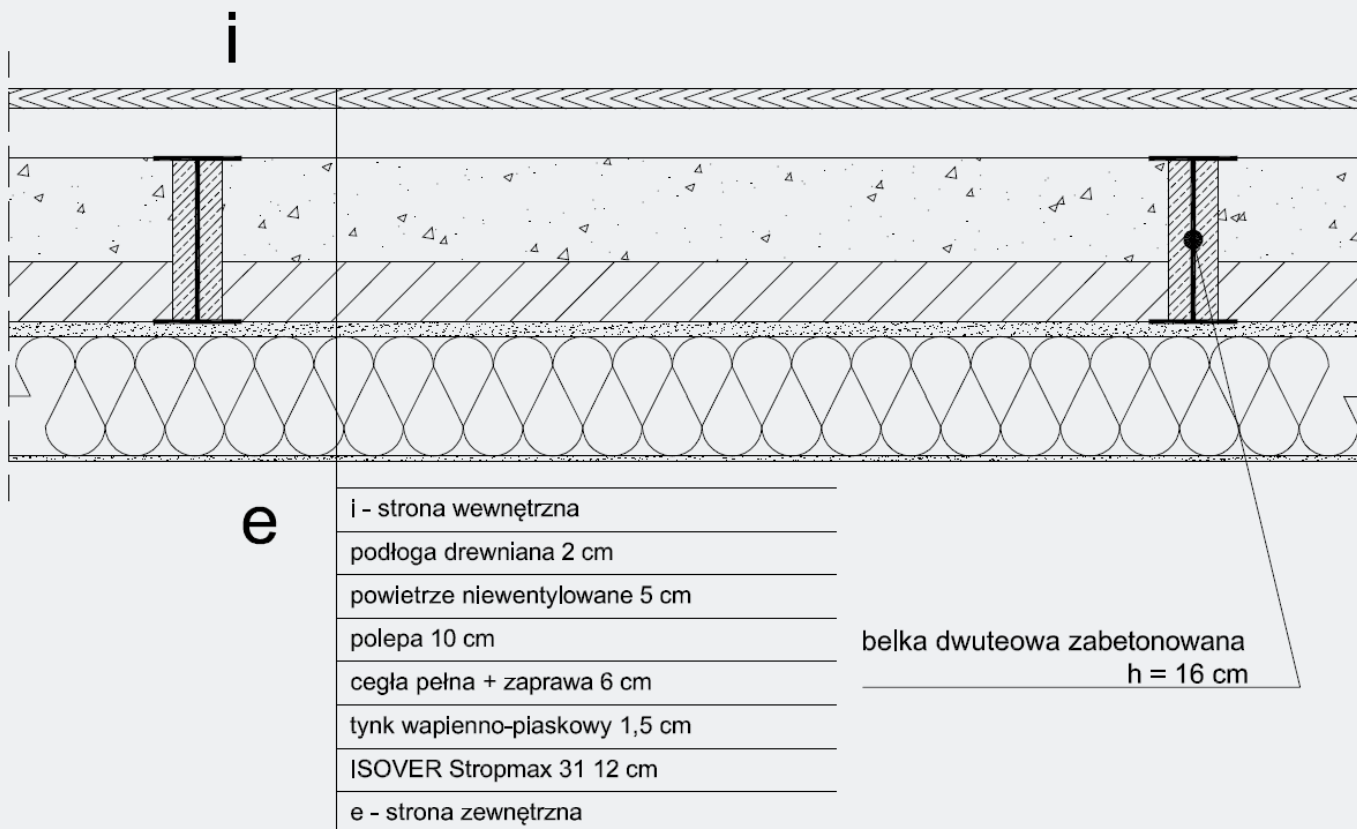
Przewiduje się ocieplenie podłogi na gruncie w pomieszczeniu zlokalizowanym na parterze w obrębie dobudówki szczytowej. Projektuje się ocieplenie stropu z mat wełny mineralnej **ISOVER Super-Mata** o współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda = 0,033 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ i grubości 5 cm oraz płyt z wełny mineralnej **ISOVER TDPT** o współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda = 0,033 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ i grubości 3 cm (izolacja akustyczna). Przewiduje się kompleksową zmianę warstw podłogowych łącznie z usunięciem warstw istniejących oraz wybraniem fragmentu gruntu rodzimego w celu zachowania istniejącego poziomu posadzki we wskazanym pomieszczeniu w dobudówce.

Prace należy wykonać w następujący sposób:

- usunięcie istniejącej posadzki z linoleum;
- skucie i wybranie wylewki cementowej oraz podbudowy ceglanej;
- wybranie fragmentu podłoża gruntowego;
- wykonanie warstwy betonu podkładowego o gr. 10 cm;
- wykonanie izolacji przeciwwilgociowej poziomej nowej podłogi poprzez ułożenie dwóch warstw papy;
- ułożenie legarów o wymiarach 5 x 10 cm w rozstawie co 60 cm;
- zamocowanie wkrętami listew drewnianych do ścianek policzkowych legarów;
- ułożenie na listwach desek drewnianych o gr. 2 cm (tzw. ślepy pułap) – ukształtowanie pustki powietrznej o gr. 3 cm nad hydroizolacją;
- ułożenie na ślepy pułapie mat z wełny mineralnej ISOVER Super-Mata o gr. 5 cm;
- ułożenie na legarach ciągłej warstwy z płyt wełny mineralnej ISOVER TDPT o gr. 3 cm;
- ułożenie folii paroizolacyjnej Stopair 1104 gr. 0,2 mm;
- ułożenie i zamocowanie desek drewnianych podłogowych o gr. 2 cm.



7.9. STROP NAD PIWNICĄ



il. 56. Układ warstw materiałowych dla stropu nad piwnicą w stanie projektowanym.

Tab. 22. Opis warstw materiałowych dla stropu nad piwnicą w stanie projektowanym.

L.p.	Nazwa warstwy	
1.	wewnętrzna strona przegrody	
2.	podłoga drewniana gr. 2 cm	
3.	powietrze niewentylowane gr. 5 cm	
4.	polepa gr. 10 cm	beton + stal h=16 cm
5.	cegła pełna + zaprawa gr. 6 cm	
6.	tynek wapienno-piaskowy gr. 1,5 cm	
7.	ISOVER Stropmax 31 gr. 12 cm	
8.	zewnętrzna strona przegrody	

Przewiduje się ocieplenia stropu nad piwnicą poprzez zamocowanie do stropu od strony piwnic płyt z wełny mineralnej **ISOVER Stropmax 31** o grubości 12 cm i współczynnika przewodzenia ciepła $\lambda = 0,031 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$. Płyty ISOVER Stropmax 31 pokryte są welonem szklanym.

Sposób wykonania ocieplenia:

- uporządkowanie instalacji biegnących przy suficie w piwnicach;
- przełożenie opraw oświetleniowych;
- uzupełnienie lokalnych ubytków wyprawy tynkarskiej;
- czyszczenie ręczne szczotką stalową dolnych stopek belek stalowych stropu w celu usunięcia skorodowanych powłok;
- malowanie ręczne odsłoniętych stopek dolnych belek stalowych na całej ich długości – pierwsza warstwa: podkład antykorozyjny, druga warstwa: farba wierzchniego krycia;
- mocowanie na sucho płyt ISOVER Stropmax 31 do stropu za pomocą metalowych kołków ognioochronnych w ilości 3 sztuk/m² (minimum 2 łączniki na 1 płytę). Łączniki stosować z metalowymi talerzykami do mocowania miękkich płyt izolacyjnych.



PROJEKTOWANA CHARAKTERYSTYKA ENERGETYCZNA

ROZDZIAŁ 8

8.1. ŚCIANA ZEWNĘTRZNA ELEWACJA FRONTOWA

OBLICZENIA WSPÓŁCZYNNIKA PRZENIKANIA CIEPŁA

Obliczenia cieplno-wilgotnościowe analizowanej przegrody poprzedzone zostały zestawieniem materiałów przyjętych w analizach wraz z przypisaniem im podstawowych parametrów fizycznych (tj. współczynnika przewodzenia ciepła λ i współczynnika oporu dyfuzyjnego μ).

Tab. 23. Zestawienie materiałów przyjętych w obliczeniach cieplno-wilgotnościowych dla analizowanej przegrody.

L.p.	Nazwa materiału	λ [W/(m·K)]		μ [-]	
		wartość	podstawa	wartość	podstawa
1.	mur z cegły pełnej	0,77	PN-EN ISO 6946:1999	7	3)
2.	tynk wapienno-piaskowy	0,8	PN-EN ISO 10456:2009	10	PN-EN ISO 10456:2009
3.	ISOVER Multimax 30	0,03	1)	1	1)
4.	ISOVER Stopair 1104 gr. 0,2 mm	0,33	PN-EN ISO 10456:2009	300 000 ⁴⁾	1)
5.	płyta g-k RIGIPS PRO Duraline DFIREH1	0,155	1)	10	2)

Uwagi: 1) – zgodnie z dokumentacją techniczną produktu

2) – zgodnie z informacją producenta

3) – na podstawie tablicy 4.7. w „Budownictwo Ogólne. Tom 2. Fizyka budowli”, pod red. prof. dr hab. inż. Piotra Klemma, Wyd. Arkady, Warszawa 2005

4) – wyznaczono na podstawie deklarowanej wartości $S_d = 60$ m (dokumentacja techniczna produktu)

Współczynnik przenikania ciepła obliczono dla ściany zewnętrznej frontowej w dwóch wariantach – dla stanu przed ociepleniem i po ociepleniu. Obliczenia przeprowadzono zgodnie z metodologią podaną w normie PN-EN ISO 6946: 2017-10.

Tab. 24. Zestawienie materiałów przyjętych w obliczeniach cieplno-wilgotnościowych dla analizowanej przegrody.

L.p.	Nazwa warstwy	d [m]	λ [W/(m·K)]	R [m ² ·K/W]
1.	zewnętrzna strona przegrody	-	-	0,040
2.	mur z cegły pełnej	0,380	0,770	0,494
3.	tynk wapienno-piaskowy	0,015	0,800	0,019
4.	wewnętrzna strona przegrody	-	-	0,130
SUMA (R_{tot})				0,683

Współczynnik przenikania ciepła dla ściany zewnętrznej frontowej w stanie istniejącym:

$$U = \frac{1}{R_{\text{tot}}} = \frac{1}{0,683} = 1,46 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

Analizowana przegroda w stanie istniejącym nie spełnia wymaganej wartości współczynnika przenikania ciepła dla ścian zewnętrznych $U_{C(\text{max})} = 0,20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, określonej w Rozporządzeniu [5.2].

Z uwagi na wymagania ochrony konserwatorskiej analizowana przegroda nie może zostać ocieplona od strony zewnętrznej. Dopuszczono możliwość poprawy izolacyjności termicznej ściany frontowej poprzez ocieplenie jej od strony wewnętrznej wełną mineralną ISOVER Multimax 30 ($\lambda = 0,030 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$) w systemie suchej zabudowy.

Tab. 25. Dobór grubości warstwy ocieplenia dla ściany zewnętrznej frontowej.

	Wariant grubości ocieplenia			
	W0	W1	W2	W3
λ ocieplenia [$\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$]	0,030			
Grubość ocieplenia [m]	0,120	0,130	0,140	0,150
Opór cieplny izolacji [$\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$]	4,000	4,333	4,667	5,000
R_{tot} [$\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$]	4,765	5,098	5,432	5,765
U [$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$]	0,21	0,20	0,18	0,17
Spełnienie WT2021	NIE	TAK	TAK	TAK

Z uproszczonej analizy przedstawionej w tabeli 25 wynika, iż do spełnienia wymaganej izolacyjności termicznej ściany zewnętrznej wystarczy grubość 13 cm przyjętego materiału termoizolacyjnego. Dostępne warianty wełny mineralnej umożliwiają przyjęcie do ocieplenia grubości 13 cm.

Tab. 26. Obliczenia oporu całkowitego ściany zewnętrznej frontowej – stan projektowany.

L.p.	Nazwa warstwy	d [m]	λ [W/(m·K)]	R [m ² ·K/W]
1.	zewnątrzna strona przegrody	-	-	0,040
2.	mur z cegły pełnej	0,380	0,770	0,494
3.	tynk wapienno-piaskowy	0,015	0,800	0,019
4.	ISOVER Multimax 30	0,130	0,030	4,333
5.	ISOVER Stopair 1104 gr. 0,2 mm – pominięto z uwagi na znikomą grubość	-	-	-
6.	płyta g-k RIGIPS PRO Duraline DFIREH1	0,0125	0,155	0,081
7.	wewnętrzna strona przegrody	-	-	0,130
SUMA (R_{tot})				5,097

Współczynnik przenikania ciepła dla ściany zewnętrznej frontowej w stanie istniejącym:

$$U = \frac{1}{R_{\text{tot}}} = \frac{1}{0,683} = 1,46 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$$

Analizowana przegroda w stanie projektowanym spełnia wymaganą wartość współczynnika przenikania ciepła dla ścian zewnętrznych $U_{C(\text{max})} = 0,20 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)$, określoną w Rozporządzeniu [5.2].

SPRAWDZENIE KONDENSACJI POWIERZCHNIOWEJ

Zgodnie z wymaganiami Rozporządzenia [5.2] spełniony powinien być warunek $f_{\text{Rsi}} > f_{\text{Rsi,max}}$, gdzie f_{Rsi} to efektywna wartość czynnika temperaturowego na powierzchni wewnętrznej przegrody, a $f_{\text{Rsi,max}}$ to wartość czynnika temperaturowego dla krytycznego miesiąca i dla danej lokalizacji budynku. Obliczenia czynnika $f_{\text{Rsi,max}}$ wykonano na podstawie bazy klimatycznej WROCŁAW (bazy danych klimatycznych w Polsce zamieszczone są na stronie internetowej Ministerstwa Inwestycji i Rozwoju: <https://www.gov.pl/web/archiwum-inwestycje-rozwoj/dane-do-obliczen-energetycznych-budynkow>) oraz przy założeniu następujących parametrów eksploatacyjnych pomieszczeń ogrzewanych:

- temperatura powietrza wewnętrznego $t_i = 20^\circ\text{C}$,
- wilgotność względna powietrza wewnętrznego: $\phi_i = 50\%$.

Tab. 27. Wartości czynnika $f_{Rsi,min}$ dla 12 miesięcy w roku dla przyjętej lokalizacji budynku (WROCŁAW) oraz warunków eksploatacyjnych. Wskazanie miesiąca krytycznego i odpowiadającej mu wartości $f_{Rsi,max}$.

Z wyników zestawiony w tabeli 27 wynika, iż największą wartość czynnika $f_{Rsi,min}$ wykazuje grudzień (0,720). W związku z powyższym grudzień jest miesiącem krytycznym, zaś czynnik temperaturowy $f_{Rsi,max}$ przyjmuje wartość 0,72.

Dla analizowanej przegrody w stanie projektowanym obliczono bezwymiarowy czynnik temperaturowy f_{Rsi} i przyrównano go do $f_{Rsi,max}$.

$$f_{Rsi} = 1 - R_{si} \cdot U = 1 - 0,25 \cdot 0,20 = 0,95 > f_{Rsi,max} = 0,72$$

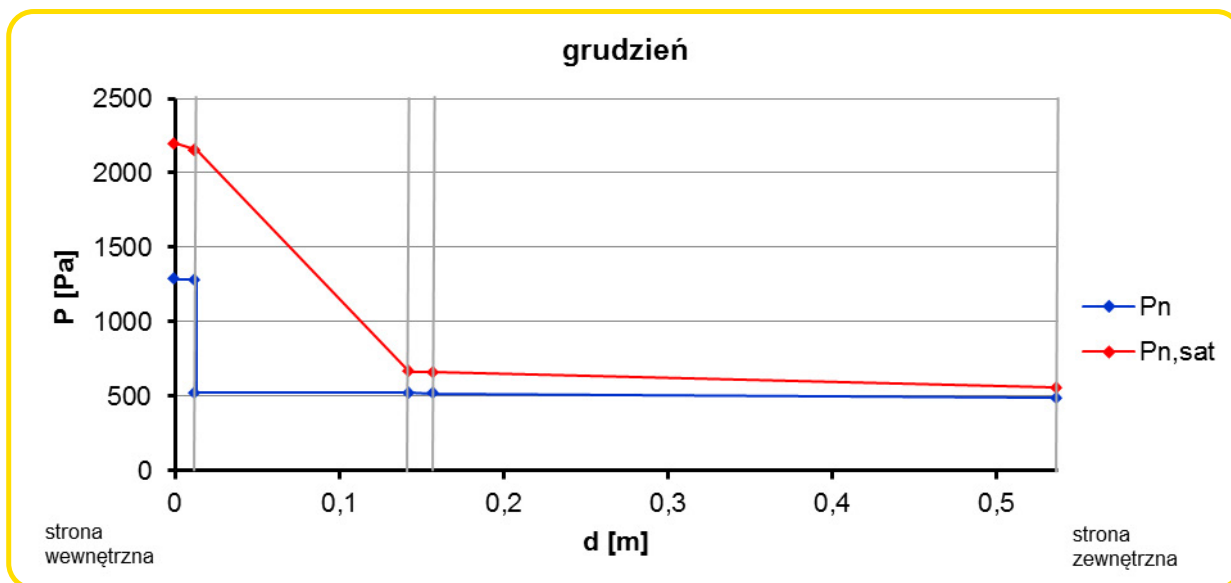
Warunek $f_{Rsi} > f_{Rsi,max}$ jest spełniony.

Analizowana przegroda została zaprojektowana prawidłowo pod względem uniknięcia ryzyka kondensacji powierzchniowej

miesiąc	$f_{Rsi,min}$ [-]	miesiąc krytyczny
Styczeń	0,710	NIE
Luty	0,714	NIE
Marzec	0,656	NIE
Kwiecień	0,534	NIE
Maj	0,190	NIE
Czerwiec	-1,190	NIE
Lipiec	-0,479	NIE
Sierpień	-1,688	NIE
Wrzesień	0,104	NIE
Październik	0,467	NIE
Listopad	0,635	NIE
Grudzień	0,720	TAK

SPRAWDZENIE KONDENSACJI MIĘDZYWARSTWOWEJ

W kolejnym etapie sprawdzono ryzyko wystąpienia kondensacji międzywarstwowej dla ściany zewnętrznej frontowej. Wykonano obliczenia rozkładu ciśnienia cząstkowego pary wodnej oraz ciśnienia nasyconej pary wodnej (zgodnie z metodologią podaną w normie PN-EN ISO 13788:2013-05). Kalkulację prowadzi się dla każdego miesiąca w roku. Analiza w każdym miesiącu wykazała brak ryzyka wystąpienia kondensacji międzywarstwowej. Rozkład ciśnienia cząstkowego pary wodnej oraz ciśnienia pary wodnej nasyconej przedstawiono dla miesiąca krytycznego (grudzień).



il. 57. Rozkład ciśnienia cząstkowego pary wodnej (P_n) oraz ciśnienia nasyconej pary wodnej ($P_{n,sat}$) dla ściany zewnętrznej frontowej w stanie projektowanym (grudzień).

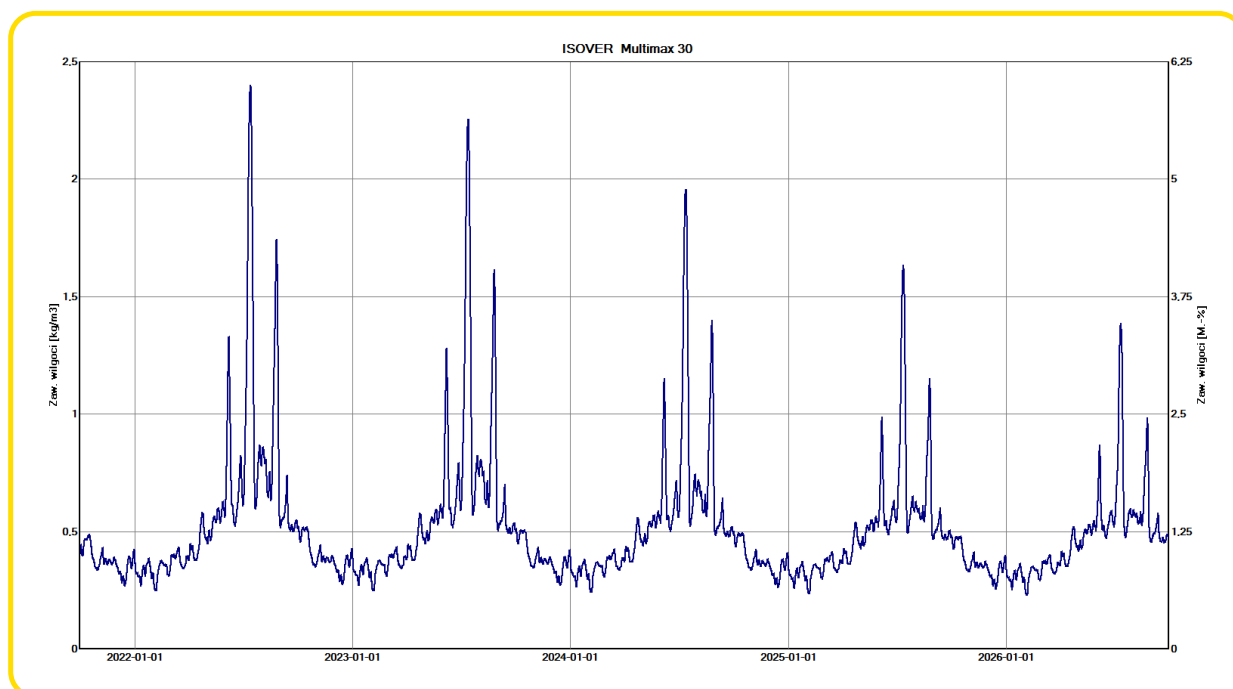
Tab. 28. Zestawienie obliczeń rozkładu temperatury i ciśnień pary wodnej w projektowanej przegrodzie (grudzień).

Przegroda	Wariant grubości ocieplenia			
	q_n [°C]	$P_{n,sat}$ [Pa]	P_n [Pa]	g_c [kg/m ²]
strona zewnętrzna $q_e = -1,1^\circ\text{C}$, $j_e = 87\%$				
mur z cegły pełnej	-0,94	557,50	486,67	0,00000
tynek wapienno-piaskowy	1,06	659,78	520,36	0,00000
ISOVER Multimax 30	1,13	663,42	522,26	0,00000
ISOVER Stopair 1104 (LDPE)	18,66	2152,15	523,90	0,00000
płyta g-k RIGIPS PRO Duraline DFIREH1	18,66	2152,47	1283,74	0,00000
strona wewnętrzna $q_i = 20,0^\circ\text{C}$, $j_i = 50\%$	18,99	2195,53	1285,32	0,00000

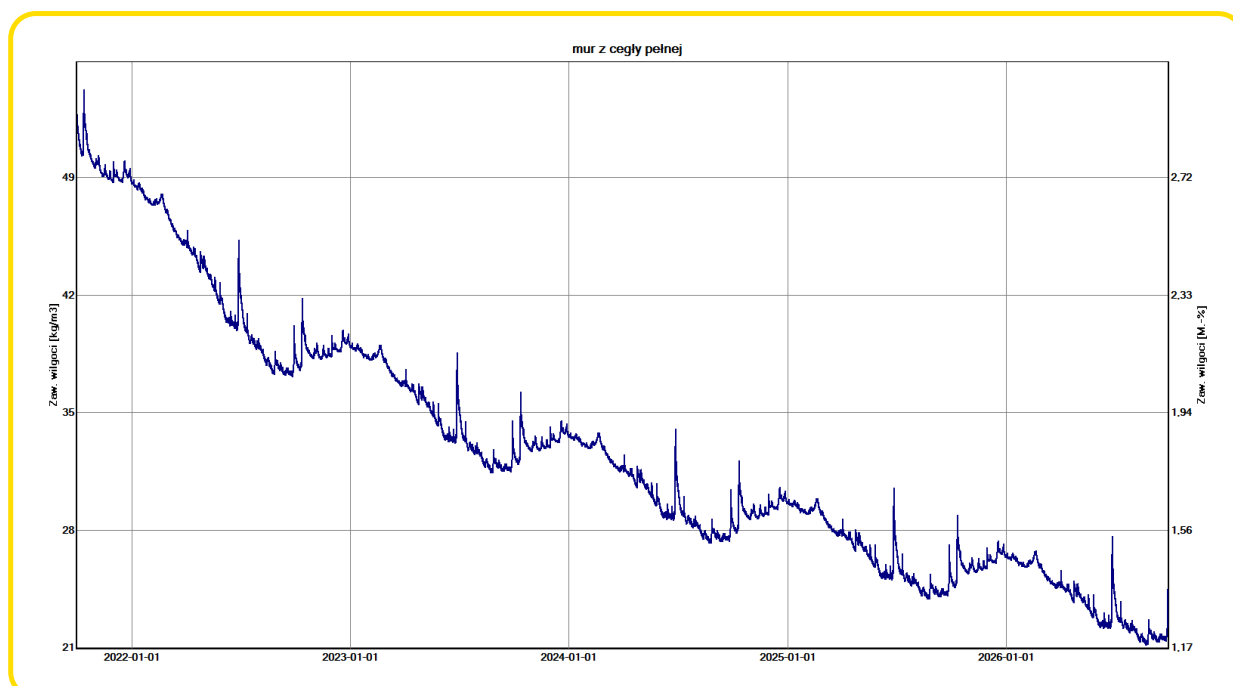
Dla przegród poddawanych ociepleniu od strony wewnętrznej zaleca się sprawdzanie ryzyka kondensacji międzywarstwowej z zastosowaniem metod numerycznych. Szczegółową symulację przepływu wilgoci dla projektowanej przegrody zewnętrznej przeprowadzono w programie komputerowym WUFI PRO 5.3. Układ warstw materiałowych przyjęto analogicznie do uwarstwienia zestawionego w tabeli nr 26. Do symulacji wewnętrznych warunków klimatycznych przyjęto parametry odpowiadające 3 klasie wilgotności pomieszczeń wg normy PN-EN ISO 13788.

W obliczeniach symulacyjnych dla istniejących materiałów przyjęto początkową wilgotność masową na podstawie przeprowadzonych podczas wizji lokalnej pomiarów wilgotnościomierzem elektronicznym. Dla materiałów nowo wbudowanych przyjęto wilgotności na podstawie informacji przekazanych przez producentów oraz w oparciu o bazy danych dostępnych z poziomu programu WUFI PRO 5.3.

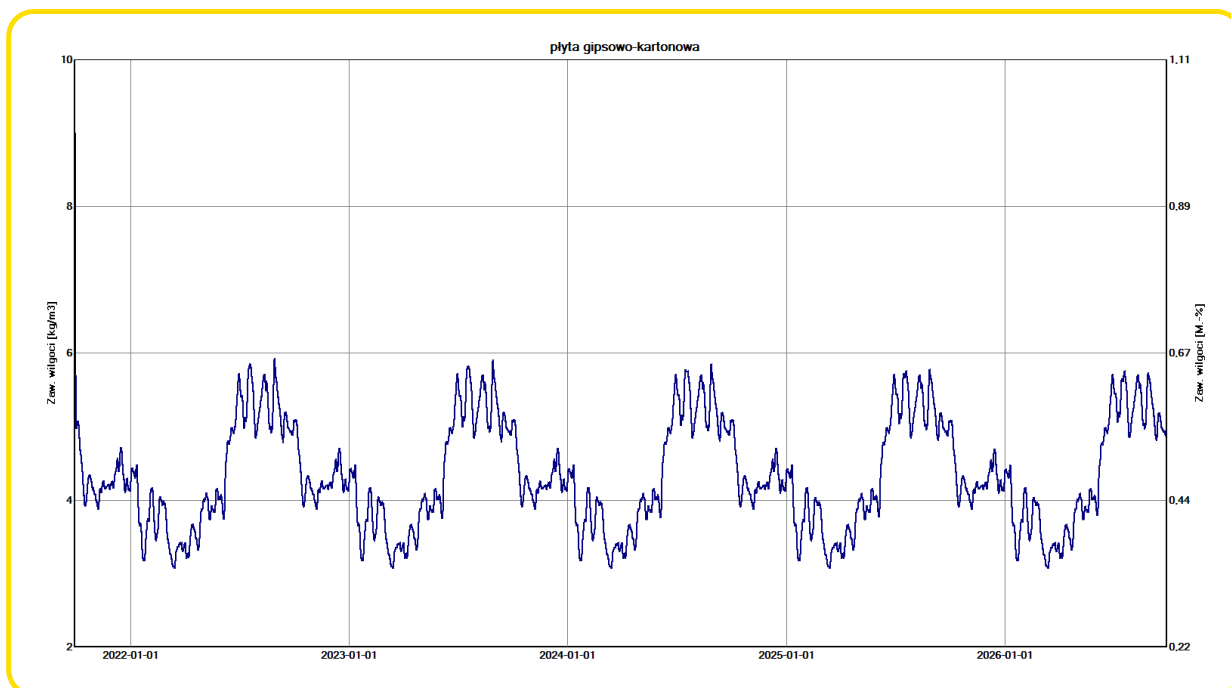
W obliczeniach przyjęto orientację północną (jako najmniej korzystną). Założony czas symulacji: 5 lat. Początek symulacji ustalono na dzień 01.10. godz. 00:00. Na podstawie obliczeń symulacyjnych uzyskano wyniki w postaci wykresów zawartości wilgoci w poszczególnych warstwach w całym okresie analizy.



il. 58. Rozkład zawartości wilgoci w warstwie wełny mineralnej w projektowanej ścianie zewnętrznej (frontowej) przez okres 5 lat, uzyskany w programie WUFI PRO 5.3. Obserwowany długotrwały spadek zawartości wilgoci (brak ciągłego przyrostu wilgoci w rozpatrywanej warstwie).



il. 59. Rozkład zawartości wilgoci w warstwie muru z cegły pełnej w projektowanej ścianie zewnętrznej (frontowej) przez okres 5 lat, uzyskany w programie WUFI PRO 5.3. Obserwowany długotrwały spadek zawartości wilgoci (brak ciągłego przyrostu wilgoci w rozpatrywanej warstwie).



il. 60. Rozkład zawartości wilgoci w warstwie płyt gipsowo-kartonowych w projektowanej ścianie zewnętrznej (frontowej) przez okres 5 lat, uzyskany w programie WUFI PRO 5.3. Obserwowany długotrwały spadek zawartości wilgoci (brak ciągłego przyrostu wilgoci w rozpatrywanej warstwie).

Analiza przeprowadzona w programie WUFI PRO 5.3 wykazała długotrwały spadek zawartości wilgoci w warstwie ocieplenia (ISOVER Multimax 30), w murze z cegły pełnej oraz w obudowie z płyt g-k. Tym samym dowiedziono, iż przyjęte rozwiązanie projektowe dla ściany zewnętrznej frontowej jest prawidłowe pod względem ochrony cieplnej i wilgotnościowej. W przegrodzie nie dochodzi do ciągłego przyrostu zawartości wilgoci.

Na podstawie uproszczonych obliczeń oraz szczegółowych analiz numerycznych (WUFI PRO 5.3) wykazano spełnienie warunku uniknięcia narastania w kolejnych latach zawilgocenia spowodowanego kondensacją pary wodnej. Przegroda pod względem kondensacji międzywarstwowej została zaprojektowana prawidłowo.

8.2. ŚCIANA ZEWNĘTRZNA

OCIEPLENIE OD STRONY ZEWNĘTRZNEJ

OBLICZENIA WSPÓŁCZYNNIKA PRZENIKANIA CIEPŁA

Obliczenia ciepłno-wilgotnościowe analizowanej przegrody poprzedzone zostały zestawieniem materiałów przyjętych w analizach wraz z przypisaniem im podstawowych parametrów fizycznych (tj. współczynnika przewodzenia ciepła λ i współczynnika oporu dyfuzyjnego μ).

Tab. 29. Zestawienie materiałów przyjętych w obliczeniach ciepłno-wilgotnościowych dla analizowanej przegrody.

L.p.	Nazwa materiału	λ [W/(m·K)]		μ [-]	
		wartość	podstawa	wartość	podstawa
1.	mur z cegły pełnej	0,77	PN-EN ISO 6946:1999	7	3)
2.	tynk wapienno-piaskowy	0,80	PN-EN ISO 10456:2009	10	PN-EN ISO 10456:2009
3.	ISOVER Fasoterm 35	0,035	1)	1	1)
4.	tynk mineralny WEBER TM314 malowany farbą silikonową weber FZ391	1	2)	18	2)

Uwagi:

1) – zgodnie z dokumentacją techniczną produktu

2) – zgodnie z informacją producenta

3) – na podstawie tablicy 4.7. w „Budownictwo Ogólne. Tom 2. Fizyka budowli”, pod red. prof. dr hab. inż. Piotra Klemma, Wyd. Arkady, Warszawa 2005

Współczynnik przenikania ciepła obliczono dla ściany zewnętrznej w dwóch wariantach – dla stanu przed ociepleniem i po ociepleniu. Obliczenia przeprowadzono zgodnie z metodologią podaną w normie PN-EN ISO 6946: 2017-10.

Tab. 30. Obliczenia oporu całkowitego ściany zewnętrznej – stan istniejący.

L.p.	Nazwa warstwy	d [m]	λ [W/(m·K)]	R [m ² ·K/W]
1.	zewnętrzna strona przegrody	-	-	0,040
2.	mur z cegły pełnej	0,380	0,770	0,494
3.	tynk wapienno-piaskowy	0,015	0,800	0,019
4.	wewnętrzna strona przegrody	-	-	0,130
SUMA (R_{tot})				0,683

Współczynnik przenikania ciepła dla ściany zewnętrznej w stanie istniejącym:

$$U = \frac{1}{R_{\text{tot}}} = \frac{1}{0,683} = 1,46 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

Analizowana przegroda w stanie istniejącym nie spełnia wymaganej wartości współczynnika przenikania ciepła dla ścian zewnętrznych $U_{C(\text{max})} = 0,20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, określonej w Rozporządzeniu [5.2].

Uwarunkowania konserwatorskie pozwalają na ocieplenie ścian zewnętrznej tylnej oraz szczytowych od strony zewnętrznej – z zastrzeżeniem ograniczenia grubości ocieplenia dla ściany szczytowej południowej do maksymalnie 10 cm. Do ocieplenia przyjęto **wełnę mineralną ISOVER Fasoterm 35** ($\lambda = 0,030 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$) w systemie ETICS.

Tab. 31. Dobór grubości warstwy ocieplenia dla ściany zewnętrznej w systemie ETICS.

	Wariant grubości ocieplenia			
	W0	W1	W2	W3
λ ocieplenia [$\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$]	0,035			
Grubość ocieplenia [m]	0,15	0,16	0,17	0,18
Opór cieplny izolacji [$\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$]	4,286	4,571	4,857	5,143
R_{tot} [$\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$]	4,974	5,259	5,545	5,831
U [$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$]	0,20	0,19	0,18	0,17
Spełnienie WT2021	NIE	TAK	TAK	TAK

Z uproszczonej analizy przedstawionej w tabeli 31 wynika, iż do spełnienia wymaganej izolacyjności termicznej ściany zewnętrznej wystarczy grubość 16 cm przyjętego materiału termoizolacyjnego. Obliczenia izolacyjności termicznej przegrody ocieplonej w systemie ETICS wymagają uwzględnienia poprawki ΔU_f uwzględniającej wpływ łączników mechanicznych. Do mocowania izolacji termicznej przyjęto łączniki weber.therm SLD-5 w ilości 6 sztuk na 1 m^2 . Zgodnie z informacjami producenta łączniki mechaniczne weber.therm SLD-5 charakteryzują się punktowym współczynnikiem przenikania ciepła $\chi = 0,001 \text{ W}/\text{K}$. Poprawkę ΔU_f obliczono metodą szczegółową według punktu F.3.1 w normie PN-EN ISO 6946:2017-10.

Tab. 32. Obliczenia oporu całkowitego ściany zewnętrznej – stan projektowany.

L.p.	Nazwa warstwy	d [m]	λ [W/(m·K)]	R [m ² ·K/W]
1.	zewnątrzna strona przegrody	-	-	0,040
2.	tynk mineralny WEBER TM314 + warstwa zbrojona (WEBERBASE UNI W)	0,005	1,000	0,005
3.	ISOVER Fasoterm 35	0,160	0,035	4,571
4.	mur z cegły pełnej	0,380	0,770	0,494
5.	tynk wapienno-piaskowy	0,015	0,800	0,019
6.	wewnętrzna strona przegrody	-	-	0,130
SUMA (R_{tot})				5,259

Współczynnik przenikania ciepła dla ściany zewnętrznej w stanie projektowanym:

$$U = \frac{1}{R_{\text{tot}}} = \frac{1}{5,259} = 0,19 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$$

Poprawkę ΔU_f wylicza się zgodnie z następującą zależnością (podaną w punkcie F.3.1 normy PN-EN ISO 6946: 2017-10):

$$\Delta U_f = n_f \cdot \chi$$

gdzie:

- χ – punktowy współczynnik przenikania ciepła [W/K] (w rozpatrywanym przypadku przyjmuje wartość 0,001 W/K),
- n_f – licznę łączników na 1 m² (w analizowanym przypadku 6 szt./m²).

$$\Delta U_f = 6 \cdot 0,001 = 0,006 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$$

Obliczona powyżej poprawka stanowi ok. 3,1% wartości obliczonego współczynnika przenikania ciepła przegrody. W związku z zapisami punktu 6.5 normy PN-EN ISO 6946:2017-10, wyliczoną powyżej poprawkę uwzględniono w wartości całkowitej współczynnika przenikania ciepła U_c . Obliczona poprawka z uwagi na łączniki mechaniczne w niewielkim stopniu zmienia wartość współczynnika przenikania ciepła, zaś przegroda spełnia warunek izolacyjności termicznej.

Całkowitą wartość współczynnika przenikania ciepła U_c w takim przypadku uzyskujemy przez dodanie poprawki ΔU_f :

$$U_c = U + \Delta U_f \quad U_c = 0,19 + 0,006 = 0,20 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$$

Z powyższych obliczeń wynika, iż, przy zastosowaniu izolacji termicznej ISOVER Fasoterm 35 o grubości 16 cm i uwzględnieniu łączników mechanicznych weber.therm SLD-5 w ilości 6 szt./m², przegroda spełnia obecnie obowiązujący warunek izolacyjności termicznej.

Analizowana przegroda w stanie projektowanym spełnia wymaganą wartość współczynnika przenikania ciepła dla ścian zewnętrznych $U_{c(\text{max})} = 0,20 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$, określoną w Rozporządzeniu [5.2].

SPRAWDZENIE KONDENSACJI POWIERZCHNIOWEJ

Zgodnie z wymaganiami Rozporządzenia [5.2] spełniony powinien być warunek $f_{Rsi} > f_{Rsi,max}$, gdzie f_{Rsi} to efektywna wartość czynnika temperaturowego na powierzchni wewnętrznej przegrody, a $f_{Rsi,max}$ to wartość czynnika temperaturowego dla krytycznego miesiąca i dla danej lokalizacji budynku. Obliczenia czynnika $f_{Rsi,max}$ wykonano na podstawie bazy klimatycznej WROCŁAW (bazy danych klimatycznych w Polsce zamieszczone są na stronie internetowej Ministerstwa Inwestycji i Rozwoju: <https://www.gov.pl/web/archiwum-inwestycje-rozwoj/dane-do-obliczen-energetycznych-budynkow>) oraz przy założeniu następujących parametrów eksploatacyjnych pomieszczeń ogrzewanych:

- temperatura powietrza wewnętrznego $t_i = 20^\circ\text{C}$,
- wilgotność względna powietrza wewnętrznego: $\phi_i = 50\%$.

Z wyników zestawiony w tabeli 27 wynika, iż największą wartość czynnika $f_{Rsi,min}$ wykazuje grudzień (0,720). W związku z powyższym grudzień jest miesiącem krytycznym, zaś czynnik temperaturowy $f_{Rsi,max}$ przyjmuje wartość 0,72.

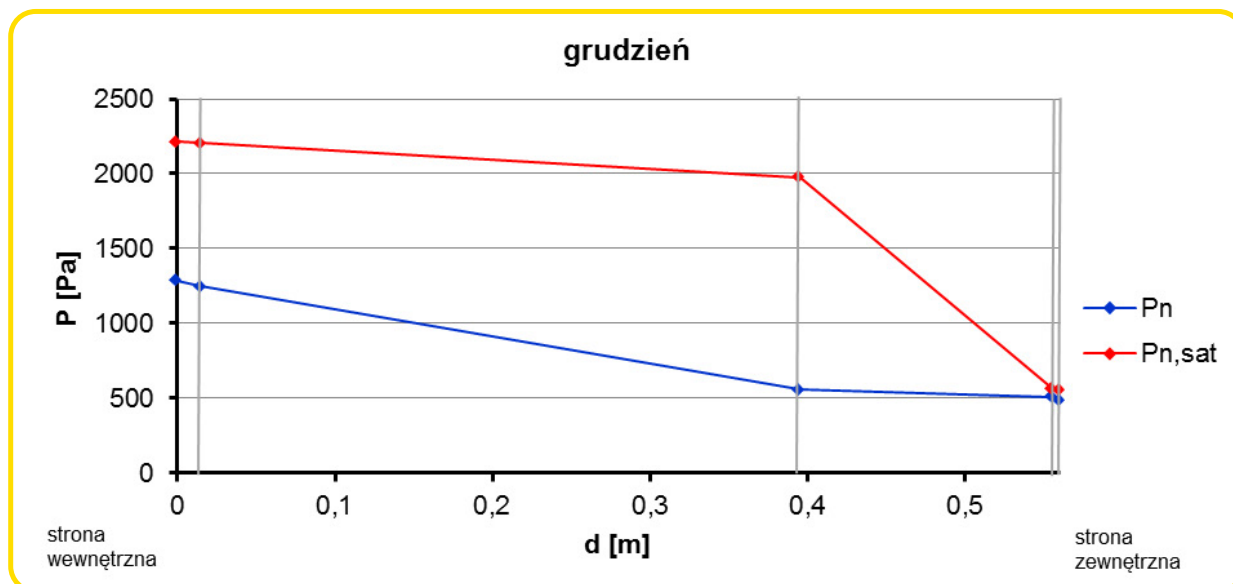
Dla analizowanej przegrody w stanie projektowanym obliczono bezwymiarowy czynnik temperaturowy f_{Rsi} i przyrównano go do $f_{Rsi,max}$.

$$f_{Rsi} = 1 - R_{si} \cdot U = 1 - 0,25 \cdot 0,19 = 0,95 > f_{Rsi,max} = 0,72$$

Warunek $f_{Rsi} > f_{Rsi,max}$ jest spełniony. Analizowana przegroda została zaprojektowana prawidłowo pod względem uniknięcia ryzyka kondensacji powierzchniowej

SPRAWDZENIE KONDENSACJI MIĘDZYWARSTWOWEJ

W kolejnym etapie sprawdzono ryzyko wystąpienia kondensacji międzywarstwowej dla ściany zewnętrznej frontowej. Wykonano obliczenia rozkładu ciśnienia cząstkowego pary wodnej oraz ciśnienia nasyconej pary wodnej (zgodnie z metodologią podaną w normie PN-EN ISO 13788:2013-05). Kalkulację prowadzi się dla każdego miesiąca w roku. Analiza w każdym miesiącu wykazała brak ryzyka wystąpienia kondensacji międzywarstwowej. Rozkład ciśnienia cząstkowego pary wodnej oraz ciśnienia pary wodnej nasyconej przedstawiono dla miesiąca krytycznego (grudzień).



il. 61. Rozkład ciśnienia cząstkowego pary wodnej (P_n) oraz ciśnienia nasyconej pary wodnej ($P_{n,sat}$) dla ściany zewnętrznej ocieplonej od strony zewnętrznej w stanie projektowanym (grudzień).

Tab. 33. Zestawienie obliczeń rozkładu temperatury i ciśnień pary wodnej w projektowanej przegrodzie (grudzień).

Przegroda	Wariant grubości ocieplenia			
Warstwa	q_n [°C]	$P_{n,sat}$ [Pa]	P_n [Pa]	g_c [kg/m ²]
strona zewnętrzna $q_e=-1,1^\circ\text{C}$, $j_e=87\%$				
tynek mineralny WEBER TM314 + warstwa zbrojona (WEBERBASE UNI W)	-0,94	557,50	486,67	0,00000
ISOVER Fasoterm 35	-0,92	565,75	510,16	0,00000
mur z cegły pełnej	17,01	1938,25	551,92	0,00000
tynek wapienno-piaskowy	18,95	2189,84	1246,17	0,00000
strona wewnętrzna $q_i=20,0^\circ\text{C}$, $j_i=50\%$	19,02	2199,76	1285,32	0,00000

Na podstawie uproszczonych obliczeń wg normy PN-EN ISO 13788:2013-05 wykazano spełnienie warunku uniknięcia kondensacji pary wodnej wewnątrz przegrody.

Ściana pod względem kondensacji międzywarstwowej została zaprojektowana prawidłowo.

8.3. ŚCIANA ZEWNĘTRZNA SZCZYTOWA POŁUDNIOWA

**OD STRONY ULICY MODRZEWIOWEJ
OCIEPLENIE OD STRONY ZEWNĘTRZNEJ**

OBLICZENIA WSPÓŁCZYNNIKA PRZENIKANIA CIEPŁA

Obliczenia ciepłno-wilgotnościowe analizowanej przegrody poprzedzone zostały zestawieniem materiałów przyjętych w analizach wraz z przypisaniem im podstawowych parametrów fizycznych (tj. współczynnika przewodzenia ciepła λ i współczynnika oporu dyfuzyjnego μ).

Tab. 34. Zestawienie materiałów przyjętych w obliczeniach ciepłno-wilgotnościowych dla analizowanej przegrody.

L.p.	Nazwa materiału	λ [W/(m·K)]		μ [-]	
		wartość	podstawa	wartość	podstawa
1.	mur z cegły pełnej	0,77	PN-EN ISO 6946:1999	7	3)
2.	tynk wapienno-piaskowy	0,80	PN-EN ISO 10456:2009	10	PN-EN ISO 10456:2009
3.	ISOVER Fasoterm 35	0,035	1)	1	1)
4.	tynk mineralny WEBER TM314 malowany farbą silikonową weber FZ391	1	2)	18	2)

Uwagi:

1) – zgodnie z dokumentacją techniczną produktu

2) – zgodnie z informacją producenta

3) – na podstawie tablicy 4.7. w „Budownictwo Ogólne. Tom 2. Fizyka budowli”, pod red. prof. dr hab. inż. Piotra Klemma, Wyd. Arkady, Warszawa 2005

Współczynnik przenikania ciepła obliczono dla ściany zewnętrznej w dwóch wariantach – dla stanu przed ociepleniem i po ociepleniu. Obliczenia przeprowadzono zgodnie z metodologią podaną w normie PN-EN ISO 6946: 2017-10.

Tab. 35. Obliczenia oporu całkowitego ściany zewnętrznej szczytowej południowej – stan istniejący.

L.p.	Nazwa warstwy	d [m]	λ [W/(m·K)]	R [m ² ·K/W]
1.	zewnętrzna strona przegrody	-	-	0,040
2.	mur z cegły pełnej	0,380	0,770	0,494
3.	tynk wapienno-piaskowy	0,015	0,800	0,019
4.	wewnętrzna strona przegrody	-	-	0,130
SUMA (R_{tot})				0,683

Współczynnik przenikania ciepła dla ściany zewnętrznej w stanie istniejącym:

$$U = \frac{1}{R_{\text{tot}}} = \frac{1}{0,683} = 1,46 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

Analizowana przegroda w stanie istniejącym nie spełnia wymaganej wartości współczynnika przenikania ciepła dla ścian zewnętrznych $U_{C(\text{max})} = 0,20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, określonej w Rozporządzeniu [5.2].

Uwarunkowania konserwatorskie pozwalają na ocieplenie ściany szczytowej południowej z zastrzeżeniem ograniczenia grubości warstwy ocieplenia do maksymalnie **10 cm**. Stąd dla analizowanej przegrody rozpatruje się jeden wariant grubości warstwy termoizolacyjnej. Do ocieplenia przyjęto **węlnę mineralną ISOVER Fasoterm 35** ($\lambda = 0,030 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$) w systemie ETICS.

Obliczenia izolacyjności termicznej przegrody ocieplonej w systemie ETICS wymagają uwzględnienia poprawki ΔU_f uwzględniającej wpływ łączników mechanicznych. Do mocowania izolacji termicznej przyjęto łączniki weber.therm SLD-5 w ilości 6 sztuk na 1 m^2 . Zgodnie z informacjami producenta łączniki mechaniczne weber.therm SLD-5 charakteryzują się punktowym współczynnikiem przenikania ciepła $\chi = 0,001 \text{ W}/\text{K}$. Poprawkę ΔU_f obliczono metodą szczegółową według punktu F.3.1 w normie PN-EN ISO 6946:2017-10.

Tab. 36. Obliczenia oporu całkowitego ściany zewnętrznej szczytowej południowej – stan projektowany.

L.p.	Nazwa warstwy	d [m]	λ [W/(m·K)]	R [m ² ·K/W]
1.	zewnętrzna strona przegrody	-	-	0,040
2.	tynk mineralny WEBER TM314 + warstwa zbrojona (WEBERBASE UNI W)	0,005	1,000	0,005
3.	ISOVER Fasoterm 35	0,100	0,035	2,857
4.	mur z cegły pełnej	0,380	0,770	0,494
5.	tynk wapienno-piaskowy	0,015	0,800	0,019
6.	wewnętrzna strona przegrody	-	-	0,130
SUMA (R_{tot})				3,545

Współczynnik przenikania ciepła dla ściany szczytowej południowej w stanie projektowanym:

$$U = \frac{1}{R_{\text{tot}}} = \frac{1}{3,545} = 0,28 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

Poprawkę ΔU_f wylicza się zgodnie z następującą zależnością (podaną w punkcie F.3.1 normy PN-EN ISO 6946: 2017-10):

$$\Delta U_f = n_f \cdot \chi$$

gdzie:

- χ – punktowy współczynnik przenikania ciepła [W/K] (w rozpatrywanym przypadku przyjmuje wartość 0,001 W/K),
- n_f – licznę łączników na 1 m² (w analizowanym przypadku 6 szt./m²).

$$\Delta U_f = 6 \cdot 0,001 = 0,006 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

Uwaga – wyliczona poprawka stanowi ok. 2,14% wartości współczynnika przenikania ciepła. Zgodnie z punktem 6.5 normy PN-EN ISO 6946:2017-10 jeżeli całkowita wartość poprawki jest mniejsza niż 3% wartości współczynnika przenikania ciepła U, nie ma potrzeby stosowania poprawki.

$$\Delta U = 0$$

Współczynnik przenikania ciepła ściany szczytowej południowej w stanie projektowanym wynosić będzie:

$$U_c = U = 0,28 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

Analizowana przegroda w stanie projektowanym nie spełnia wymaganej wartości współczynnika przenikania ciepła dla ścian zewnętrznych $U_C(\text{max}) = 0,20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, określonej w Rozporządzeniu [5.2]. Wymagania konserwatorskie nie umożliwiają zastosowanie dla rozpatrywanej przegrody większej grubości ocieplenia niż przyjęte 10 cm wełny mineralnej ISOVER Fasoterm 35. Do zastosowania przyjętego rozwiązania konieczne jest uzyskanie zgody na odstępstwo od przepisów techniczno-budowlanych, o czym wspomina art. 9. ust. 1. Ustawy Prawo budowlane. Zgodnie z przywołanym ustępem mamy [cytat]: „W przypadkach szczególnie uzasadnionych dopuszcza się odstępstwo od przepisów techniczno-budowlanych, o których mowa w art. 7. Odstępstwo nie może powodować zagrożenia życia ludzi lub bezpieczeństwa mienia, a w stosunku do obiektów użyteczności publicznej i mieszkaniowego budownictwa wielorodzinnego – ograniczenia dostępności dla potrzeb osób ze szczególnymi potrzebami, o których mowa w ustawie z dnia 19 lipca 2019 r. o zapewnianiu dostępności osobom ze szczególnymi potrzebami, oraz nie może powodować pogorszenia warunków zdrowotno-sanitarnych i użytkowych, a także stanu środowiska, po spełnieniu określonych warunków zamiennych.” [koniec cytatu]. Zgodnie z art. 9. ust. 2. przywołanej ustawy, zgodę na odstępstwo udziela organ administracji architektoniczno-budowlanej przed wydaniem decyzji o pozwoleniu na budowę albo decyzji o zmianie pozwolenia na budowę, po uzyskaniu upoważnienia ministra, który ustanowił przepisy techniczno-budowlane.

SPRAWDZENIE KONDENSACJI POWIERZCHNIOWEJ

Zgodnie z wymaganiami Rozporządzenia [5.2] spełniony powinien być warunek $f_{Rsi} > f_{Rsi,max}$, gdzie f_{Rsi} to efektywna wartość czynnika temperaturowego na powierzchni wewnętrznej przegrody, a $f_{Rsi,max}$ to wartość czynnika temperaturowego dla krytycznego miesiąca i dla danej lokalizacji budynku. Obliczenia czynnika $f_{Rsi,max}$ wykonano na podstawie bazy klimatycznej WROCŁAW (bazy danych klimatycznych w Polsce zamieszczone są na stronie internetowej Ministerstwa Inwestycji i Rozwoju: <https://www.gov.pl/web/archiwum-inwestycje-rozwoj/dane-do-obliczen-energetycznych-budynkow>) oraz przy założeniu następujących parametrów eksploatacyjnych pomieszczeń ogrzewanych:

- temperatura powietrza wewnętrznego $t_i = 20^\circ\text{C}$,
- wilgotność względna powietrza wewnętrznego: $\phi_i = 50\%$.

Z wyników zestawiony w tabeli 27 wynika, iż największą wartość czynnika $f_{Rsi,min}$ wykazuje grudzień (0,720). W związku z powyższym grudzień jest miesiącem krytycznym, zaś czynnik temperaturowy $f_{Rsi,max}$ przyjmuje wartość 0,72.

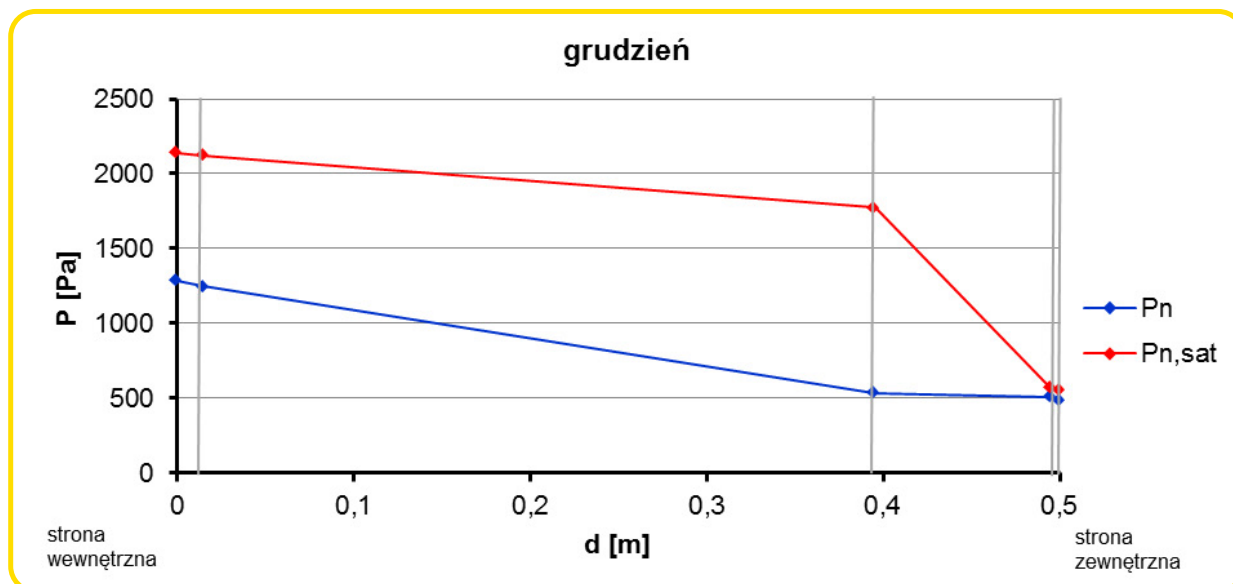
Dla analizowanej przegrody w stanie projektowanym obliczono bezwymiarowy czynnik temperaturowy f_{Rsi} i przyrównano go do $f_{Rsi,max}$.

$$f_{Rsi} = 1 - R_{si} \cdot U = 1 - 0,25 \cdot 0,28 = 0,93 > f_{Rsi,max} = 0,72$$

Warunek $f_{Rsi} > f_{Rsi,max}$ jest spełniony. Analizowana przegroda została zaprojektowana prawidłowo pod względem uniknięcia ryzyka kondensacji powierzchniowej

SPRAWDZENIE KONDENSACJI MIĘDZYWARSTWOWEJ

W kolejnym etapie sprawdzono ryzyko wystąpienia kondensacji międzywarstwowej dla ściany zewnętrznej frontowej. Wykonano obliczenia rozkładu ciśnienia cząstkowego pary wodnej oraz ciśnienia nasyconej pary wodnej (zgodnie z metodologią podaną w normie PN-EN ISO 13788:2013-05). Kalkulację prowadzi się dla każdego miesiąca w roku. **Analiza w każdym miesiącu wykazała brak ryzyka wystąpienia kondensacji międzywarstwowej.** Rozkład ciśnienia cząstkowego pary wodnej oraz ciśnienia pary wodnej nasyconej przedstawiono dla miesiąca krytycznego (grudzień).



il. 62. Rozkład ciśnienia cząstkowego pary wodnej (P_n) oraz ciśnienia nasyconej pary wodnej ($P_{n,sat}$) dla ściany zewnętrznej ocieplonej od strony zewnętrznej w stanie projektowanym (grudzień).

Tab. 37. Zestawienie obliczeń rozkładu temperatury i ciśnień pary wodnej dla projektowanej ściany zewnętrznej od strony Modrzewiowej (grudzień).

Przegroda	Wariant grubości ocieplenia			
Warstwa	q_n [°C]	$P_{n,sat}$ [Pa]	P_n [Pa]	g_c [kg/m ²]
strona zewnętrzna $q_e = -1,1^\circ\text{C}$, $j_e = 87\%$				
tynek mineralny WEBER TM314 + warstwa zbrojona (WEBERBASE UNI W)	-0,87	557,50	486,67	0,00000
ISOVER Fasoterm 35	-0,84	569,80	510,63	0,00000
mur z cegły pełnej	15,61	1774,41	537,25	0,00000
tynek wapienno-piaskowy	18,45	2124,73	1245,39	0,00000
strona wewnętrzna $q_i = 20,0^\circ\text{C}$, $j_i = 50\%$	18,56	2138,98	1285,32	0,00000

Na podstawie uproszczonych obliczeń wg normy PN-EN ISO 13788:2013-05 wykazano spełnienie warunku uniknięcia kondensacji pary wodnej wewnątrz przegrody.

Ściana pod względem kondensacji międzywarstwowej została zaprojektowana prawidłowo.

8.4. ŚCIANA WEWNĘTRZNA

OBLICZENIA WSPÓŁCZYNNIKA PRZENIKANIA CIEPŁA

Obliczenia cieplne analizowanej przegrody poprzedzone zostały zestawieniem materiałów przyjętych w analizach wraz z przypisaniem im podstawowych parametrów fizycznych (tj. współczynnika przewodzenia ciepła λ i współczynnika oporu dyfuzyjnego μ).

Tab. 38. Zestawienie materiałów przyjętych w obliczeniach cieplno-wilgotnościowych dla analizowanej przegrody.

L.p.	Nazwa materiału	λ [W/(m·K)]		μ [-]	
		wartość	podstawa	wartość	podstawa
1.	mur z cegły pełnej	0,77	PN-EN ISO 6946:1999	7	3)
2.	tynk wapienno-piaskowy	0,80	PN-EN ISO 10456:2009	10	PN-EN ISO 10456:2009
3.	ISOVER Aku-Płyta/Akuplat+	0,037	1)	1	1)
4.	płyta RIGIPS PRO AKU Fire+ Hydro typ DFH2	0,25	1)	10	2)

Uwagi:

1) – zgodnie z dokumentacją techniczną produktu

2) – zgodnie z informacją producenta

3) – na podstawie tablicy 4.7. w „Budownictwo Ogólne. Tom 2. Fizyka budowli”, pod red. prof. dr hab. inż. Piotra Klemma, Wyd. Arkady, Warszawa 2005

Współczynnik przenikania ciepła obliczono dla ściany wewnętrznej oddzielającej część ogrzewaną poddasza od części nieogrzewanej. Obliczenia przeprowadzono zgodnie z metodologią podaną w normie PN-EN ISO 6946: 2017-10.

Tab. 39. Obliczenia oporu całkowitego ściany wewnętrznej oddzielającej część ogrzewaną od nieogrzewanej – stan istniejący.

L.p.	Nazwa warstwy	d [m]	λ [W/(m·K)]	R [m ² ·K/W]
1.	wewnętrzna strona przegrody	-	-	0,130
2.	tynk wapienno-piaskowy	0,015	0,800	0,019
3.	mur z cegły pełnej	0,120	0,770	0,156
4.	tynk wapienno-piaskowy	0,015	0,800	0,019
5.	wewnętrzna strona przegrody	-	-	0,130
SUMA (R_{tot})				0,454

Współczynnik przenikania ciepła dla ściany zewnętrznej w stanie istniejącym:

$$U = \frac{1}{R_{\text{tot}}} = \frac{1}{0,454} = 2,20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

Analizowana przegroda w stanie istniejącym nie spełnia wymaganej wartości współczynnika przenikania ciepła dla ścian wewnętrznych (oddzielających pomieszczenia ogrzewane od nieogrzewanych) $U_{C(\text{max})} = 0,30 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, określonej w Rozporządzeniu [5.2].

Dla analizowanej przegrody przyjęto ocieplenie wełną mineralną **ISOVER Aku-Płyta/Akuplat+** w metodzie suchej zabudowy.

Tab. 40. Dobór grubości warstwy ocieplenia dla ściany wewnętrznej oddzielającej część ogrzewaną od nieogrzewanej.

	Wariant grubości ocieplenia			
	W0	W1	W2	W3
λ ocieplenia [W/(m·K)]	0,037			
Grubość ocieplenia [m]	0,100	0,120	0,150	0,200
Opór cieplny izolacji [m ² ·K/W]	2,703	3,243	4,054	5,405
R_{tot} [m ² ·K/W]	3,207	3,747	4,558	5,909
U [W/(m ² ·K)]	0,31	0,27	0,22	0,17
Spełnienie WT2021	NIE	TAK	TAK	TAK

Z uproszczonej analizy przedstawionej w tabeli 40 wynika, iż do spełnienia wymaganej izolacyjności termicznej ściany wewnętrznej wystarczy grubość 12 cm przyjętego materiału termoizolacyjnego. Dostępne warianty wełny mineralnej umożliwiają przyjęcie do ocieplenia grubości 12 cm.

Tab. 41. Obliczenia oporu całkowitego ściany wewnętrznej oddzielającej część ogrzewaną od nieogrzewanej – stan projektowany.

L.p.	Nazwa warstwy	d [m]	λ [W/(m·K)]	R [m ² ·K/W]
1.	wewnętrzna strona przegrody	-	-	0,130
2.	tynk wapienno-piaskowy	0,015	0,800	0,019
3.	mur z cegły pełnej	0,120	0,770	0,156
4.	tynk wapienno-piaskowy	0,015	0,800	0,019
5.	ISOVER Aku-Płyta/Akuplat+	0,120	0,037	3,243
6.	RIGIPS PRO AKU Fire+ Hydro typ DFH2	0,0125	0,250	0,050
7.	wewnętrzna strona przegrody	-	-	0,130
SUMA (R_{tot})				3,747

Współczynnik przenikania ciepła dla ściany zewnętrznej w stanie projektowanym:

$$U_C = U = \frac{1}{R_{tot}} = \frac{1}{3,747} = 0,27 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$$

Analizowana przegroda w stanie projektowanym spełnia wymaganą wartość współczynnika przenikania ciepła dla ścian wewnętrznych (oddzielających pomieszczenia ogrzewane od nieogrzewanych) $U_{C(max)} = 0,30 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$, określoną w Rozporządzeniu [5.2].

SPRAWDZENIE KONDENSACJI POWIERZCHNIOWEJ I MIĘDZYWARSTWOWEJ

Na mocy zapisów § 321 ust. 1 i 2 Rozporządzenia [5.2] dla analizowanej przegrody budowlanej w stanie projektowanym pominięto sprawdzenie ryzyka wystąpienia kondensacji powierzchniowej i międzywarstwowej (sprawdzeniu podlegają jedynie przegrody zewnętrzne).

8.5. DACH PŁASKI

OBLICZENIA WSPÓŁCZYNNIKA PRZENIKANIA CIEPŁA

Obliczenia cieplno-wilgotnościowe analizowanej przegrody poprzedzone zostały zestawieniem materiałów przyjętych w analizach wraz z przypisaniem im podstawowych parametrów fizycznych (tj. współczynnika przewodzenia ciepła λ i współczynnika oporu dyfuzyjnego μ).

Tab. 42. Zestawienie materiałów przyjętych w obliczeniach cieplno-wilgotnościowych dla analizowanej przegrody.

L.p.	Nazwa materiału	λ [W/(m·K)]		μ [-]	
		wartość	podstawa	wartość	podstawa
1.	papa	0,23	PN-EN ISO 10456:2009	50 000	PN-EN ISO 10456:2009
2.	płyta pilśniowa	0,14	PN-EN ISO 10456:2009	20	PN-EN ISO 10456:2009
3.	szlichta cementowa	1,35	PN-EN ISO 10456:2009	100	PN-EN ISO 10456:2009
4.	żużel paleniskowy	0,28	PN-EN ISO 6946:1999	8 ⁴⁾	2)
5.	żelbet	2,30	PN-EN ISO 10456:2009	130	PN-EN ISO 10456:2009
6.	tynk wapienno-piaskowy	0,80	PN-EN ISO 10456:2009	10	PN-EN ISO 10456:2009
7.	ISOVER Dachoterm G38	0,038	1)	1	1)
8.	ISOVER Dachoterm SL37	0,037	1)	1	1)
9.	ISOVER Stopair 1104 gr. 0,2 mm	0,33	PN-EN ISO 10456:2009	300 000 ³⁾	1)

Uwagi:

1) – zgodnie z dokumentacją techniczną produktu

2) – na podstawie tablicy 4.8. w „Budownictwo Ogólne. Tom 2. Fizyka budowlani”, pod red. prof. dr hab. inż. Piotra Klemma, Wyd. Arkady, Warszawa 2005

3) – wyznaczono na podstawie deklarowanej wartości $S_d = 60$ m (dokumentacja techniczna produktu)

4) – przyjęto analogicznie do betonu z żużla paleniskowego o gęstości 1200 kg/m³

Współczynnik przenikania ciepła obliczono dla dachu płaskiego dobudówki w dwóch wariantach – dla stanu przed ociepleniem i po ociepleniu. Obliczenia przeprowadzono zgodnie z metodologią podaną w normie PN-EN ISO 6946: 2017-10.

Tab. 43. Obliczenia oporu całkowitego dachu płaskiego – stan istniejący.

L.p.	Nazwa warstwy	d [m]	λ [W/(m·K)]	R [m ² ·K/W]
1.	zewnątrzna strona przegrody	-	-	0,040
2.	papa	0,010	0,230	0,043
3.	płyta pilśniowa	0,018	0,180	0,100
4.	szlichta cementowa	0,030	1,350	0,022
5.	żużel paleniskowy	0,050	0,280	0,179
6.	płyta żelbetowa	0,150	2,300	0,065
7.	tynk wapienno-piaskowy	0,015	0,800	0,019
8.	wewnętrzna strona przegrody	-	-	0,100
SUMA (R_{tot})				0,568

Uwaga – żużel paleniskowy stanowi warstwę spadkową analizowanej przegrody, której grubość kształtuje się w zakresie od 5 cm do 26 cm. Dach płaski zawiera warstwę o zmiennej grubości, stąd przy obliczaniu współczynnika przenikania ciepła należy zastosować metodę podaną w załączniku E normy PN-EN ISO 6946:2017-10. W rozpatrywanym przypadku zastosowanie znajduje wzór podany w punkcie E.2.1 przywołanej normy (przypadek bryły o prostokątnym polu powierzchni), zgodnie z którym mamy:

$$U = \frac{1}{R_2} \cdot \ln \left(1 + \frac{R_2}{R_0} \right)$$

gdzie:

- R_2 – maksymalny opór cieplny warstwy o zmiennej grubości,
- R_0 – opór cieplny pozostałej części wraz z oporami powierzchniowymi po obu stronach komponentu.

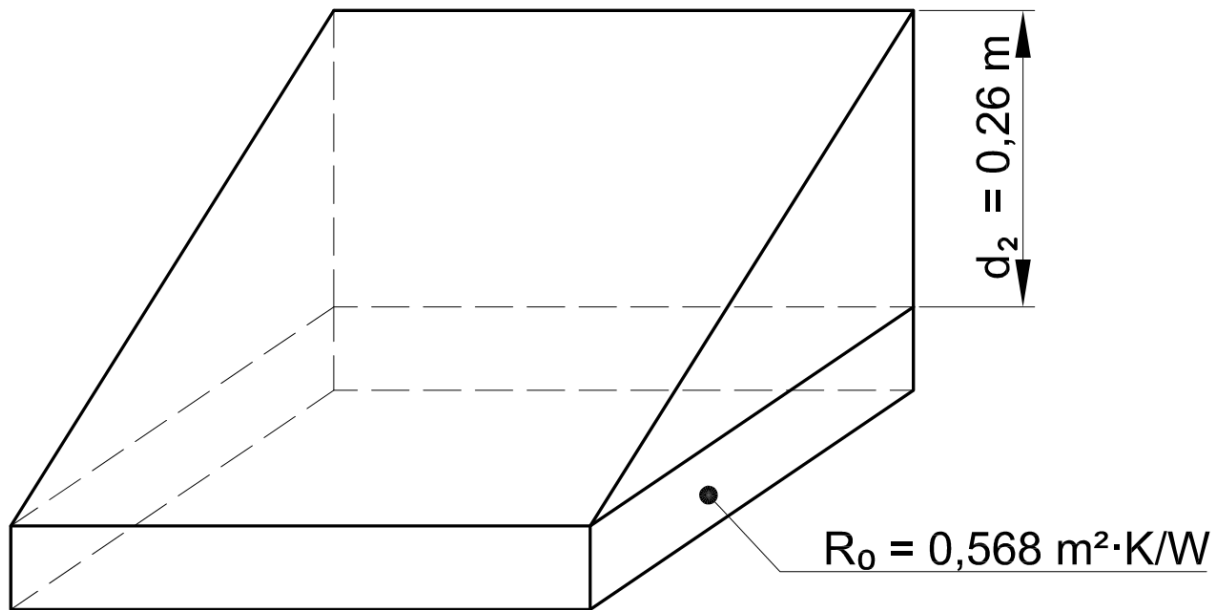
Maksymalny opór cieplny R_2 wyliczany jest według poniższej zależności:

$$R_2 = \frac{d_2}{\lambda_t}$$

gdzie:

- d_2 – maksymalna grubość warstwy o zmiennej grubości (w rozpatrywanym przypadku 0,26 m),
- λ_t – projektowy współczynnik przewodzenia ciepła części o zmiennej grubości (w rozpatrywanym przypadku 0,28 W/(m·K)).

$$R_2 = \frac{d_2}{\lambda_t} = \frac{0,26}{0,28} = 0,929 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}}$$



il. 63. Schemat komponentu zawierającego warstwę o zmiennej grubości – przypadek bryły o prostokątnym polu powierzchni. Objaśnienia: d_2 – maksymalna grubość warstwy o zmiennej grubości; R_0 – projektowy opór cieplny pozostałej części wraz z oporami powierzchniowymi po obu stronach komponentu.

W analizowanym przypadku $R_0 = R_{tot} = 0,568 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ (patrz tab. 6). Maksymalna grubość warstwy spadkowej wynosi $d_2 = 0,26 \text{ m}$. Wobec powyższego mamy:

$$U = \frac{1}{R_2} \cdot \ln\left(1 + \frac{R_2}{R_0}\right) = \frac{1}{0,929} \cdot \ln\left(1 + \frac{0,929}{0,568}\right) = 1,04 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

Współczynnik przenikania ciepła dla stropu płaskiego w stanie istniejącym:

$$U_C = U = 1,04 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

Analizowana przegroda w stanie istniejącym nie spełnia wymaganej wartości współczynnika przenikania ciepła dla dachów $U_{C(\max)} = 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, określonej w Rozporządzeniu [5.2].

Uwarunkowania konserwatorskie pozwalają na ocieplenie dachu płaskiego od strony zewnętrznej. Do ocieplenia przyjęto zestaw **ISOVER „Srebrny Dach”**, na który składa się wełna mineralna **ISOVER Dachoterm SL37** ($\lambda = 0,037 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$) oraz wełna mineralna **ISOVER Dachoterm G38** ($\lambda = 0,038 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$) o gr. **4 cm**. W obliczeniach stanu projektowanego pominięto istniejące pokrycie dachowe oraz warstwę płyty pilśniowej – warstwy przewidziane do demontażu w ramach prac ociepleniowych.

Z uproszczonej analizy przedstawionej w tabeli 44 wynika, iż do spełnienia wymaganej izolacyjności termicznej dachu płaskiego wystarczy grubość **18 cm** przyjętego materiału termoizolacyjnego. Obliczenia izolacyjności termicznej rozpatrywanej przegrody wymagają uwzględnienia poprawki ΔU_f określającej wpływ łączników mechanicznych. Do mocowania izolacji termicznej przyjęto łączniki teleskopowe w ilości 6 szt. na 1 m^2 . Wkręty ze stali węglowej zabezpieczonej antykorozyjnie o średnicy rdzenia 6 mm i długości 75 mm (zakotwienie w szlichcie cementowej 30 mm). Wkręty w tulei propylenowej o średnicy 15 mm. Długość tulei 185 mm. Poprawkę ΔU_f obliczono procedurą przybliżoną według punktu F.3.2 w normie PN-EN ISO 6946:2017-10.

Tab. 44. Dobór grubości warstwy ocieplenia (ISOVER Dachoterm SL37) dla dachu płaskiego.

	Wariant grubości ocieplenia			
	W0	W1	W2	W3
λ ocieplenia [W/(m·K)]	0,037			
Grubość ocieplenia [m]	0,16	0,18	0,20	0,22
Opór cieplny izolacji [m ² ·K/W]	4,324	4,865	5,405	5,946
R _{tot} [m ² ·K/W]	5,824	6,365	6,905	7,446
U ¹⁾ [W/(m ² ·K)]	0,16	0,15	0,14	0,13
Spełnienie WT2021	NIE	TAK	TAK	TAK

1) – wartość współczynnika po uwzględnieniu warstwy o zmiennej grubości.

Z uproszczonej analizy przedstawionej w tabeli 44 wynika, iż do spełnienia wymaganej izolacyjności termicznej dachu płaskiego wystarczy grubość **18 cm** przyjętego materiału termoizolacyjnego. Obliczenia izolacyjności termicznej rozpatrywanej przegrody wymagają uwzględnienia poprawki ΔU_f określającej wpływ łączników mechanicznych. Do mocowania izolacji termicznej przyjęto łączniki teleskopowe w ilości 6 szt. na 1 m². Wkręty ze stali węglowej zabezpieczonej antykorozyjnie o średnicy rdzenia 6 mm i długości 75 mm (zakotwienie w szlichcie cementowej 30 mm). Wkręty w tulei propylenowej o średnicy 15 mm. Długość tulei 185 mm. Poprawkę ΔU_f obliczono procedurą przybliżoną według punktu F.3.2 w normie PN-EN ISO 6946:2017-10.

Obliczenia współczynnika przenikania ciepła uwzględniające warstwę o zmiennej grubości:

$$U = \frac{1}{R_2} \cdot \ln\left(1 + \frac{R_2}{R_0}\right) = \frac{1}{0,929} \cdot \ln\left(1 + \frac{0,929}{6,386}\right) = 0,15 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$$

Dane przyjęte do poprawki z uwagi na łączniki mechaniczne:

- $\lambda_f = 30 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ (łączniki ze stali węglowej zabezpieczonej antykorozyjnie, na podstawie PN-EN ISO 10456:2009),
- $n_f = 6 \text{ szt/m}^2$,
- $A_f = 0,0000283 \text{ m}^2$,
- $R_1 = 0,946 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$,
- $R_{\text{tot}} = 6,365 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$,
- $d_0 = 0,22 \text{ m}$,
- $d_1 = 0,035 \text{ m}$,
- $\alpha = 0,127$.

Tab. 45. Obliczenia oporu całkowitego dachu płaskiego – stan projektowany.

L.p.	Nazwa warstwy	d [m]	λ [W/(m·K)]	R [m ² ·K/W]
1.	zewnątrzna strona przegrody	-	-	0,040
2.	papa	0,010	0,230	0,043
3.	ISOVER Dachoterm G38	0,040	0,038	1,053
4.	ISOVER Dachoterm SL37	0,180	0,037	4,865
5.	ISOVER Stopair 1104 gr. 0,2 mm – pominięto z uwagi na znikomą grubość	-	-	-
6.	szlichta cementowa	0,030	1,350	0,022
7.	żużel paleniskowy	0,050	0,280	0,179
8.	płyta żelbetowa	0,150	2,300	0,065
9.	tynk wapienno-piaskowy	0,015	0,800	0,019
10.	wewnętrzna strona przegrody	-	-	0,100
SUMA (R_{tot})				0,568

$$\Delta U_f = \alpha \cdot \frac{\lambda_f A_f \eta_f}{d_1} \cdot \left(\frac{R_1}{R_{tot}} \right)^2 = 0,127 \cdot \frac{30 \cdot 0,0000283 \cdot 6}{0,035} \cdot \left(\frac{0,946}{6,365} \right)^2 = 0,0004 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$$

Zgodnie z punktem 6.5 normy PN-EN ISO 6946:2017-10 jeżeli całkowita wartość poprawki jest mniejsza niż 3% wartości współczynnika przenikania ciepła U, nie ma potrzeby stosowania poprawki.

$$\Delta U = 0$$

Współczynnik przenikania ciepła dla dachu płaskiego w stanie projektowanym:

$$U_c = U = 0,15 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$$

Analizowana przegroda w stanie projektowanym spełnia wymaganą wartość współczynnika przenikania ciepła dla dachów $U_{c(max)} = 0,15 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$, określoną w Rozporządzeniu [5.2].

SPRAWDZENIE KONDENSACJI POWIERZCHNIOWEJ

Zgodnie z wymaganiami Rozporządzenia [5.2] spełniony powinien być warunek $f_{Rsi} > f_{Rsi,max}$, gdzie f_{Rsi} to efektywna wartość czynnika temperaturowego na powierzchni wewnętrznej przegrody, a $f_{Rsi,max}$ to wartość czynnika temperaturowego dla krytycznego miesiąca i dla danej lokalizacji budynku. Obliczenia czynnika $f_{Rsi,max}$ wykonano na podstawie bazy klimatycznej WROCŁAW (bazy danych klimatycznych w Polsce zamieszczone są na stronie internetowej Ministerstwa Inwestycji i Rozwoju: <https://www.gov.pl/web/archiwum-inwestycje-rozwoj/dane-do-obliczen-energetycznych-budynkow>) oraz przy założeniu następujących parametrów eksploatacyjnych pomieszczeń ogrzewanych:

- temperatura powietrza wewnętrznego $t_i = 20^{\circ}\text{C}$,
- wilgotność względna powietrza wewnętrznego: $\phi_i = 50\%$.

Z wyników zestawiony w tabeli 27 wynika, iż największą wartość czynnika $f_{Rsi,min}$ wykazuje grudzień (0,720). W związku z powyższym grudzień jest miesiącem krytycznym, zaś czynnik temperaturowy $f_{Rsi,max}$ przyjmuje wartość 0,72.

Dla analizowanej przegrody w stanie projektowanym obliczono bezwymiarowy czynnik temperaturowy f_{Rsi} i przyrównano go do $f_{Rsi,max}$.

$$f_{Rsi} = 1 - R_{si} \cdot U = 1 - 0,25 \cdot 0,15 = 0,96 > f_{Rsi,max} = 0,72$$

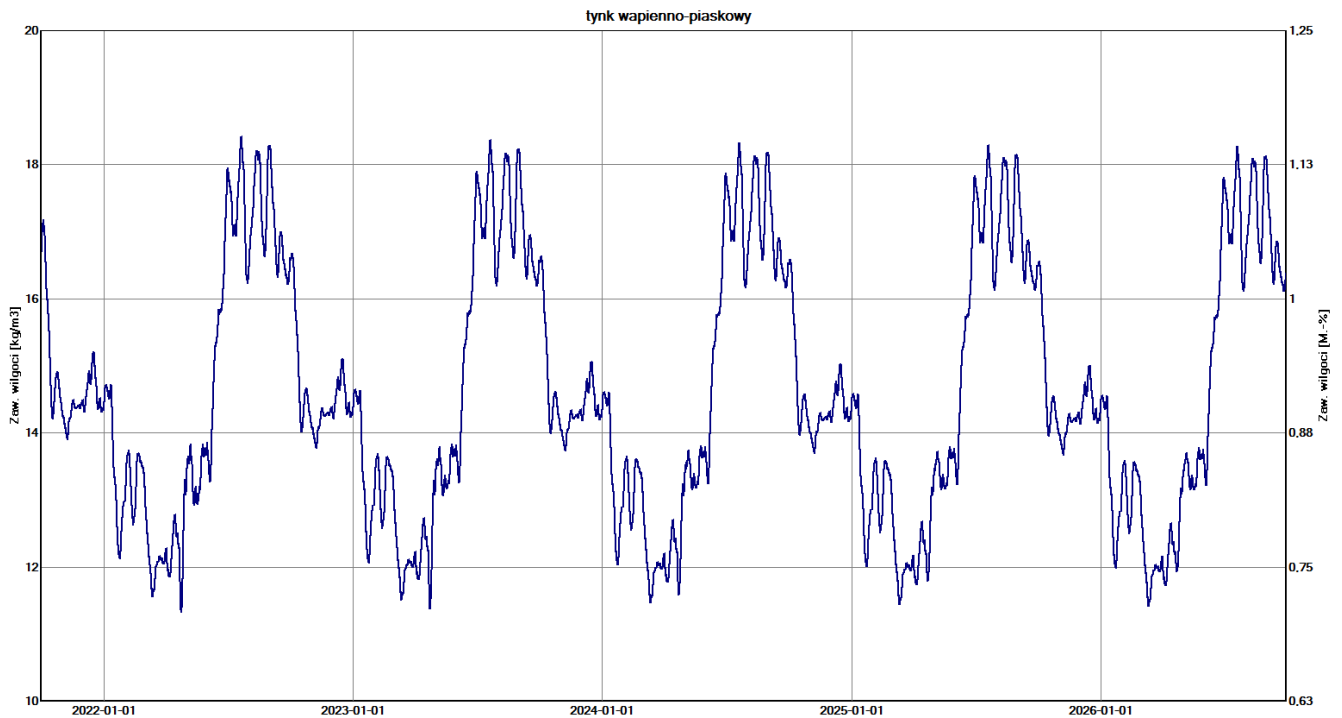
Warunek $f_{Rsi} > f_{Rsi,max}$ jest spełniony. Analizowana przegroda została zaprojektowana prawidłowo pod względem uniknięcia ryzyka kondensacji powierzchniowej

SPRAWDZENIE KONDENSACJI MIĘDZYWARSTWOWEJ

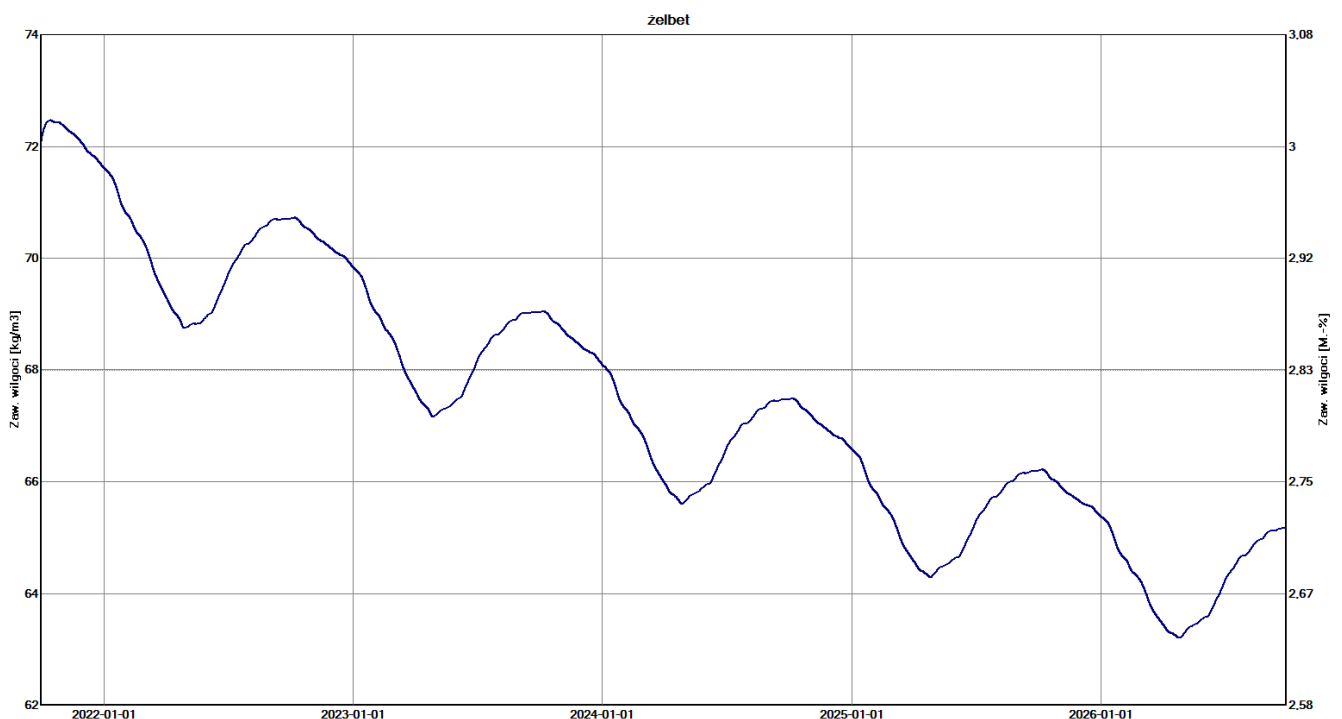
W kolejnym etapie sprawdzono ryzyko wystąpienia kondensacji międzywarstwowej dla dachu płaskiego w stanie projektowanym. Szczegółową symulację przepływu wilgoci dla projektowanej przegrody zewnętrznej przeprowadzono w programie komputerowym WUFI PRO 5.3. Układ warstw materiałowych przyjęto analogicznie do uwarstwienia zestawionego w tabeli 45. Do symulacji wewnętrznych warunków klimatycznych przyjęto parametry odpowiadające 3 klasie wilgotności pomieszczeń wg normy PN-EN ISO 13788.

W obliczeniach symulacyjnych dla istniejących materiałów przyjęto początkową wilgotność masową na podstawie przeprowadzonych podczas wizji lokalnej pomiarów wilgotnościomierzem elektronicznym. Dla materiałów nowo wbudowanych przyjęto wilgotności na podstawie informacji przekazanych przez producentów oraz w oparciu o bazy danych dostępnych z poziomu programu WUFI PRO 5.3.

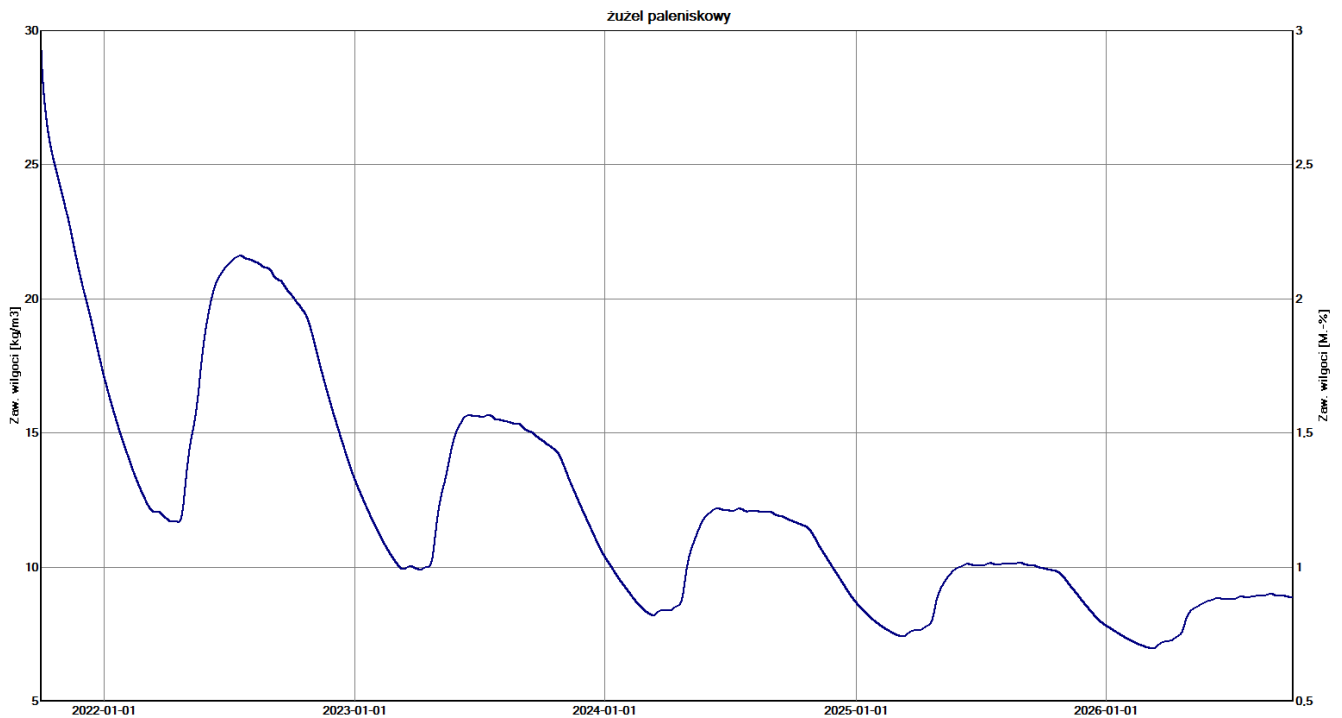
Założony czas symulacji: 5 lat. Początek symulacji ustalono na dzień 01.10. godz. 00:00. Na podstawie obliczeń symulacyjnych uzyskano wyniki w postaci wykresów zawartości wilgoci w poszczególnych warstwach w całym okresie analizy.



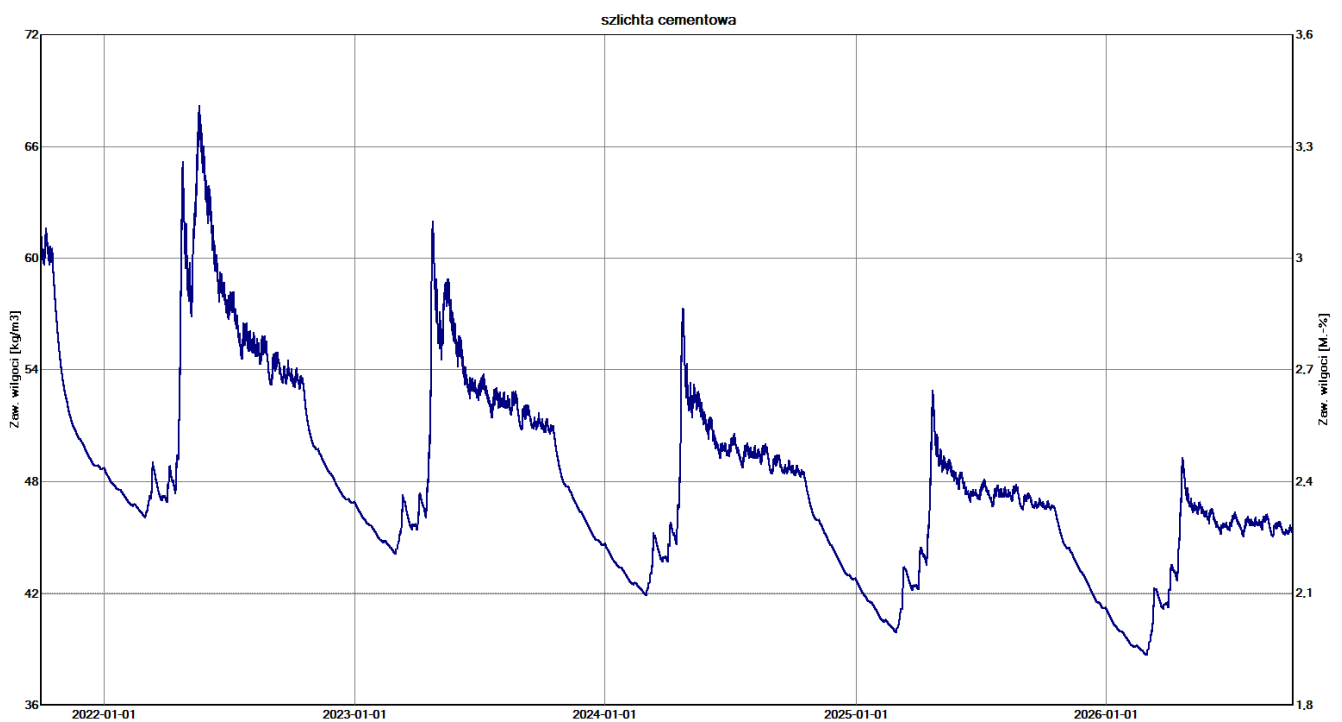
il. 64. Rozkład zawartości wilgoci w warstwie tynku wewnętrznego (wapienno-piaskowy) w projektowanym dachu płaskim przez okres 5 lat, uzyskany w programie WUFI PRO 5.3. Rozkład zawartości wilgoci w przyjętym okresie analizy ustabilizowany (obserwowana okresowa zmienność parametru wynikająca ze zmiany warunków pogodowych na przestrzeni roku).



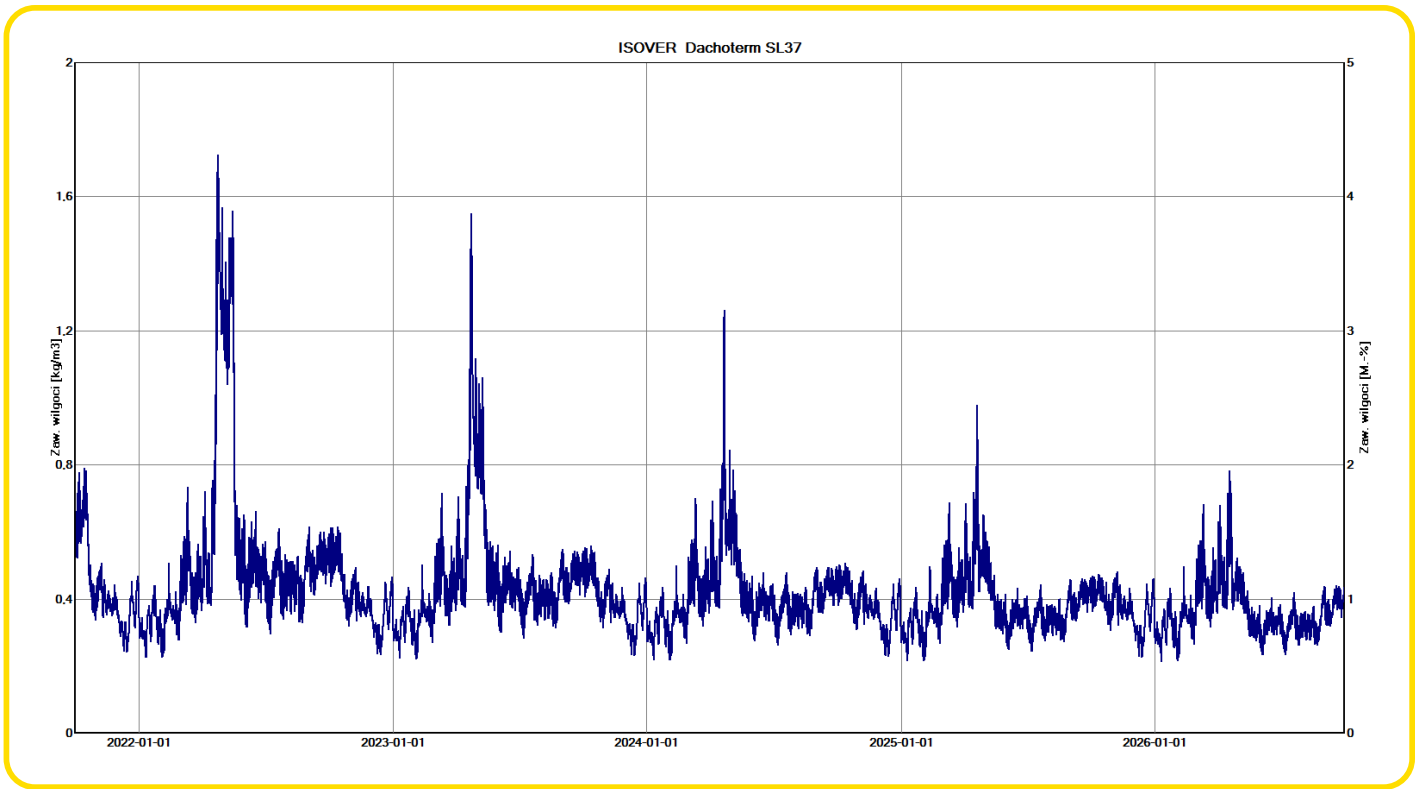
il. 65. Rozkład zawartości wilgoci w warstwie żelbetu w projektowanym dachu płaskim przez okres 5 lat, uzyskany w programie WUFI PRO 5.3. Obserwowany długotrwały spadek zawartości wilgoci (brak ciągłego przyrostu wilgoci w rozpatrywanej warstwie).



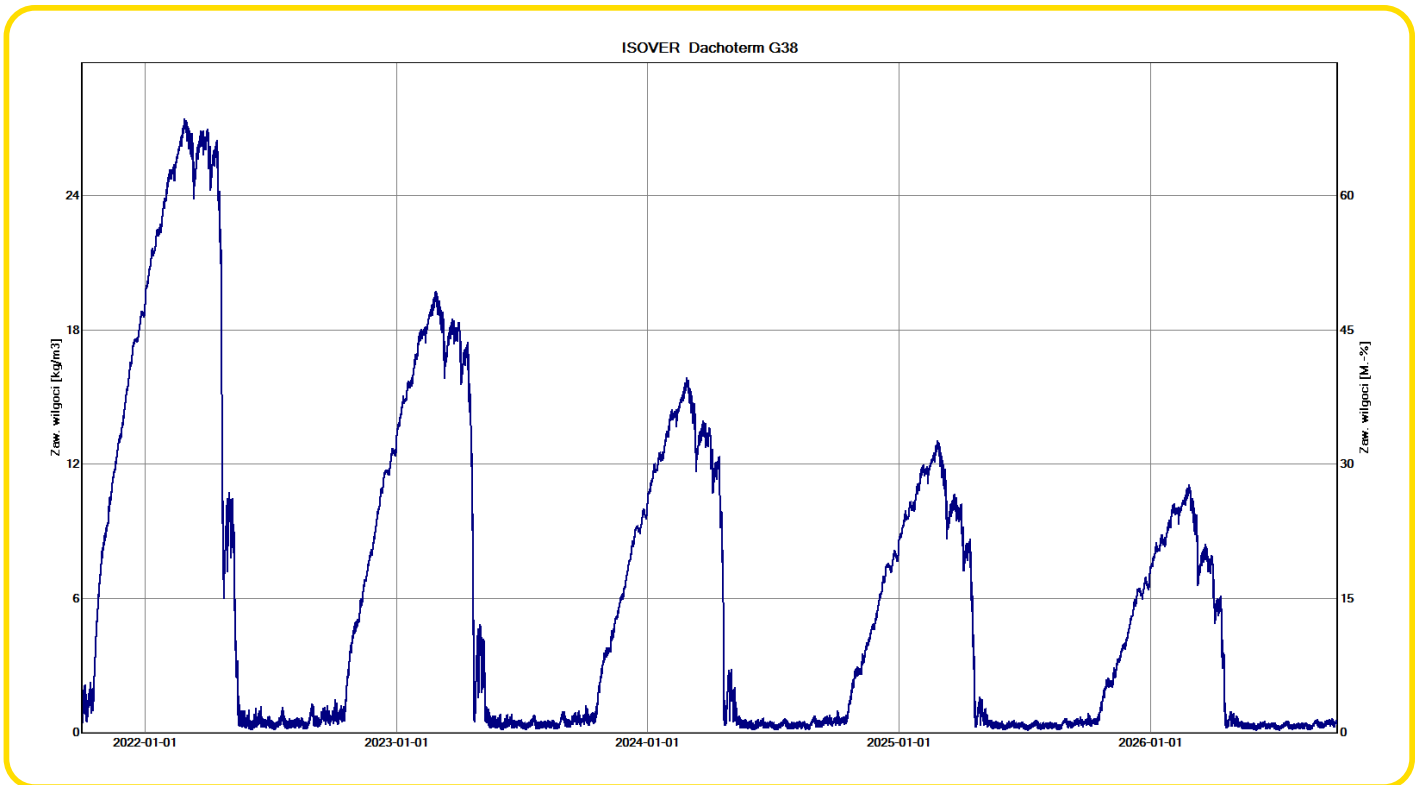
il. 66. Rozkład zawartości wilgoci w warstwie żużla paleniskowego przez okres 5 lat, uzyskany w programie WUFI PRO 5.3. Obserwowany długotrwały spadek zawartości wilgoci (brak ciągłego przyrostu wilgoci w rozpatrywanej warstwie).



il. 67. Rozkład zawartości wilgoci w warstwie szlichty cementowej przez okres 5 lat, uzyskany w programie WUFI PRO 5.3. Obserwowany długotrwały spadek zawartości wilgoci (brak ciągłego przyrostu wilgoci w rozpatrywanej warstwie).



il. 68. Rozkład zawartości wilgoci w warstwie ISOVER Dachoterm SL37 przez okres 5 lat, uzyskany w programie WUFI PRO 5.3. Obserwowany długotrwały spadek zawartości wilgoci (brak ciągłego przyrostu wilgoci w rozpatrywanej warstwie).



il. 69. Rozkład zawartości wilgoci w warstwie ISOVER Dachoterm G38 przez okres 5 lat, uzyskany w programie WUFI PRO 5.3. Obserwowany długotrwały spadek zawartości wilgoci (brak ciągłego przyrostu wilgoci w rozpatrywanej warstwie).

Analiza przeprowadzona w programie WUFI PRO 5.3 wykazała długotrwały spadek zawartości wilgoci w warstwach termoizolacyjnych (**Dachoterm SL37 i Dachoterm G38**), w warstwie szlichty cementowej, zasypki z żużla oraz w płycie żelbetowej. W przypadku tynku wewnętrznego obserwuje się stabilny rozkład zawartości wilgoci (brak długotrwałego przyrostu bądź spadku parametru). Przyjęte rozwiązanie projektowe dla dachu płaskiego jest prawidłowe pod względem ochrony cieplnej i wilgotnościowej. W przegrodzie nie dochodzi do ciągłego przyrostu zawartości wilgoci. W przypadku warstwy ociepleniowej zalegającej bezpośrednio pod pokryciem (Dachoterm G38) dochodzi do silnego przyrostu wilgoci w okresach jesienno-zimowych - przy czym z każdym kolejnym rokiem maksymalne wartości parametru są coraz mniejszej. W celu uniknięcia możliwości nadmiernego kumulowania się wilgoci w górnej warstwie ocieplenia zaleca się zastosowanie kominków odpowietrzających pokrycie dachowe w ilości 1 szt. na 40 m².

Na podstawie szczegółowych analiz numerycznych (WUFI PRO 5.3) wykazano spełnienie warunku uniknięcia narastania w kolejnych latach zawilgocenia spowodowanego kondensacją pary wodnej. Przegroda pod względem kondensacji międzywarstwowej została zaprojektowana prawidłowo.



8.6. STROP POD NIEOGRZEWANYM PODDASZEM



OBLICZENIA WSPÓŁCZYNNIKA PRZENIKANIA CIEPŁA

Obliczenia cieplne analizowanej przegrody poprzedzone zostały zestawieniem materiałów przyjętych w analizach wraz z przypisaniem im podstawowych parametrów fizycznych (tj. współczynnika przewodzenia ciepła λ i współczynnika oporu dyfuzyjnego μ).

Tab. 46. Zestawienie materiałów przyjętych w obliczeniach cieplno-wilgotnościowych dla analizowanej przegrody.

L.p.	Nazwa materiału	λ [W/(m·K)]		μ [-]	
		wartość	podstawa	wartość	podstawa
1.	deska drewniana	0,13	PN-EN ISO 10456:2009	50	PN-EN ISO 10456:2009
2.	polepa z gliny i siczki	0,30	PN-B-03404:1974	50 ⁴⁾	PN-EN ISO 10456:2009
3.	belki drewniane	0,18	PN-EN ISO 10456:2009	200	PN-EN ISO 10456:2009
4.	płyty z trzciny	0,07	PN-EN ISO 6946:1999	5 ³⁾	2)
5.	tynek wapienno-piaskowy	0,80	PN-EN ISO 10456:2009	10	PN-EN ISO 10456:2009
6.	ISOVER Super-Mata	0,033	1)	1	1)
7.	płyta RIGIPS Rigidur E25	0,192	5)	10	PN-EN ISO 10456:2009

Uwagi:

- 1) – zgodnie z dokumentacją techniczną produktu
- 2) – na podstawie: Arbeiter K.: „Innendämmung. Auswahl, Konstruktion, Ausführung”, wyd. Müller Rudolf, 2014.
- 3) – przyjęto analogicznie do płyt z włókna drzewnego
- 4) – przyjęto analogicznie do gliny
- 5) – zgodnie z informacją producenta w zakresie oporu cieplnego warstwy $R=0,13$

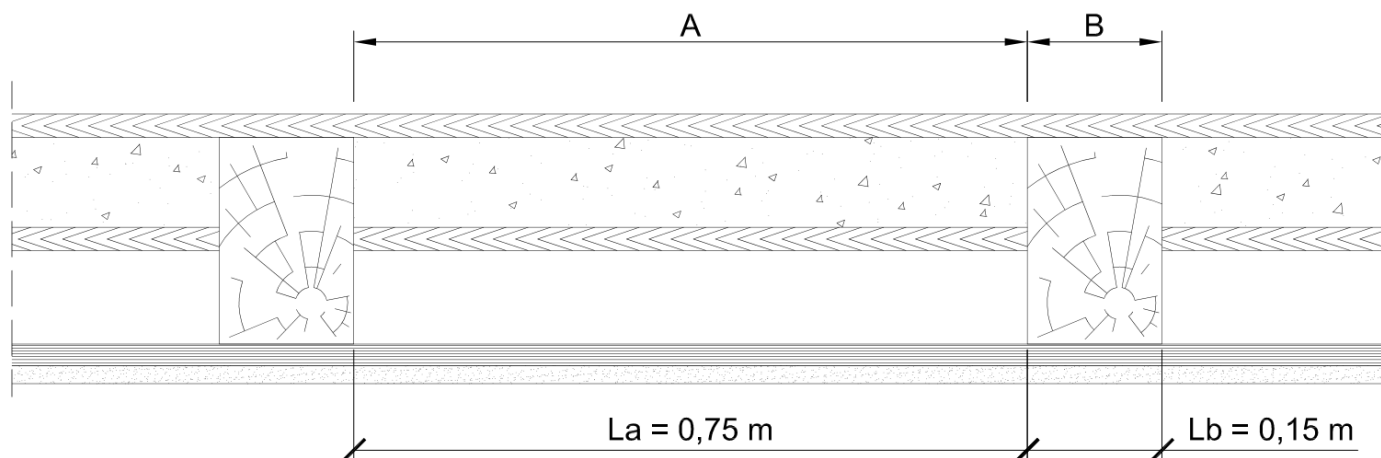
Analizowaną przegrodę stanowi strop wewnętrzny drewniany belkowy ze ślepym pułapem. Elementami nośnymi są belki drewniane o wymiarach przekroju poprzecznego 15 x 23 cm, rozmieszczone w rozstawie co ok. 90 cm. Warstwami wypełniającymi przestrzenie pomiędzy belkami są niewentylowana pustka powietrzna, deska drewniana (ślepy pułap) oraz polepa z gliny i siczki. Od strony mieszkań strop wykończony tynkiem wapienno-piaskowym na płytach z trzciny. Podłogę stanowią deski drewniane.

Współczynnik przenikania ciepła obliczono dla stropów wewnętrznych oddzielających mieszkania od nieogrzewanych części poddasza. Obliczenia przeprowadzono zgodnie z metodologią podaną w normie PN-EN ISO 6946: 2017-10. Z uwagi na niejednorodną budowę przegrody zastosowano metodę opisaną w punkcie 6.7.2 przywołanej normy (całkowity opór cieplny komponentów budowlanych składających się z warstw jednorodnych i niejednorodnych). Analizowaną przegrodę podzielono na dwa przekroje:

- przekrój A: przekrój poza belkami nośnymi stropu, długość przekroju $L_a = 0,75$ m;
- przekrój B: przekrój przez belkę nośną stropu, długość przekroju $L_b = 0,15$ m.

Tab. 47. Obliczenia oporu całkowitego stropu pod poddaszem nieogrzewanym – stan istniejący.

L.p.	Nazwa warstwy	d [m]	λ [W/(m·K)]	R [m ² ·K/W]
PRZEKRÓJ A				
1.	zewnątrzna strona przegrody	-	-	0,100
2.	podłoga drewniana	0,026	0,130	0,200
3.	polepa z gliny i siczki	0,100	0,300	0,333
4.	deska drewniana (ślepy pułap)	0,026	0,130	0,200
5.	powietrze niewentylowane	0,104	-	0,160
6.	płyty z trzciny	0,024	0,070	0,343
7.	tynk wapienno-piaskowy	0,020	0,800	0,025
8.	wewnętrzna strona przegrody	-	-	0,100
SUMA (R_{tot;a})				1,461
długość wycinka L_a = 0,75 m				
ułamkowe pole przekroju f_a = 0,833				
PRZEKRÓJ B				
1.	zewnątrzna strona przegrody	-	-	0,100
2.	podłoga drewniana	0,026	0,130	0,200
3.				
4.	belka drewniana	0,230	0,180	1,278
5.				
6.	płyty z trzciny	0,024	0,070	0,343
7.	tynk wapienno-piaskowy	0,020	0,800	0,025
8.	wewnętrzna strona przegrody	-	-	0,100
SUMA (R_{tot;b})				2,046
długość wycinka L_b = 0,15 m				
ułamkowe pole przekroju f_b = 0,167				
Górna granica całkowitego oporu cieplnego R_{tot;upper}				1,534
Dolna granica całkowitego oporu cieplnego R_{tot;lower}				1,495
Całkowity opór cieplny R_{tot}				1,515



il. 70. Schemat obliczeniowy podziału stropu pod nieogrzewanym poddaszem na przekroje A i B (stan istniejący).

Współczynnik przenikania ciepła dla stropu pod nieogrzewanym poddaszem w stanie istniejącym:

$$U_C = U = \frac{1}{R_{\text{tot}}} = \frac{1}{1,515} = 0,66 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

Analizowana przegroda w stanie projektowanym spełnia wymaganą wartość współczynnika przenikania ciepła dla dachów $U_{C(\text{max})} = 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, określoną w Rozporządzeniu [5.2].

Dla analizowanej przegrody przyjęto ocieplenie od strony poddasza nieogrzewanego wełną mineralną ISOVER Super-Mata z wykończeniem podłogi płytami gipsowo-włóknowymi RIGIPS Rigidur E25 na legarach (ocieplenie w układzie dwuwarstwowym z legarami rozmieszczonymi dwukierunkowo).

Tab. 48. Dobór grubości warstwy ocieplenia dla stropu pod poddaszem nieogrzewanym.

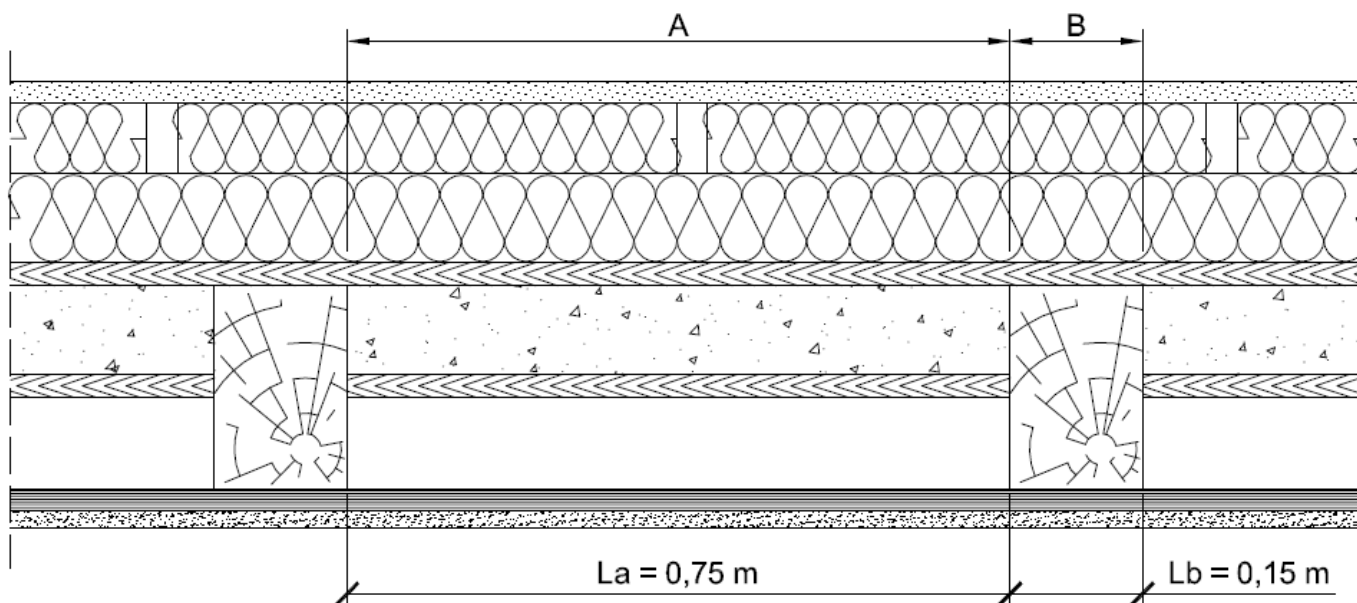
	Wariant grubości ocieplenia			
	W0	W1	W2	W3
λ ocieplenia [$\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$]	0,033			
Grubość ocieplenia [m]	0,150	0,180	0,200	0,230
Opór cieplny izolacji [$\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$]	4,545	5,455	6,061	6,970
$R_{\text{tot}}^{1)}$ [$\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$]	6,199	7,109	7,715	8,624
U [$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$]	0,16	0,14	0,13	0,12
Spełnienie WT2021	NIE	TAK	TAK	TAK

1) – wartość całkowitego oporu obliczona na podstawie górnej i dolnej granicy oporu cieplnego.

Z uproszczonej analizy przedstawionej w tabeli 48 wynika, iż do spełnienia wymaganej izolacyjności termicznej stropu pod nieogrzewanym poddaszem wystarczy grubość **18 cm** przyjętego materiału termoizolacyjnego. Dostępne warianty wełny mineralnej umożliwiają przyjęcie do ocieplenia grubości 18 cm.

Tab. 49. Obliczenia oporu całkowitego stropu pod poddaszem nieogrzewanym – stan projektowany.

L.p.	Nazwa warstwy	d [m]	λ [W/(m·K)]	R [m ² ·K/W]
PRZEKRÓJ A				
1.	zewnątrzna strona przegrody	-	-	0,100
2.	RIGIPS Rigidur E25	0,025	0,192	0,130
3.	ISOVER Super-Mata	0,180	0,033	5,455
4.	podłoga drewniana	0,026	0,130	0,200
5.	polepa z gliny i siczki	0,100	0,300	0,333
6.	deska drewniana (ślepy pułap)	0,026	0,130	0,200
7.	powietrze niewentylowane	0,104	-	0,160
8.	płyty z trzciny	0,024	0,070	0,343
9.	tynk wapienno-piaskowy	0,020	0,800	0,025
10.	wewnętrzna strona przegrody	-	-	0,100
SUMA (R_{tot;a})				7,046
długość wycinka L_a = 0,75 m, ułamkowe pole przekroju f_a = 0,833				
PRZEKRÓJ B				
1.	zewnątrzna strona przegrody	-	-	0,100
2.	RIGIPS Rigidur E25	0,025	0,192	0,130
3.	ISOVER Super-Mata	0,180	0,033	5,455
4.	podłoga drewniana	0,026	0,130	0,200
5.				
6.	belka drewniana	0,230	0,180	1,278
7.				
8.	płyty z trzciny	0,024	0,070	0,343
9.	tynk wapienno-piaskowy	0,020	0,800	0,025
10.	wewnętrzna strona przegrody	-	-	0,100
SUMA (R_{tot;b})				7,631
długość wycinka L_b = 0,15 m, ułamkowe pole przekroju f_b = 0,167				
Górna granica całkowitego oporu cieplnego R_{tot;upper}				7,137
Dolna granica całkowitego oporu cieplnego R_{tot;lower}				7,080
Całkowity opór cieplny R_{tot}				7,109



il. 71. Schemat obliczeniowy podziału stropu pod nieogrzewanym poddaszem na przekroje A i B (stan projektowany).

Współczynnik przenikania ciepła dla stropu pod nieogrzewanym poddaszem w stanie projektowanym:

$$U_C = U = \frac{1}{R_{\text{tot}}} = \frac{1}{7,109} = 0,14 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

Analizowana przegroda w stanie projektowanym spełnia wymaganą wartość współczynnika przenikania ciepła dla stropów pod nieogrzewanymi poddaszami $U_{C(\text{max})} = 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, określoną w Rozporządzeniu [5.2].

SPRAWDZENIE KONDENSACJI POWIERZCHNIOWEJ I MIĘDZYWARSTWOWEJ

Na mocy zapisów § 321 ust. 1 i 2 Rozporządzenia [5.2] dla analizowanej przegrody budowlanej w stanie projektowanym pominięto sprawdzenie ryzyka wystąpienia kondensacji powierzchniowej i międzywarstwowej (sprawdzeniu podlegają jedynie przegrody zewnętrzne).

8.7. DACH SKOŚNY Z POKRYCIEM Z DACHÓWKI



OBLICZENIA WSPÓŁCZYNNIKA PRZENIKANIA CIEPŁA

Obliczenia cieplne analizowanej przegrody poprzedzone zostały zestawieniem materiałów przyjętych w analizach wraz z przypisaniem im podstawowych parametrów fizycznych (tj. współczynnika przewodzenia ciepła λ i współczynnika oporu dyfuzyjnego μ).

Tab. 50. Zestawienie materiałów przyjętych w obliczeniach cieplno-wilgotnościowych dla analizowanej przegrody.

L.p.	Nazwa materiału	λ [W/(m·K)]		μ [-]	
		wartość	podstawa	wartość	podstawa
1.	dachówka (ceramiczna)	1,00	PN-EN ISO 10456:2009	40	PN-EN ISO 10456:2009
2.	krokiew	0,18	PN-EN ISO 10456:2009	200	PN-EN ISO 10456:2009
3.	istniejące maty z włókna szklanego	0,045	PN-EN ISO 6946:1999	1	2)
4.	istniejąca płyta g-k	0,25	PN-EN ISO 10456:2009	10	PN-EN ISO 10456:2009
5.	istniejąca folia paroizolacyjna (PE)	0,33	PN-EN ISO 10456:2009	100 000	PN-EN ISO 10456:2009
6.	RIGIPS PRO HYDRO H2	0,25	1)	10	1)
7.	ISOVER Stopair 1104 gr. 0,2 mm	0,33	PN-EN ISO 10456:2009	300 000 ³⁾	1)
8.	ISOVER Super-Mata Plus	0,032	1)	1	1)
9.	ISOVER Taurus Renover	0,038	1)	1	1)
10.	deska drewniana Taurus Renover	0,13	PN-EN ISO 10456:2009	50	PN-EN ISO 10456:2009
11.	ISOVER Vario XtraSafe	0,25	PN-EN ISO 10456:2009	340 000 ⁴⁾	1)
12.	ISOVER Draftex Profi	0,22	PN-EN ISO 10456:2009	25 ⁵⁾	1)

Uwagi:

1) – zgodnie z dokumentacją techniczną produktu

2) - na podstawie tablicy 4.8. w „Budownictwo Ogólne. Tom 2. Fizyka budowli”, pod red. prof. dr hab. inż. Piotra Klemma, Wyd. Arkady, Warszawa 2005

3) - wyznaczono na podstawie deklarowanej wartości $S_d = 60$ m (dokumentacja techniczna produktu)

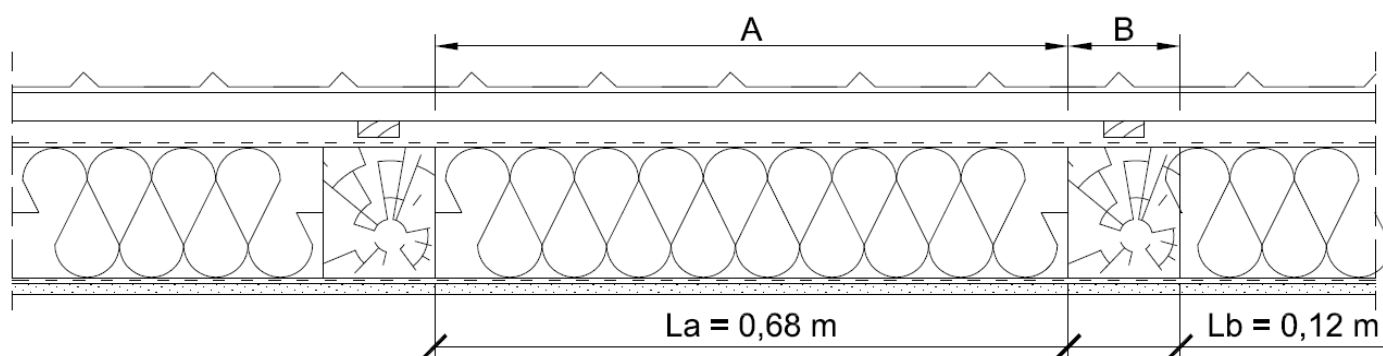
4) – wyznaczono na podstawie deklarowanej wartości $S_d = 6,8$ m (dokumentacja techniczna produktu)

5) – wyznaczono na podstawie deklarowanej wartości $S_d = 0,015$ m (dokumentacja techniczna produktu)

Analizowaną przegrodę stanowi dach drewniany skośny. Elementami nośnymi są krokwie o wymiarach przekroju poprzecznego 12 x 14 cm, rozmieszczone w rozstawie co ok. 80 cm. Przegroda w stanie istniejącym ocieplona jest matami z włókna szklanego (ocieplenie pomiędzy krokwiami) Od strony wewnętrznej przegroda wykończona folią paroizolacyjną oraz płytami g-k.

Obliczenia przeprowadzono zgodnie z metodologią podaną w normie PN-EN ISO 6946: 2017-10. Z uwagi na niejednorodną budowę przegrody zastosowano metodą opisaną w punkcie 6.7.2 przywołanej normy (całkowity opór cieplny komponentów budowlanych składających się z warstw jednorodnych i niejednorodnych). Analizowaną przegrodę podzielono na dwa przekroje:

- przekrój A: przekrój poza krokwiami, długość przekroju $L_a = 0,68$ m;
- przekrój B: przekrój przez krokiew, długość przekroju $L_b = 0,12$ m.



il. 72. Schemat obliczeniowy podziału dachu skośnego na przekroje A i B (stan istniejący).

Współczynnik przenikania ciepła dla dachu skośnego w stanie istniejącym:

$$U_c = U = \frac{1}{R_{\text{tot}}} = \frac{1}{2,452} = 0,41 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

Analizowana przegroda w stanie istniejącym nie spełnia wymaganej wartości współczynnika przenikania ciepła dla dachów $U_{c(\text{max})} = 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, określonej w Rozporządzeniu [5.2].

Tab. 51. Obliczenia oporu całkowitego dachu skośnego – stan istniejący.

L.p.	Nazwa warstwy	d [m]	λ [W/(m·K)]	R [m ² ·K/W]
PRZEKRÓJ A				
1.	zewnątrzna strona przegrody	-	-	0,100
2.	pokrycie dachowe (dachówka)	-	-	-
3.	szczelina wentylacyjna	-	-	-
4.	membrana paroprzepuszczalna – pominięto z uwagi na znikomą grubość	-	-	-
5.	maty z włókna szklanego	0,140	0,045	3,111
6.	folia paroizolacyjna (PE) – pominięto z uwagi na znikomą grubość	-	-	-
7.	istniejąca płyta g-k	0,0125	0,250	0,050
8.	wewnętrzna strona przegrody	-	-	0,100
SUMA (R_{tot;a})				3,361
długość wycinka L_a = 0,68 m, ułamkowe pole przekroju f_a = 0,85				
PRZEKRÓJ B				
1.	zewnątrzna strona przegrody	-	-	0,100
2.	pokrycie dachowe (dachówka)	-	-	-
3.	szczelina wentylacyjna	-	-	-
4.	membrana paroprzepuszczalna – pominięto z uwagi na znikomą grubość	-	-	-
5.	krokiew	0,140	0,180	0,778
6.	folia paroizolacyjna (PE) – pominięto z uwagi na znikomą grubość	-	-	-
7.	istniejąca płyta g-k	0,0125	0,250	0,050
8.	wewnętrzna strona przegrody	-	-	0,100
SUMA (R_{tot;b})				1,028
długość wycinka L_b = 0,12 m, ułamkowe pole przekroju f_b = 0,15				
Górna granica całkowitego oporu cieplnego R_{tot;upper}				2,507
Dolna granica całkowitego oporu cieplnego R_{tot;lower}				2,396
Całkowity opór cieplny R_{tot}				2,452

WARIANT 1 OCIEPLENIA DACHU SKOŚNEGO – IZOLACJA PODKROKWIOWA

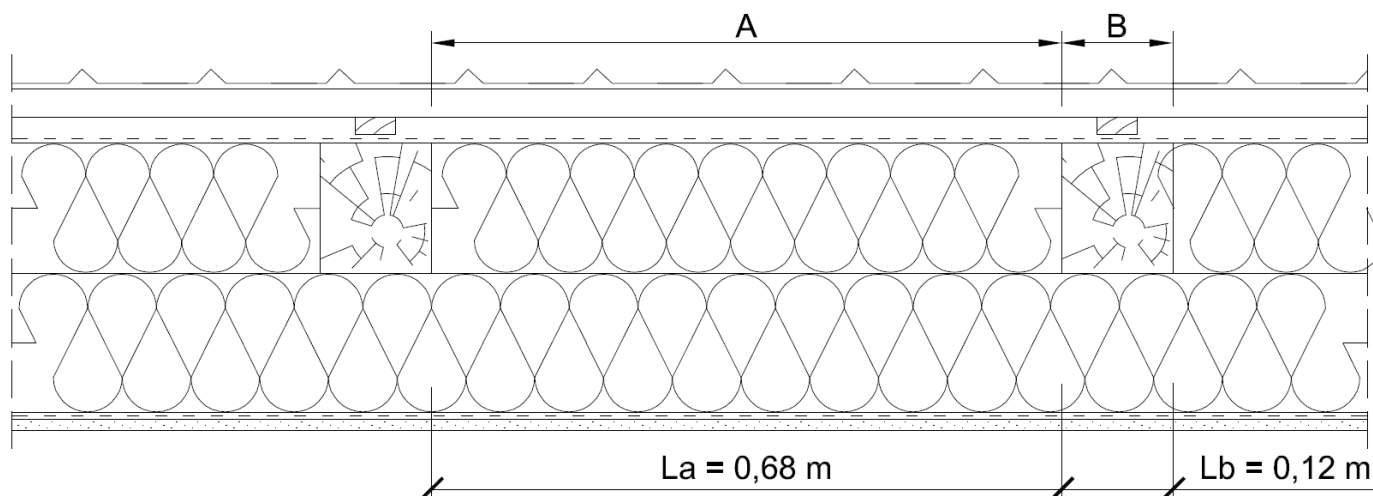
Dla analizowanej przegrody przyjęto poprawę izolacyjności termicznej polegającą na wymianie istniejącej izolacji termicznej pomiędzy krokwiami oraz zamocowanie dodatkowej warstwy termoizolacyjnej pod krokwiami (wykończenie w postaci **płyt RIGIPS** na profilach systemowych **RIGISTIL**).

Tab. 52. Dobór grubości warstwy ocieplenia dla dachu skośnego w wariantcie W1 (izolacja pomiędzy krokwiami oraz pod krokwiami).

	Wariant grubości ocieplenia			
	W0	W1	W2	W3
λ ocieplenia [W/(m·K)]	0,033			
Grubość ocieplenia [m]	0,240	0,270	0,290	0,320
Opór cieplny izolacji [m ² ·K/W]	7,273	8,182	8,788	9,697
$R_{tot}^{1)}$ [m ² ·K/W]	6,247	7,184	7,803	8,730
U [W/(m ² ·K)]	0,16	0,14	0,13	0,11
Spełnienie WT2021	NIE	TAK	TAK	TAK

1) – wartość całkowitego oporu obliczona na podstawie górnej i dolnej granicy oporu cieplnego.

Z uproszczonej analizy przedstawionej w tabeli 52 wynika, iż do spełnienia wymaganej izolacyjności termicznej dachu wystarczy zastosowanie ocieplenia w układzie 14 cm (pomiędzy krokwiami) + 13 cm (pod krokwiami) dla przyjętego materiału termoizolacyjnego. Jednak z uwagi na dostępne na rynku budowlanym grubości założonej izolacji cieplnej, do obliczeń przyjęto wariant W2, zgodnie z którym do ocieplenia stosuje się układ **14 cm** (pomiędzy krokwiami) + **15 cm** (pod krokwiami).



il. 73. Schemat obliczeniowy podziału dachu skośnego na przekroje A i B (stan projektowany – WARIANT 1).

Tab. 53. Obliczenia oporu całkowitego dachu skośnego – stan projektowany (wariant 1).

L.p.	Nazwa warstwy	d [m]	λ [W/(m·K)]	R [m ² ·K/W]
PRZEKRÓJ A				
1.	zewnątrzna strona przegrody	-	-	0,100
2.	pokrycie dachowe (dachówka)	-	-	-
3.	szczelina wentylacyjna	-	-	-
4.	ISOVER Draftex Profi – pominięto z uwagi na znikomą grubość	-	-	-
5.	ISOVER Super-Mata	0,140	0,033	4,242
6.	ISOVER Super-Mata	0,150	0,033	4,545
7.	ISOVER Stopair 1104 gr. 0,2 mm – pominięto z uwagi na znikomą grubość	-	-	-
8.	RIGIPS PRO HYDRO H2	0,0125	0,250	0,050
9.	wewnętrzna strona przegrody	-	-	0,100
SUMA (R_{tot;a})				9,037
długość wycinka L_a = 0,68 m, ułamkowe pole przekroju f_a = 0,85				
PRZEKRÓJ B				
1.	zewnątrzna strona przegrody	-	-	0,100
2.	pokrycie dachowe (dachówka)	-	-	-
3.	szczelina wentylacyjna	-	-	-
4.	ISOVER Draftex Profi – pominięto z uwagi na znikomą grubość	-	-	-
5.	krokiew	0,140	0,180	0,778
6.	ISOVER Super-Mata	0,150	0,033	4,545
7.	ISOVER Stopair 1104 gr. 0,2 mm – pominięto z uwagi na znikomą grubość	-	-	-
8.	RIGIPS PRO HYDRO H2	0,0125	0,250	0,050
9.	wewnętrzna strona przegrody	-	-	0,100
SUMA (R_{tot;b})				5,573
długość wycinka L_b = 0,12 m, ułamkowe pole przekroju f_b = 0,15				
Górna granica całkowitego oporu cieplnego R_{tot;upper}				8,226
Dolna granica całkowitego oporu cieplnego R_{tot;lower}				7,340
Całkowity opór cieplny R_{tot}				7,803

Współczynnik przenikania ciepła dla dachu w stanie projektowanym (wariant 1):

$$U_c = U = \frac{1}{R_{\text{tot}}} = \frac{1}{7,803} = 0,13 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

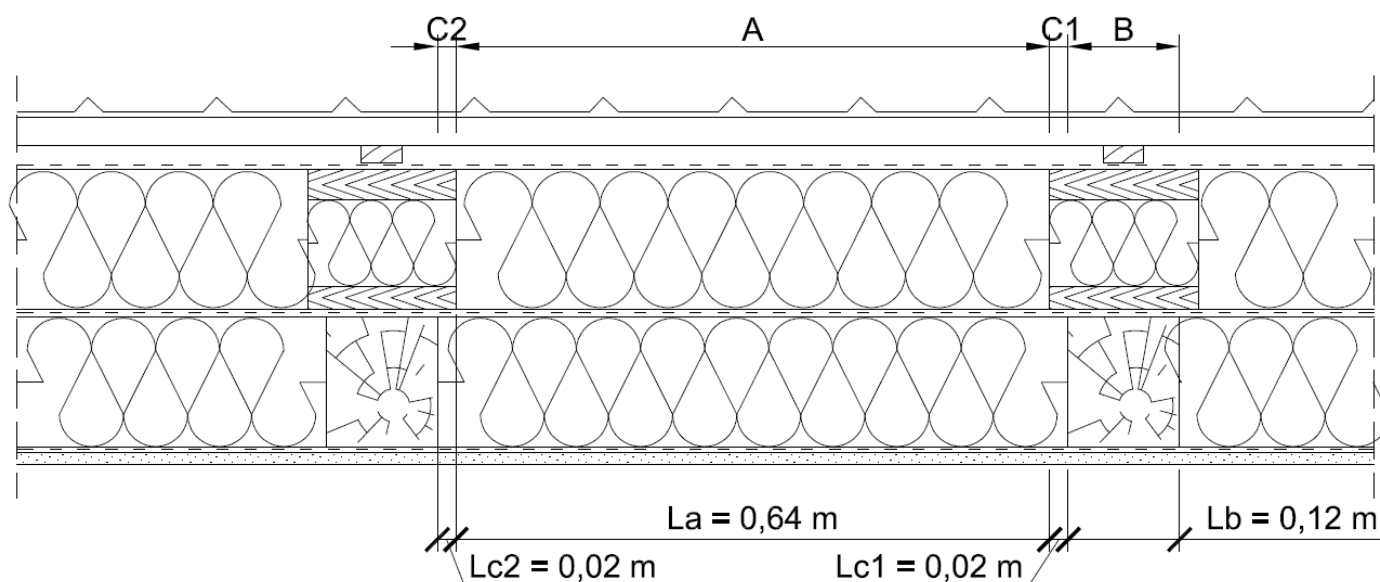
Analizowana przegroda w stanie projektowanym spełnia wymaganą wartość współczynnika przenikania ciepła dla dachów $U_{c(\text{max})} = 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, określoną w Rozporządzeniu [5.2].

WARIANT 2 OCIEPLENIA DACHU SKOŚNEGO – IZOLACJA NAKROKWIOWA (SYSTEM RENOVER)

Dla analizowanej przegrody przyjęto poprawę izolacyjności termicznej polegającą na ułożeniu ocieplenia nad krokiewmi w systemie **ISOVER RENOVER**. Z uwagi na zastosowanie w projektowanej budowie przegrody belek nakrokwiowych RENOVER, przegrodę podzielono na trzy przekroje:

- przekrój A: przekrój poza krokiewmi i poza belką RENOVER, długość przekroju $L_a = 0,64 \text{ m}$;
- przekrój B: przekrój przez krokiew i belkę RENOVER, długość przekroju $L_b = 0,12 \text{ m}$;
- przekrój C: przekrój przez belkę RENOVER poza krokiewmi, długość przekroju $L_c = 0,04 \text{ m}$.

Jako izolację termiczną pomiędzy belkami RENOVER przyjęto **ISOVER Super-Mata Plus** o gr. **16 cm**. Z uwagi na określoną wysokość belek RENOVER (157 mm), dla przyjętego systemu rozpatrzono jeden wariant grubości ocieplenia.



il. 74. Schemat obliczeniowy podziału dachu skośnego na przekroje A, B i C (stan projektowany – WARIANT 2).

Tab. 54. Obliczenia oporu całkowitego dachu skośnego – stan projektowany (wariant 2).

L.p.	Nazwa warstwy	d [m]	λ [W/(m·K)]	R [m ² ·K/W]
PRZEKRÓJ A				
1.	zewnątrzna strona przegrody	-	-	0,100
2.	pokrycie dachowe (dachówka)	-	-	-
3.	szczelina wentylacyjna	-	-	-
4.	ISOVER Draftex Profi – pominięto z uwagi na znikomą grubość	-	-	-
5.				
6.	ISOVER Super-Mata Plus	0,157 ¹⁾	0,032	4,906
7.				
8.	ISOVER Vario XtraSafe – pominięto z uwagi na znikomą grubość	-	-	-
9.	maty z włókna szklanego	0,140	0,045	3,111
10.	folia paroizolacyjna (PE) – pominięto z uwagi na znikomą grubość	-	-	-
11.	istniejąca płyta g-k	0,0125	0,250	0,050
12.	wewnętrzna strona przegrody	-	-	0,100
SUMA (R_{tot;a})				8,267

długość wycinka $L_a = 0,64$ m, ułamkowe pole przekroju $f_a = 0,80$

1) – Uwaga: do ocieplenia przegrody pomiędzy belkami Renover przyjęto wełnę mineralną Super-Mata Plus o grubości 16 cm. Z uwagi na wysokość belek Renover w obliczeniach założono delikatną kompresję wełny do grubości 157 mm.

PRZEKRÓJ B				
1.	zewnątrzna strona przegrody	-	-	0,100
2.	pokrycie dachowe (dachówka)	-	-	-
3.	szczelina wentylacyjna	-	-	-
4.	ISOVER Draftex Profi – pominięto z uwagi na znikomą grubość	-	-	-
5.	deska drewniana Taurus Renover	0,032	0,130	0,246
6.	ISOVER Taurus Renover	0,100	0,038	2,632
7.	deska drewniana Taurus Renover	0,025	0,130	0,192

8.	ISOVER Vario XtraSafe – pominięto z uwagi na znikomą grubość	-	-	-
9.	krokiew	0,140	0,180	0,778
10.	folia paroizolacyjna (PE) – pominięto z uwagi na znikomą grubość	-	-	-
11.	istniejąca płyta g-k	0,0125	0,250	0,050
12.	wewnętrzna strona przegrody	-	-	0,100
SUMA ($R_{tot;b}$)				4,098

długość wycinka $L_b = 0,12$ m, ułamkowe pole przekroju $f_b = 0,15$

PRZEKRÓJ C

1.	zewnątrzna strona przegrody	-	-	0,100
2.	pokrycie dachowe (dachówka)	-	-	-
3.	szczelina wentylacyjna	-	-	-
4.	ISOVER Draftex Profi – pominięto z uwagi na znikomą grubość	-	-	-
5.	deska drewniana Taurus Renover	0,032	0,130	0,246
6.	ISOVER Taurus Renover	0,100	0,038	2,632
7.	deska drewniana Taurus Renover	0,025	0,130	0,192
8.	ISOVER Vario XtraSafe – pominięto z uwagi na znikomą grubość	-	-	-
9.	maty z włókna szklanego	0,140	0,045	3,111
10.	folia paroizolacyjna (PE) – pominięto z uwagi na znikomą grubość	-	-	-
11.	istniejąca płyta g-k	0,0125	0,250	0,050
12.	wewnętrzna strona przegrody	-	-	0,100
SUMA ($R_{tot;c}$)				6,431

długość wycinka $L_b = 0,04$ m, ułamkowe pole przekroju $f_b = 0,05$

Górna granica całkowitego oporu cieplnego $R_{tot;upper}$ 7,085

Dolna granica całkowitego oporu cieplnego $R_{tot;lower}$ 6,512

Całkowity opór cieplny R_{tot} 6,799

Współczynnik przenikania ciepła dla dachu w stanie projektowanym (wariant 2):

$$U_C = U = \frac{1}{R_{\text{tot}}} = \frac{1}{6,799} = 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

Analizowana przegroda w stanie projektowanym spełnia wymaganą wartość współczynnika przenikania ciepła dla dachów $U_{C(\text{max})} = 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, określoną w Rozporządzeniu [5.2].

SPRAWDZENIE KONDENSACJI POWIERZCHNIOWEJ

Sprawdzenie warunku kondensacji powierzchniowej przeprowadzono dla WARIANTU 1 ocieplenia dachu skośnego (ocieplenie pomiędzy krokwiami oraz pod krokwiami).

Zgodnie z wymaganiami Rozporządzenia [5.2] spełniony powinien być warunek $f_{R_{si}} > f_{R_{si,max}}$, gdzie $f_{R_{si}}$ to efektywna wartość czynnika temperaturowego na powierzchni wewnętrznej przegrody, a $f_{R_{si,max}}$ to wartość czynnika temperaturowego dla krytycznego miesiąca i dla danej lokalizacji budynku. Obliczenia czynnika $f_{R_{si,max}}$ wykonano na podstawie bazy klimatycznej WROCŁAW (bazy danych klimatycznych w Polsce zamieszczone są na stronie internetowej Ministerstwa Inwestycji i Rozwoju: <https://www.gov.pl/web/archiwum-inwestycje-rozwoj/dane-do-obliczen-energetycznych-budynkow>) oraz przy założeniu następujących parametrów eksploatacyjnych pomieszczeń ogrzewanych:

- temperatura powietrza wewnętrznego $t_i = 20^\circ\text{C}$,
- wilgotność względna powietrza wewnętrznego: $\phi_i = 50\%$.

Z wyników zestawiony w tabeli 27 wynika, iż największą wartość czynnika $f_{R_{si,min}}$ wykazuje grudzień (0,720). W związku z powyższym grudzień jest miesiącem krytycznym, zaś czynnik temperaturowy $f_{R_{si,max}}$ przyjmuje wartość 0,72.

WARIANT 1 OCIEPLENIA DACHU SKOŚNEGO – IZOLACJA PODKROKWIOWA

Dla analizowanej przegrody w stanie projektowanym obliczono bezwymiarowy czynnik temperaturowy $f_{R_{si}}$ i przyrównano go do $f_{R_{si,max}}$.

$$f_{R_{si}} = 1 - R_{si} \cdot U = 1 - 0,25 \cdot 0,13 = 0,97 > f_{R_{si,max}} = 0,72$$

Warunek $f_{R_{si}} > f_{R_{si,max}}$ jest spełniony. Analizowana przegroda została zaprojektowana prawidłowo pod względem uniknięcia ryzyka kondensacji powierzchniowej

WARIANT 2 OCIEPLENIA DACHU SKOŚNEGO – IZOLACJA NAKROKWIOWA (SYSTEM RENOVER)

Dla analizowanej przegrody w stanie projektowanym obliczono bezwymiarowy czynnik temperaturowy $f_{R_{si}}$ i przyrównano go do $f_{R_{si,max}}$.

$$f_{R_{si}} = 1 - R_{si} \cdot U = 1 - 0,25 \cdot 0,15 = 0,96 > f_{R_{si,max}} = 0,72$$

Warunek $f_{R_{si}} > f_{R_{si,max}}$ jest spełniony. Analizowana przegroda została zaprojektowana prawidłowo pod względem uniknięcia ryzyka kondensacji powierzchniowej

SPRAWDZENIE KONDENSACJI MIĘDZYWARSTWOWEJ

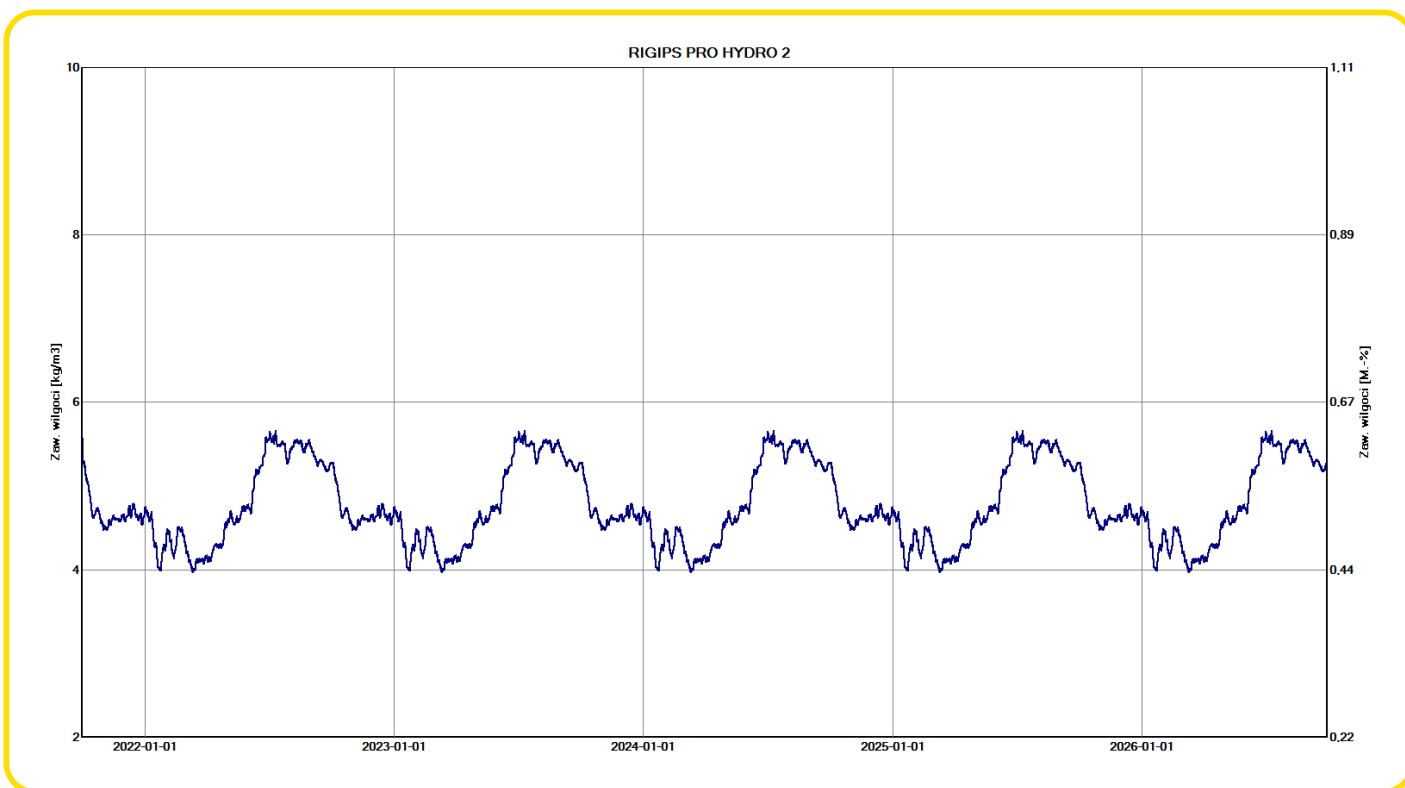
WARIANT 1 OCIEPLENIA DACHU SKOŚNEGO – IZOLACJA PODKROKWIOWA

W kolejnym etapie sprawdzono ryzyko wystąpienia kondensacji międzywarstwowej dla dachu skośnego w stanie projektowanym (wariant z ociepleniem podkrokwiovym). Szczegółową symulację przepływu wilgoci dla projektowanej przegrody zewnętrznej przeprowadzono w programie komputerowym WUFI PRO 5.3. Układ warstw materiałowych przyjęto analogicznie do uwarstwienia zestawionego w tabeli 53 (z uwzględnieniem warstw foliowych). Do symulacji wewnętrznych warunków klimatycznych przyjęto parametry odpowiadające 3 klasie wilgotności pomieszczeń wg normy PN-EN ISO 13788.

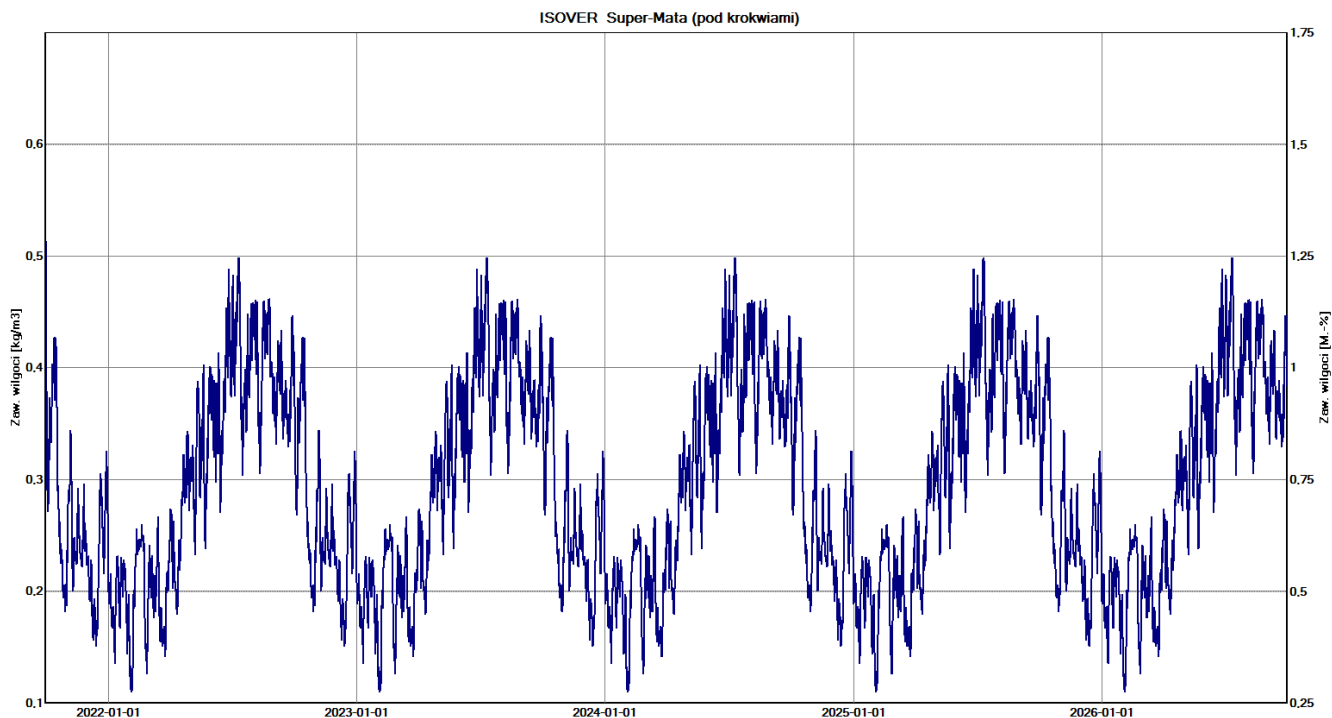
W obliczeniach symulacyjnych dla istniejących materiałów przyjęto początkową wilgotność masową na podstawie przeprowadzonych podczas wizji lokalnej pomiarów wilgotnościomierzem elektronicznym. Dla materiałów nowo wbudowanych przyjęto wilgotności na podstawie informacji przekazanych przez producentów oraz w oparciu o bazy danych dostępnych z poziomu programu WUFI PRO 5.3.

Założony czas symulacji: 5 lat. Początek symulacji ustalono na dzień 01.10. godz. 00:00.

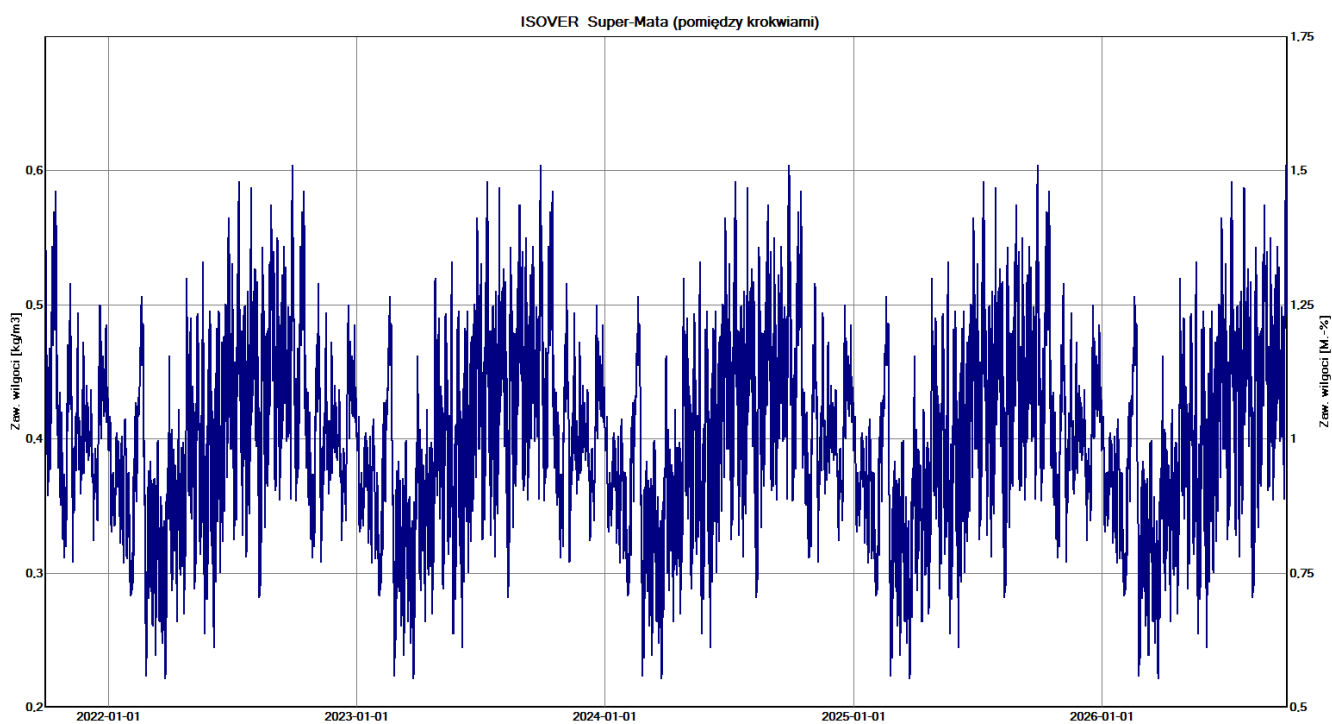
Na podstawie obliczeń symulacyjnych uzyskano wyniki w postaci wykresów zawartości wilgoci w poszczególnych warstwach w całym okresie analizy.



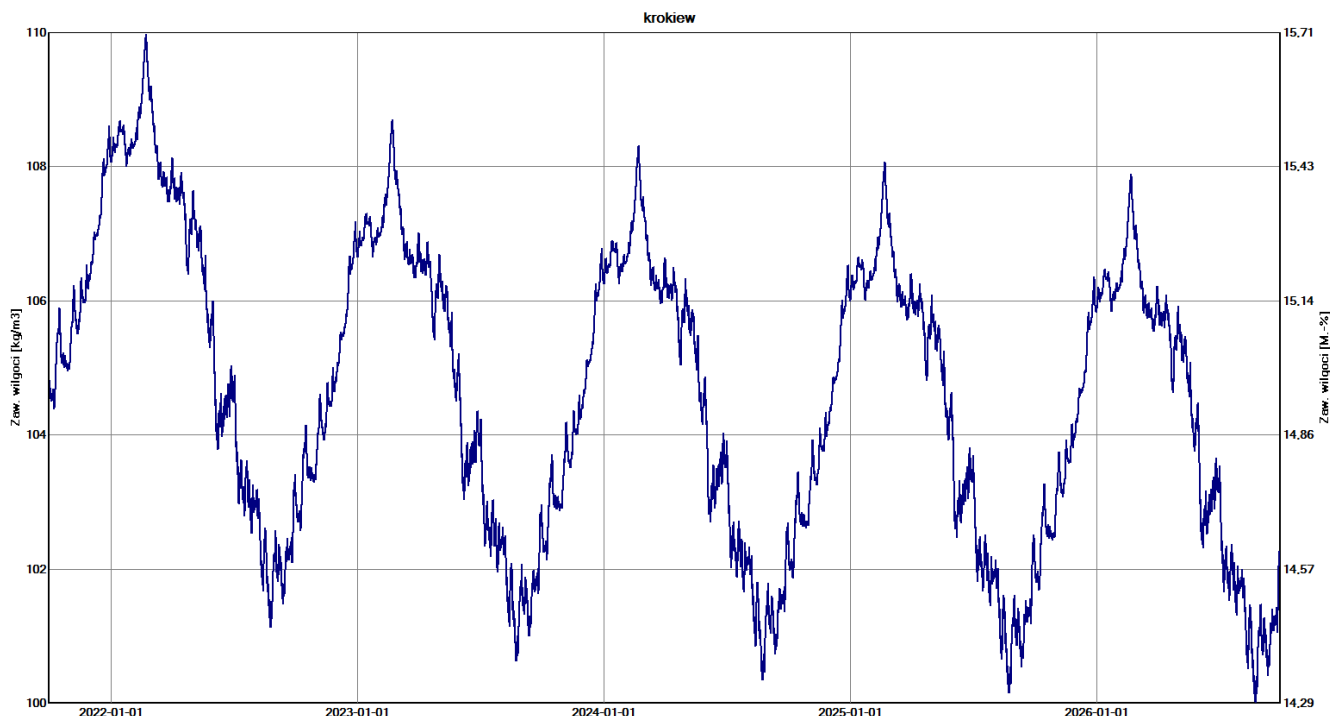
il. 75. Rozkład zawartości wilgoci w warstwie płyty RIGIPS PRO HYDRO H2 w projektowanym dachu skośnym przez okres 5 lat, uzyskany w programie WUFI PRO 5.3. Rozkład zawartości wilgoci w przyjętym okresie analizy ustabilizowany (obserwowana okresowa zmienność parametru wynikająca ze zmiany warunków pogodowych na przestrzeni roku).



il. 76. Rozkład zawartości wilgoci w warstwie ocieplenia pod krokiewmi (ISOVER Super-Mata) przez okres 5 lat, uzyskany w programie WUFI PRO 5.3. Rozkład zawartości wilgoci w przyjętym okresie analizy ustabilizowany (obserwowana okresowa zmienność parametru wynikająca ze zmiany warunków pogodowych na przestrzeni roku).



il. 77. Rozkład zawartości wilgoci w warstwie ocieplenia pomiędzy krokiewmi (ISOVER Super-Mata) przez okres 5 lat, uzyskany w programie WUFI PRO 5.3. Rozkład zawartości wilgoci w przyjętym okresie analizy ustabilizowany (obserwowana okresowa zmienność parametru wynikająca ze zmiany warunków pogodowych na przestrzeni roku).



il. 78. Rozkład zawartości wilgoci w warstwie krokwi przez okres 5 lat, uzyskany w programie WUFI PRO 5.3. Obserwowany początkowy spadek zawartości wilgoci. Pod koniec symulacji rozkład zawartości wilgoci ulega stabilizacji (obserwowana okresowa zmienność parametru wynikająca ze zmiany warunków pogodowych na przestrzeni roku).

Analiza przeprowadzona w programie WUFI PRO 5.3 wykazała brak wystąpienia w którejkolwiek z warstw rozpatrywanej przegrody ciągłego przyrostu wilgoci. W wewnętrznej warstwie wykończeniowej oraz w warstwach ocieplenia (pod krokwiami oraz między krokwiami) rozkład zawartości wilgoci w całym okresie analizy jest ustabilizowany. W przypadku krokwi w początkowym okresie analizy dochodzi do długotrwałego spadku zawartości wilgoci, po czym następuje stabilizacja badanego parametru.

Na podstawie szczegółowych analiz numerycznych (WUFI PRO 5.3) wykazano spełnienie warunku uniknięcia narastania w kolejnych latach zawilgocenia spowodowanego kondensacją pary wodnej. Przegroda pod względem kondensacji międzywarstwowej została zaprojektowana prawidłowo.

WARIANT 2 OCIEPLENIA DACHU SKOŚNEGO – IZOLACJA NAKROKWIOWA (SYSTEM RENOVER)

W kolejnym etapie sprawdzono ryzyko wystąpienia kondensacji międzywarstwowej dla dachu skośnego w stanie projektowanym (wariant z ociepleniem nakrokwiowym w systemie Renover). Szczegółową symulację przepływu wilgoci dla projektowanej przegrody zewnętrznej przeprowadzono w programie komputerowym WUFI PRO 5.3. Układ warstw materiałowych przyjęto analogicznie do uwarstwienia zestawionego w tabeli 54 (z uwzględnieniem warstw foliowych). Do symulacji wewnętrznych warunków klimatycznych przyjęto parametry odpowiadające 3 klasie wilgotności pomieszczeń wg normy PN-EN ISO 13788.

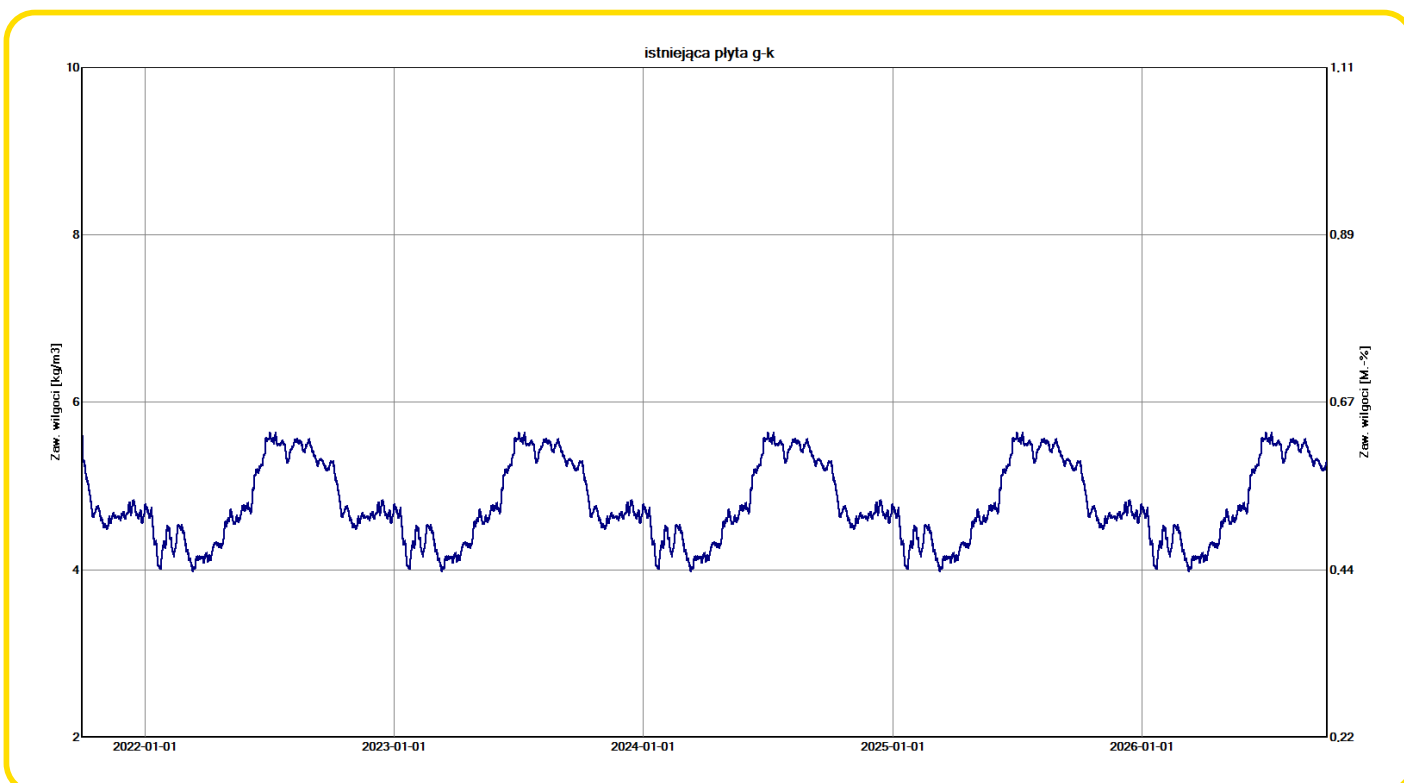
W obliczeniach symulacyjnych dla istniejących materiałów przyjęto początkową wilgotność masową na podstawie przeprowadzonych podczas wizji lokalnej pomiarów wilgotnościomierzem elektronicznym. Dla materiałów nowo wbudowanych przyjęto wilgotności na podstawie informacji przekazanych przez producentów oraz w oparciu o bazy danych dostępnych z poziomu programu WUFI PRO 5.3.

Założony czas symulacji: 5 lat. Początek symulacji ustalono na dzień 01.10. godz. 00:00.

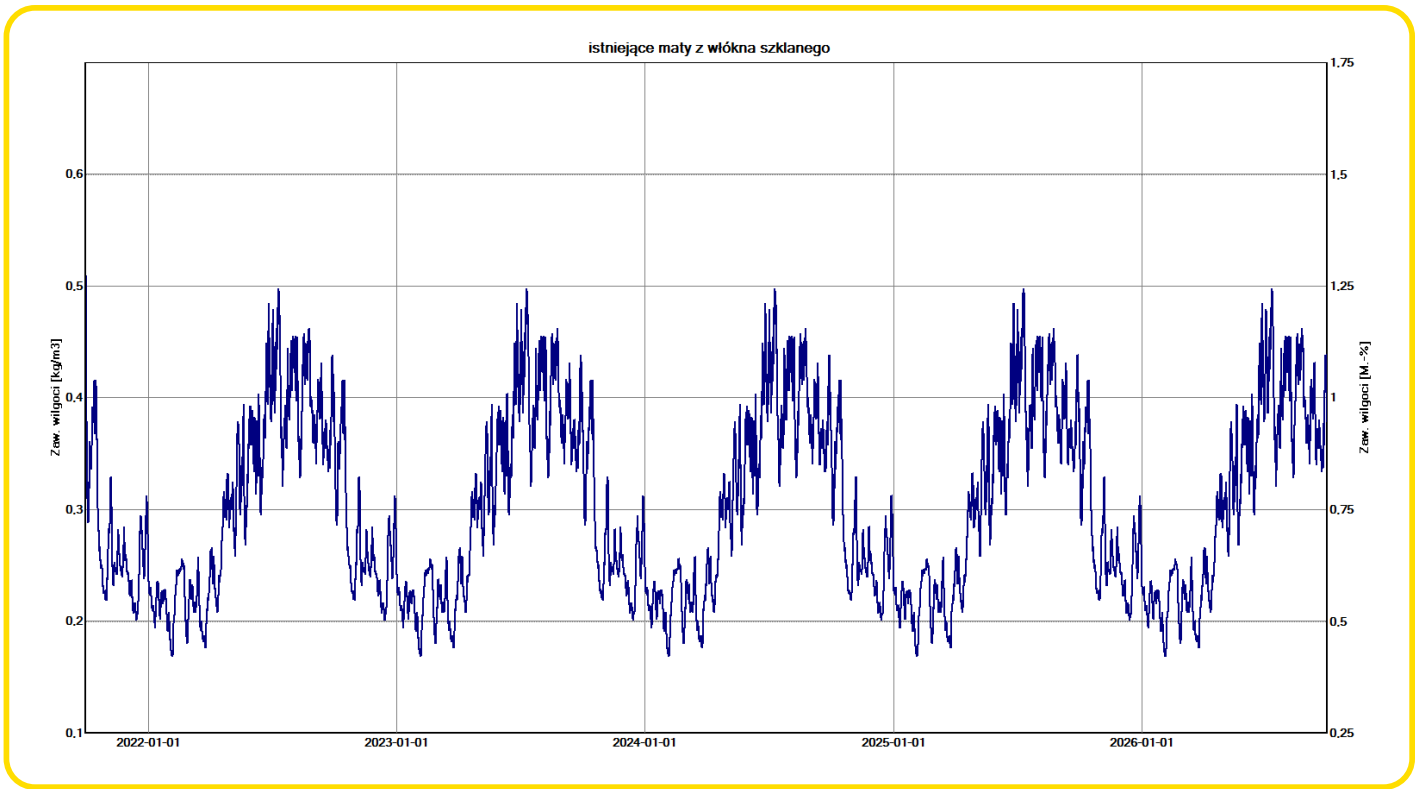
Na podstawie obliczeń symulacyjnych uzyskano wyniki w postaci wykresów zawartości wilgoci w poszczególnych warstwach w całym okresie analizy.

Analiza przeprowadzona w programie WUFI PRO 5.3 wykazała brak wystąpienia w którejkolwiek z warstw rozpatrywanej przegrody ciągłego przyrostu wilgoci w całym okresie analizy.

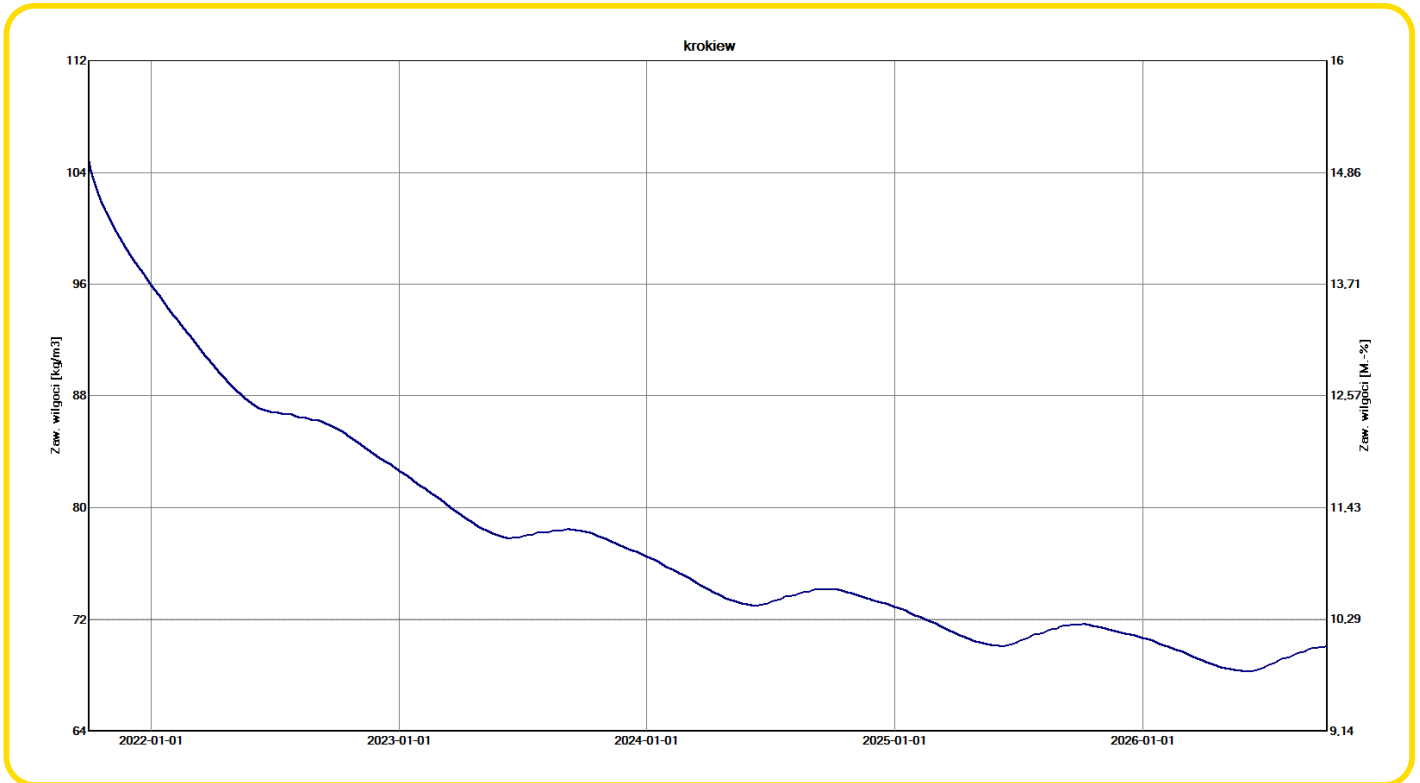
Na podstawie szczegółowych analiz numerycznych (WUFI PRO 5.3) wykazano spełnienie warunku uniknięcia narastania w kolejnych latach zawilgocenia spowodowanego kondensacją pary wodnej. Przegroda pod względem kondensacji międzywarstwowej została zaprojektowana prawidłowo.



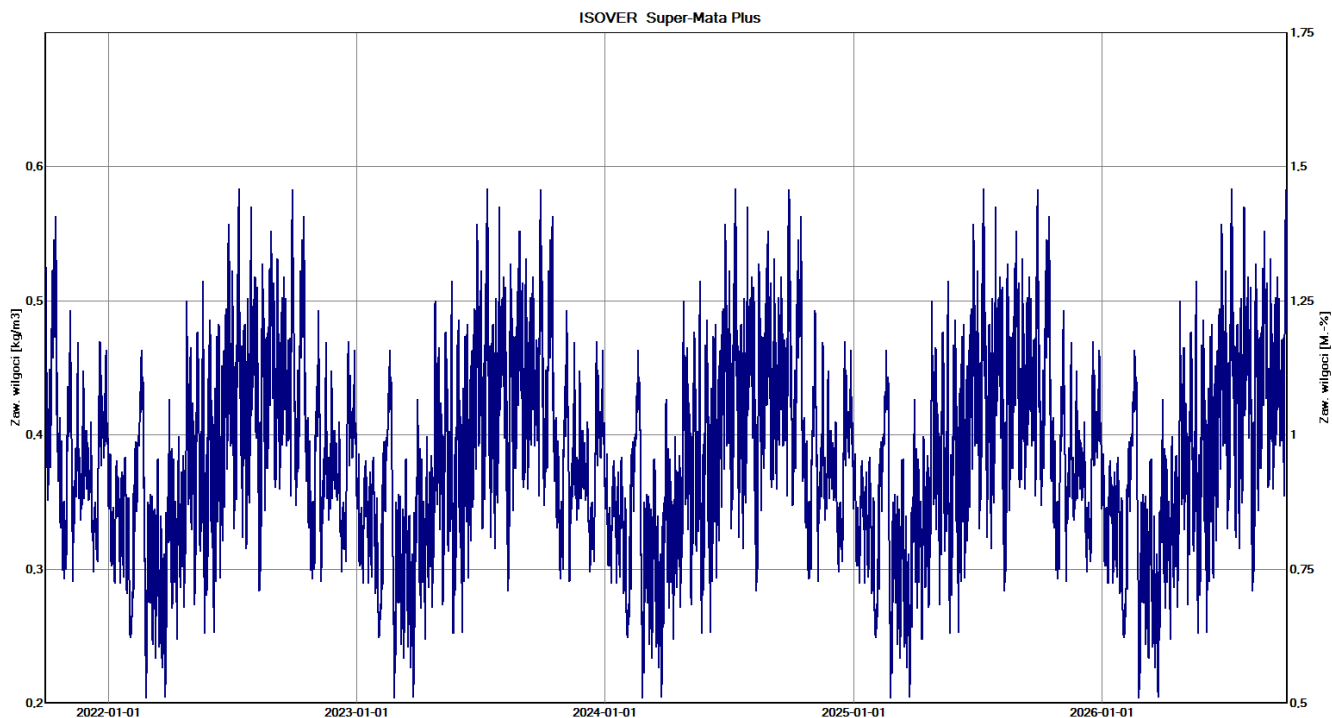
il. 79. Rozkład zawartości wilgoci w warstwie istniejącej płyty g-k w projektowanym dachu skośnym (system Renover) przez okres 5 lat, uzyskany w programie WUFI PRO 5.3. Rozkład zawartości wilgoci w przyjętym okresie analizy ustabilizowany (obserwowana okresowa zmienność parametru wynikająca ze zmiany warunków pogodowych na przestrzeni roku).



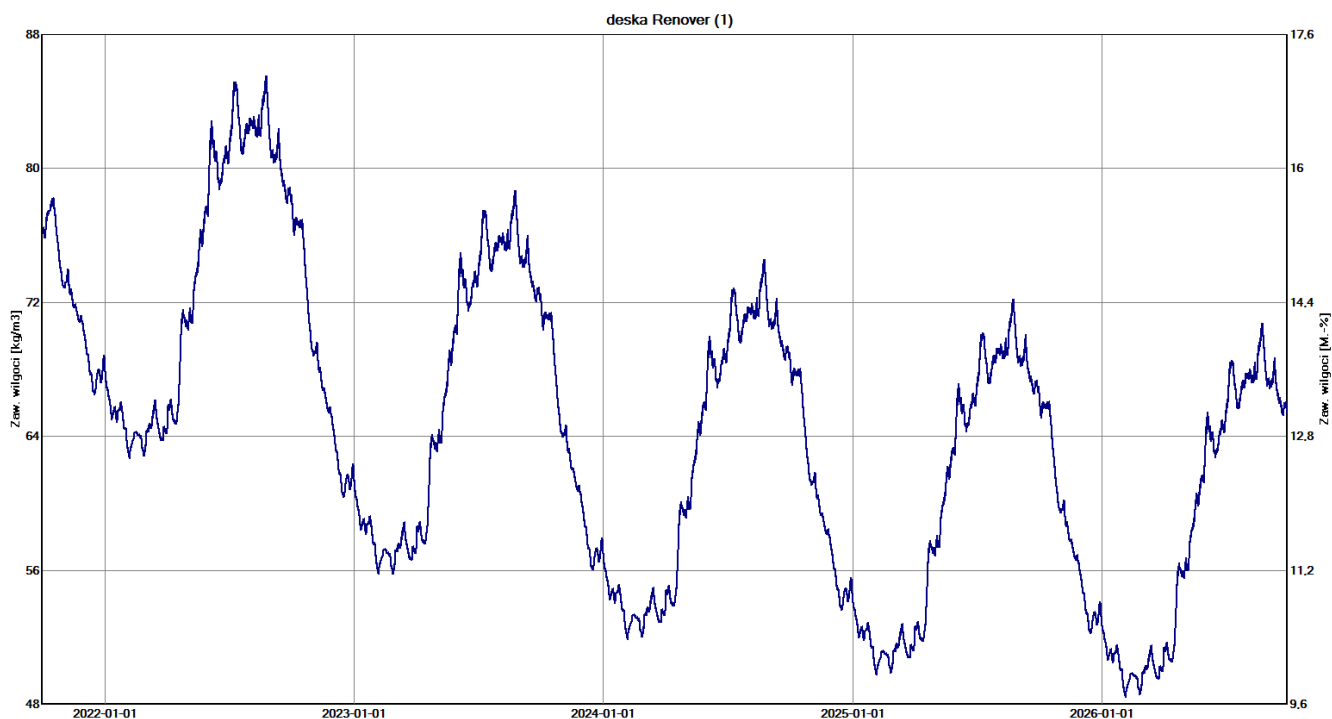
il. 80. Rozkład zawartości wilgoci w warstwie istniejących mat z włókna szklanego w projektowanym dachu skośnym (system Renover) przez okres 5 lat, uzyskany w programie WUFI PRO 5.3. Rozkład zawartości wilgoci w przyjętym okresie analizy ustabilizowany (obserwowana okresowa zmienność parametru wynikająca ze zmiany warunków pogodowych na przestrzeni roku).



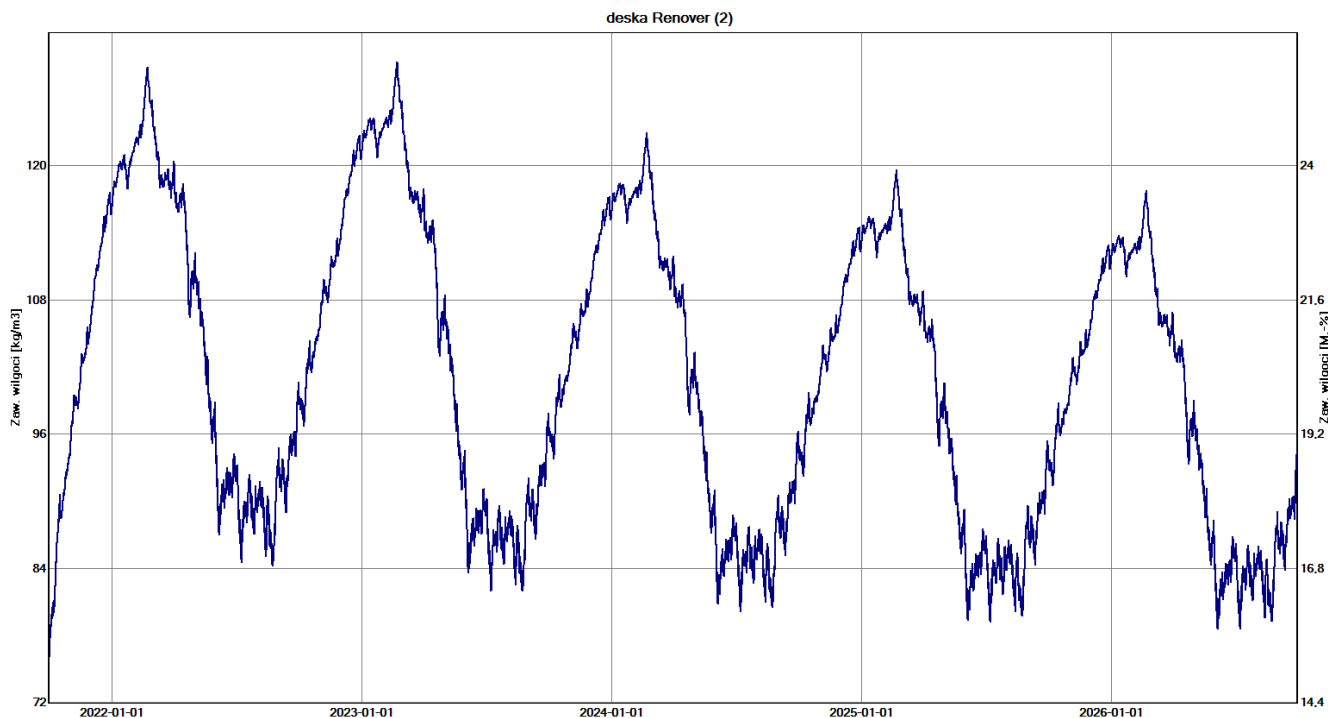
il. 81. Rozkład zawartości wilgoci w warstwie krokiew w projektowanym dachu skośnym (system Renover) przez okres 5 lat, uzyskany w programie WUFI PRO 5.3. Obserwowany początkowy spadek zawartości wilgoci. Pod koniec symulacji rozkład zawartości wilgoci ulega stabilizacji.



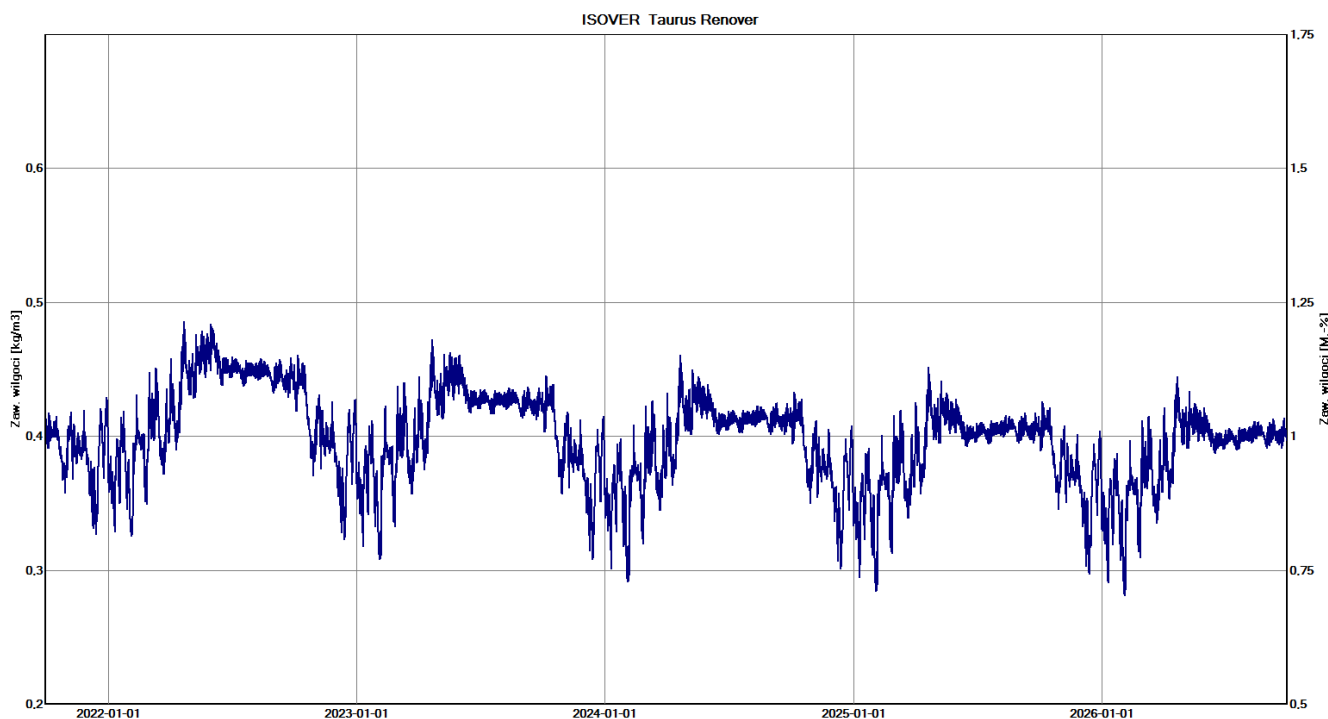
il. 82. Rozkład zawartości wilgoci w warstwie ocieplenia ISOVER Super-Mata Plus (ocieplenie pomiędzy belkami Renover) w projektowanym dachu skośnym (system Renover) przez okres 5 lat, uzyskany w programie WUFI PRO 5.3. Rozkład zawartości wilgoci w przyjętym okresie analizy ustabilizowany (obserwowana okresowa zmienność parametru wynikająca ze zmiany warunków pogodowych na przestrzeni roku).



il. 83. Rozkład zawartości wilgoci w warstwie dolnej deski drewnianej Taurus Renover w projektowanym dachu skośnym (system Renover) przez okres 5 lat, uzyskany w programie WUFI PRO 5.3. Obserwowany początkowy spadek zawartości wilgoci. Pod koniec symulacji rozkład zawartości wilgoci ulega stabilizacji (obserwowana okresowa zmienność parametru wynikająca ze zmiany warunków pogodowych na przestrzeni roku).



il. 84. Rozkład zawartości wilgoci w warstwie górnej deski drewnianej Taurus Renover w projektowanym dachu skośnym (system Renover) przez okres 5 lat, uzyskany w programie WUFI PRO 5.3. Obserwowany początkowy spadek zawartości wilgoci. Pod koniec symulacji rozkład zawartości wilgoci ulega stabilizacji (obserwowana okresowa zmienność parametru wynikająca ze zmiany warunków pogodowych na przestrzeni roku).



il. 85. Rozkład zawartości wilgoci w warstwie ocieplenia ISOVER Taurus Renover w projektowanym dachu skośnym (system Renover) przez okres 5 lat, uzyskany w programie WUFI PRO 5.3. Rozkład zawartości wilgoci w przyjętym okresie analizy ustabilizowany (obserwowana okresowa zmienność parametru wynikająca ze zmiany warunków pogodowych na przestrzeni roku).

8.8. DACH SKOŚNY Z POKRYCIEM Z PAPY NA DESKOWANIU

OBLICZENIA WSPÓŁCZYNNIKA PRZENIKANIA CIEPŁA

Obliczenia cieplne analizowanej przegrody poprzedzone zostały zestawieniem materiałów przyjętych w analizach wraz z przypisaniem im podstawowych parametrów fizycznych (tj. współczynnika przewodzenia ciepła λ i współczynnika oporu dyfuzyjnego μ).

Tab. 55. Zestawienie materiałów przyjętych w obliczeniach cieplno-wilgotnościowych dla analizowanej przegrody.

L.p.	Nazwa materiału	λ [W/(m·K)]		μ [-]	
		wartość	podstawa	wartość	podstawa
1.	papa	0,23	PN-EN ISO 10456:2009	50 000	PN-EN ISO 10456:2009
2.	deski drewniane	0,13	PN-EN ISO 10456:2009	50	PN-EN ISO 10456:2009
3.	krokiew	0,18	PN-EN ISO 10456:2009	200	PN-EN ISO 10456:2009
4.	istniejące maty z włókna szklanego	0,045	PN-EN ISO 6946:1999	1	2)
5.	istniejąca płyta g-k	0,25	PN-EN ISO 10456:2009	10	PN-EN ISO 10456:2009
6.	istniejąca folia paroizolacyjna (PE)	0,33	PN-EN ISO 10456:2009	100 000	PN-EN ISO 10456:2009
7.	RIGIPS PRO HYDRO H2	0,25	1)	10	1)
8.	ISOVER Stopair 1104 gr. 0,2 mm	0,33	PN-EN ISO 10456:2009	300 000 ³⁾	1)
9.	ISOVER Super-Mata Plus	0,032	1)	1	1)
10.	ISOVER Taurus Renover	0,038	1)	1	1)
11.	deska drewniana Taurus Renover	0,13	PN-EN ISO 10456:2009	50	PN-EN ISO 10456:2009
12.	ISOVER Vario XtraSafe	0,25	PN-EN ISO 10456:2009	340 000 ⁴⁾	1)

Uwagi:

1) – zgodnie z dokumentacją techniczną produktu

2) - na podstawie tablicy 4.8. w „Budownictwo Ogólne. Tom 2. Fizyka budowli”, pod red. prof. dr hab. inż. Piotra Klemma, Wyd. Arkady, Warszawa 2005

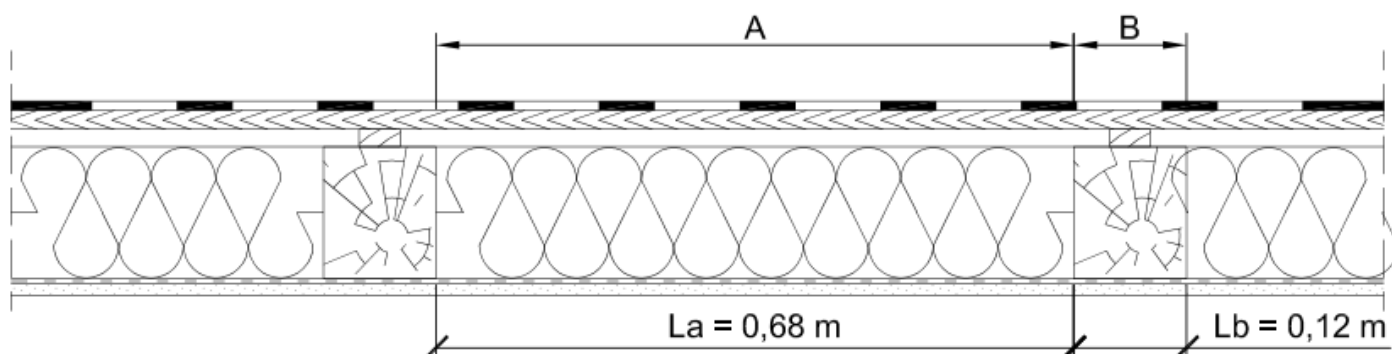
3) - wyznaczono na podstawie deklarowanej wartości Sd = 60 m (dokumentacja techniczna produktu)

4) – wyznaczono na podstawie deklarowanej wartości Sd = 6,8 m (dokumentacja techniczna produktu)

Analizowaną przegrodę stanowi dach drewniany skośny przekryty papą ułożoną na deskowaniu pełnym. Pomiedzy deskowaniem a krokiewmi ukształtowana została za pomocą kontrłat wentylowana pustka powietrzna. Elementami nośnymi dachu są krokwie o wymiarach przekroju poprzecznego 12 x 14 cm, rozmieszczone w rozstawie co ok. 80 cm. Przegroda w stanie istniejącym ocieplona jest matami z włókna szklanego (ocieplenie pomiędzy krokiewmi) Od strony wewnętrznej przegroda wykończona folią paroizolacyjną oraz płytami g-k.

Obliczenia przeprowadzono zgodnie z metodologią podaną w normie PN-EN ISO 6946: 2017-10. Z uwagi na niejednorodną budowę przegrody zastosowano metodą opisaną w punkcie 6.7.2 przywołanej normy (całkowity opór cieplny komponentów budowlanych składających się z warstw jednorodnych i niejednorodnych). Analizowaną przegrodę podzielono na dwa przekroje:

- przekrój A: przekrój poza krokiewmi, długość przekroju $L_a = 0,68$ m;
- przekrój B: przekrój przez krokiew, długość przekroju $L_b = 0,12$ m.



il. 86. Schemat obliczeniowy podziału dachu skośnego (pokrycie z papą na deskowaniu) na przekroje A i B (stan istniejący).

Współczynnik przenikania ciepła dla dachu skośnego (z pokryciem z papą na deskowaniu) w stanie istniejącym:

$$U_C = U = \frac{1}{R_{\text{tot}}} = \frac{1}{2,452} = 0,41 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

Analizowana przegroda w stanie istniejącym nie spełnia wymaganej wartości współczynnika przenikania ciepła dla dachów $U_{C(\text{max})} = 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, określonej w Rozporządzeniu [5.2].

Tab. 56. Obliczenia oporu całkowitego dachu skośnego (pokrycie z papy) – stan istniejący.

L.p.	Nazwa warstwy	d [m]	λ [W/(m·K)]	R [m ² ·K/W]
PRZEKRÓJ A				
1.	zewnątrzna strona przegrody	-	-	0,100
2.	pokrycie dachowe (papa)	-	-	-
3.	deskowanie	-	-	-
4.	szczelina wentylacyjna	-	-	-
5.	maty z włókna szklanego	0,140	0,045	3,111
6.	folia paroizolacyjna (PE) – pominięto z uwagi na znikomą grubość	-	-	-
7.	istniejąca płyta g-k	0,0125	0,250	0,050
8.	wewnętrzna strona przegrody	-	-	0,100
SUMA (R_{tot;a})				3,361
długość wycinka L_a = 0,68 m, ułamkowe pole przekroju f_a = 0,85				
PRZEKRÓJ B				
1.	zewnątrzna strona przegrody	-	-	0,100
2.	pokrycie dachowe (papa)	-	-	-
3.	deskowanie	-	-	-
4.	szczelina wentylacyjna	-	-	-
5.	krokiew	0,140	0,180	0,778
6.	folia paroizolacyjna (PE) – pominięto z uwagi na znikomą grubość	-	-	-
7.	istniejąca płyta g-k	0,0125	0,250	0,050
8.	wewnętrzna strona przegrody	-	-	0,100
SUMA (R_{tot;b})				1,028
długość wycinka L_b = 0,12 m, ułamkowe pole przekroju f_b = 0,15				
Górna granica całkowitego oporu cieplnego R_{tot;upper}				2,507
Dolna granica całkowitego oporu cieplnego R_{tot;lower}				2,396
Całkowity opór cieplny R_{tot}				2,452

WARIANT 1 OCIEPLENIA DACHU SKOŚNEGO KRYTEGO PAPĄ NA DESKOWANIU – IZOLACJA PODKROKWIOWA

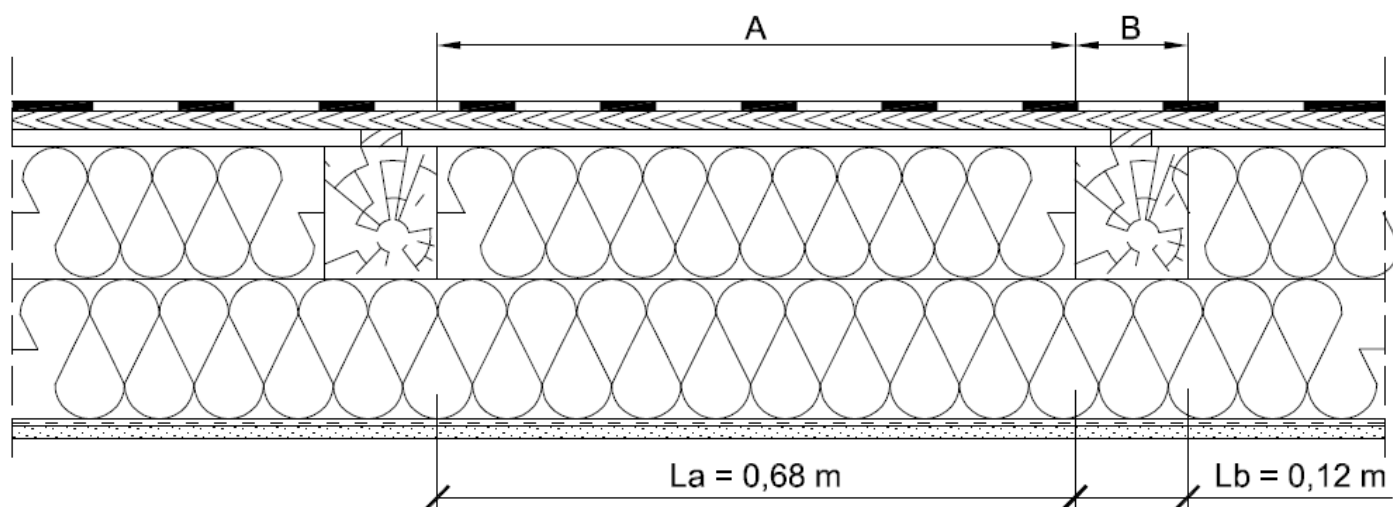
Dla analizowanej przegrody przyjęto poprawę izolacyjności termicznej polegającą na wymianie istniejącej izolacji termicznej pomiędzy krokwiami oraz zamocowanie dodatkowej warstwy termoizolacyjnej pod krokwiami (wykończenie w postaci **płyt RIGIPS** na profilach systemowych **RIGISTIL**).

Tab. 57. Dobór grubości warstwy ocieplenia dla dachu skośnego (krytego papą na deskowaniu) w wariantcie W1 (izolacja pomiędzy krokwiami oraz pod krokwiami).

	Wariant grubości ocieplenia			
	W0	W1	W2	W3
λ ocieplenia [W/(m·K)]	0,033			
Grubość ocieplenia [m]	0,240	0,270	0,290	0,320
Opór cieplny izolacji [m ² ·K/W]	7,273	8,182	8,788	9,697
$R_{tot}^{1)}$ [m ² ·K/W]	6,247	7,184	7,803	8,730
U [W/(m ² ·K)]	0,16	0,14	0,13	0,11
Spełnienie WT2021	NIE	TAK	TAK	TAK

1) – wartość całkowitego oporu obliczona na podstawie górnej i dolnej granicy oporu cieplnego.

Z uproszczonej analizy przedstawionej w tabeli 57 wynika, iż do spełnienia wymaganej izolacyjności termicznej dachu wystarczy zastosowanie ocieplenia w układzie 14 cm (pomiędzy krokwiami) + 13 cm (pod krokwiami) dla przyjętego materiału termoizolacyjnego. Jednak z uwagi na dostępne na rynku budowlanym grubości założonej izolacji cieplnej, do obliczeń przyjęto wariant W2, zgodnie z którym do ocieplenia stosuje się układ **14 cm** (pomiędzy krokwiami) + **15 cm** (pod krokwiami).



il. 87. Schemat obliczeniowy podziału dachu skośnego (pokrycie z papą na deskowaniu) na przekroje A i B (stan projektowany – WARIANT 1).

Tab. 58. Obliczenia oporu całkowitego dachu skośnego (pokrycie z papy) – stan projektowany (wariant 1).

L.p.	Nazwa warstwy	d [m]	λ [W/(m·K)]	R [m ² ·K/W]
PRZEKRÓJ A				
1.	zewnątrzna strona przegrody	-	-	0,100
2.	pokrycie dachowe (papa)	-	-	-
3.	deskowanie	-	-	-
4.	szczelina wentylacyjna	-	-	-
5.	ISOVER Super-Mata	0,140	0,033	4,242
6.	ISOVER Super-Mata	0,150	0,033	4,545
7.	ISOVER Stopair 1104 gr. 0,2 mm – pominięto z uwagi na znikomą grubość	-	-	-
8.	RIGIPS PRO HYDRO H2	0,0125	0,250	0,050
9.	wewnętrzna strona przegrody	-	-	0,100
SUMA (R_{tot;a})				9,037
długość wycinka L_a = 0,68 m, ułamkowe pole przekroju f_a = 0,85				
PRZEKRÓJ B				
1.	zewnątrzna strona przegrody	-	-	0,100
2.	pokrycie dachowe (papa)	-	-	-
3.	deskowanie	-	-	-
4.	szczelina wentylacyjna	-	-	-
5.	krokiew	0,140	0,180	0,778
6.	ISOVER Super-Mata	0,150	0,033	4,545
7.	ISOVER Stopair 1104 gr. 0,2 mm – pominięto z uwagi na znikomą grubość	-	-	-
8.	RIGIPS PRO HYDRO H2	0,0125	0,250	0,050
9.	wewnętrzna strona przegrody	-	-	0,100
SUMA (R_{tot;b})				5,573
długość wycinka L_b = 0,12 m, ułamkowe pole przekroju f_b = 0,15				
Górna granica całkowitego oporu cieplnego R_{tot;upper}				8,266
Dolna granica całkowitego oporu cieplnego R_{tot;lower}				7,340
Całkowity opór cieplny R_{tot}				7,803

Współczynnik przenikania ciepła dla dachu w stanie projektowanym (wariant 1):

$$U_c = U = \frac{1}{R_{\text{tot}}} = \frac{1}{7,803} = 0,13 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

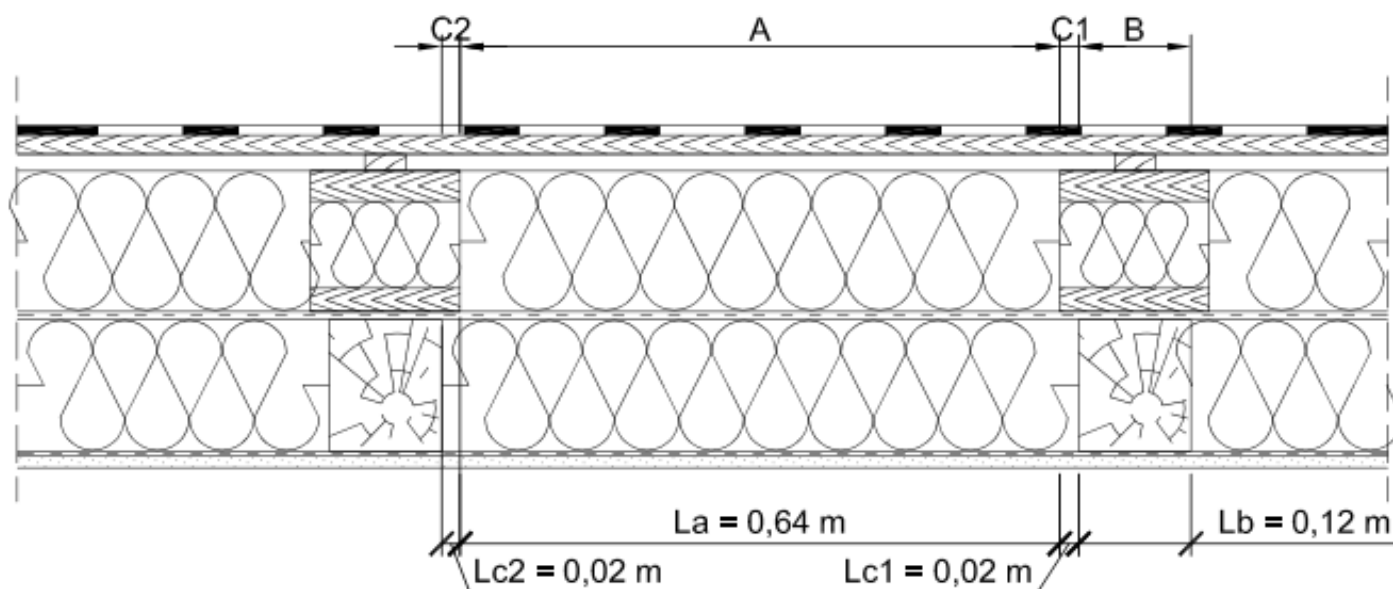
Analizowana przegroda w stanie projektowanym spełnia wymaganą wartość współczynnika przenikania ciepła dla dachów $U_{c(\text{max})} = 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, określoną w Rozporządzeniu [5.2].

WARIANT 2 OCIEPLENIA DACHU SKOŚNEGO KRYTEGO PAPĄ NA DESKOWANIU – IZOLACJA NAKROKWIOWA (SYSTEM RENOVER)

Dla analizowanej przegrody przyjęto poprawę izolacyjności termicznej polegającą na ułożeniu ocieplenia nad krokiewmi w systemie **ISOVER RENOVER**. Z uwagi na zastosowanie w projektowanej budowie przegrody belek nakrokwiowych RENOVER, przegrodę podzielono na trzy przekroje:

- przekrój A: przekrój poza krokiewmi i poza belką RENOVER, długość przekroju $L_a = 0,64 \text{ m}$;
- przekrój B: przekrój przez krokiew i belkę RENOVER, długość przekroju $L_b = 0,12 \text{ m}$;
- przekrój C: przekrój przez belkę RENOVER poza krokiewmi, długość przekroju $L_c = 0,04 \text{ m}$.

Jako izolację termiczną pomiędzy belkami RENOVER przyjęto **ISOVER Super-Mata Plus** o gr. **16 cm**. Z uwagi na określoną wysokość belek RENOVER (157 mm), dla przyjętego systemu rozpatrzono jeden wariant grubości ocieplenia.



il. 88. Schemat obliczeniowy podziału dachu skośnego (pokrycie z papy na deskowaniu) na przekroje A, B i C (stan projektowany – WARIANT 2).

Tab. 59. Obliczenia oporu całkowitego dachu skośnego (pokrycie z papy) – stan projektowany (wariant 2).

L.p.	Nazwa warstwy	d [m]	λ [W/(m·K)]	R [m ² ·K/W]
PRZEKRÓJ A				
1.	zewnątrzna strona przegrody	-	-	0,100
2.	pokrycie dachowe (papa)	-	-	-
3.	deskowanie	-	-	-
4.	szczelina wentylacyjna	-	-	-
5.				
6.	ISOVER Super-Mata Plus	0,157 ¹⁾	0,032	4,906
7.				
8.	ISOVER Vario XtraSafe – pominięto z uwagi na znikomą grubość	-	-	-
9.	maty z włókna szklanego	0,140	0,045	3,111
10.	folia paroizolacyjna (PE) – pominięto z uwagi na znikomą grubość	-	-	-
11.	istniejąca płyta g-k	0,0125	0,250	0,050
12.	wewnętrzna strona przegrody	-	-	0,100
SUMA (R_{tot;a})				8,267

długość wycinka $L_a = 0,64$ m, ułamek pola przekroju $f_a = 0,80$

1) – Uwaga: do ocieplenia przegrody pomiędzy belkami Renover przyjęto wełnę mineralną Super-Mata Plus o grubości 16 cm. Z uwagi na wysokość belek Renover w obliczeniach założono delikatną kompresję wełny do grubości 157 mm.

PRZEKRÓJ B				
1.	zewnątrzna strona przegrody	-	-	0,100
2.	pokrycie dachowe (papa)	-	-	-
3.	deskowanie	-	-	-
4.	szczelina wentylacyjna	-	-	-
5.	deska drewniana Taurus Renover	0,032	0,130	0,246
6.	ISOVER Taurus Renover	0,100	0,038	2,632
7.	deska drewniana Taurus Renover	0,025	0,130	0,192

8.	ISOVER Vario XtraSafe – pominięto z uwagi na znikomą grubość	-	-	-
9.	krokiew	0,140	0,180	0,778
10.	folia paroizolacyjna (PE) – pominięto z uwagi na znikomą grubość	-	-	-
11.	istniejąca płyta g-k	0,0125	0,250	0,050
12.	wewnętrzna strona przegrody	-	-	0,100
SUMA ($R_{tot;b}$)				4,098

długość wycinka $L_b = 0,12$ m, ułamkowe pole przekroju $f_b = 0,15$

PRZEKRÓJ C

1.	zewnątrzna strona przegrody	-	-	0,100
2.	pokrycie dachowe (papa)	-	-	-
3.	deskowanie	-	-	-
4.	szczelina wentylacyjna	-	-	-
5.	deska drewniana Taurus Renover	0,032	0,130	0,246
6.	ISOVER Taurus Renover	0,100	0,038	2,632
7.	deska drewniana Taurus Renover	0,025	0,130	0,192
8.	ISOVER Vario XtraSafe – pominięto z uwagi na znikomą grubość	-	-	-
9.	maty z włókna szklanego	0,140	0,045	3,111
10.	folia paroizolacyjna (PE) – pominięto z uwagi na znikomą grubość	-	-	-
11.	istniejąca płyta g-k	0,0125	0,250	0,050
12.	wewnętrzna strona przegrody	-	-	0,100
SUMA ($R_{tot;v}$)				6,431

długość wycinka $L_b = 0,04$ m, ułamkowe pole przekroju $f_b = 0,05$

Górna granica całkowitego oporu cieplnego $R_{tot;upper}$ **7,085**

Dolna granica całkowitego oporu cieplnego $R_{tot;lower}$ **6,512**

Całkowity opór cieplny R_{tot} **6,799**

Współczynnik przenikania ciepła dla dachu w stanie projektowanym (wariant 2):

$$U_C = U = \frac{1}{R_{\text{tot}}} = \frac{1}{6,799} = 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

Analizowana przegroda w stanie projektowanym spełnia wymaganą wartość współczynnika przenikania ciepła dla dachów $U_{C(\text{max})} = 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, określoną w Rozporządzeniu [5.2].

SPRAWDZENIE KONDENSACJI POWIERZCHNIOWEJ

Sprawdzenie warunku kondensacji powierzchniowej przeprowadzono dla WARIANTU 1 ocieplenia dachu skośnego (ocieplenie pomiędzy krokwiami oraz pod krokwiami).

Zgodnie z wymaganiami Rozporządzenia [5.2] spełniony powinien być warunek $f_{R_{si}} > f_{R_{si,max}}$, gdzie $f_{R_{si}}$ to efektywna wartość czynnika temperaturowego na powierzchni wewnętrznej przegrody, a $f_{R_{si,max}}$ to wartość czynnika temperaturowego dla krytycznego miesiąca i dla danej lokalizacji budynku. Obliczenia czynnika $f_{R_{si,max}}$ wykonano na podstawie bazy klimatycznej WROCŁAW (bazy danych klimatycznych w Polsce zamieszczone są na stronie internetowej Ministerstwa Inwestycji i Rozwoju: <https://www.gov.pl/web/archiwum-inwestycje-rozwoj/dane-do-obliczen-energetycznych-budynkow>) oraz przy założeniu następujących parametrów eksploatacyjnych pomieszczeń ogrzewanych:

- temperatura powietrza wewnętrznego $t_i = 20^\circ\text{C}$,
- wilgotność względna powietrza wewnętrznego: $\phi_i = 50\%$.

Z wyników zestawiony w tabeli 27 wynika, iż największą wartość czynnika $f_{R_{si,min}}$ wykazuje grudzień (0,720). W związku z powyższym grudzień jest miesiącem krytycznym, zaś czynnik temperaturowy $f_{R_{si,max}}$ przyjmuje wartość 0,72.

WARIANT 1 OCIEPLENIA DACHU SKOŚNEGO KRYTEGO PAPĄ NA DESKOWANIU – IZOLACJA PODKROKWIOWA

Dla analizowanej przegrody w stanie projektowanym obliczono bezwymiarowy czynnik temperaturowy $f_{R_{si}}$ i przyrównano go do $f_{R_{si,max}}$.

$$f_{R_{si}} = 1 - R_{si} \cdot U = 1 - 0,25 \cdot 0,13 = 0,97 > f_{R_{si,max}} = 0,72$$

Warunek $f_{R_{si}} > f_{R_{si,max}}$ jest spełniony. Analizowana przegroda została zaprojektowana prawidłowo pod względem uniknięcia ryzyka kondensacji powierzchniowej

WARIANT 2 OCIEPLENIA DACHU SKOŚNEGO KRYTEGO PAPĄ NA DESKOWANIU – IZOLACJA NAKROKWIOWA (SYSTEM RENOVER)

Dla analizowanej przegrody w stanie projektowanym obliczono bezwymiarowy czynnik temperaturowy $f_{R_{si}}$ i przyrównano go do $f_{R_{si,max}}$.

$$f_{R_{si}} = 1 - R_{si} \cdot U = 1 - 0,25 \cdot 0,15 = 0,96 > f_{R_{si,max}} = 0,72$$

Warunek $f_{R_{si}} > f_{R_{si,max}}$ jest spełniony. Analizowana przegroda została zaprojektowana prawidłowo pod względem uniknięcia ryzyka kondensacji powierzchniowej

SPRAWDZENIE KONDENSACJI MIĘDZYWARSTWOWEJ

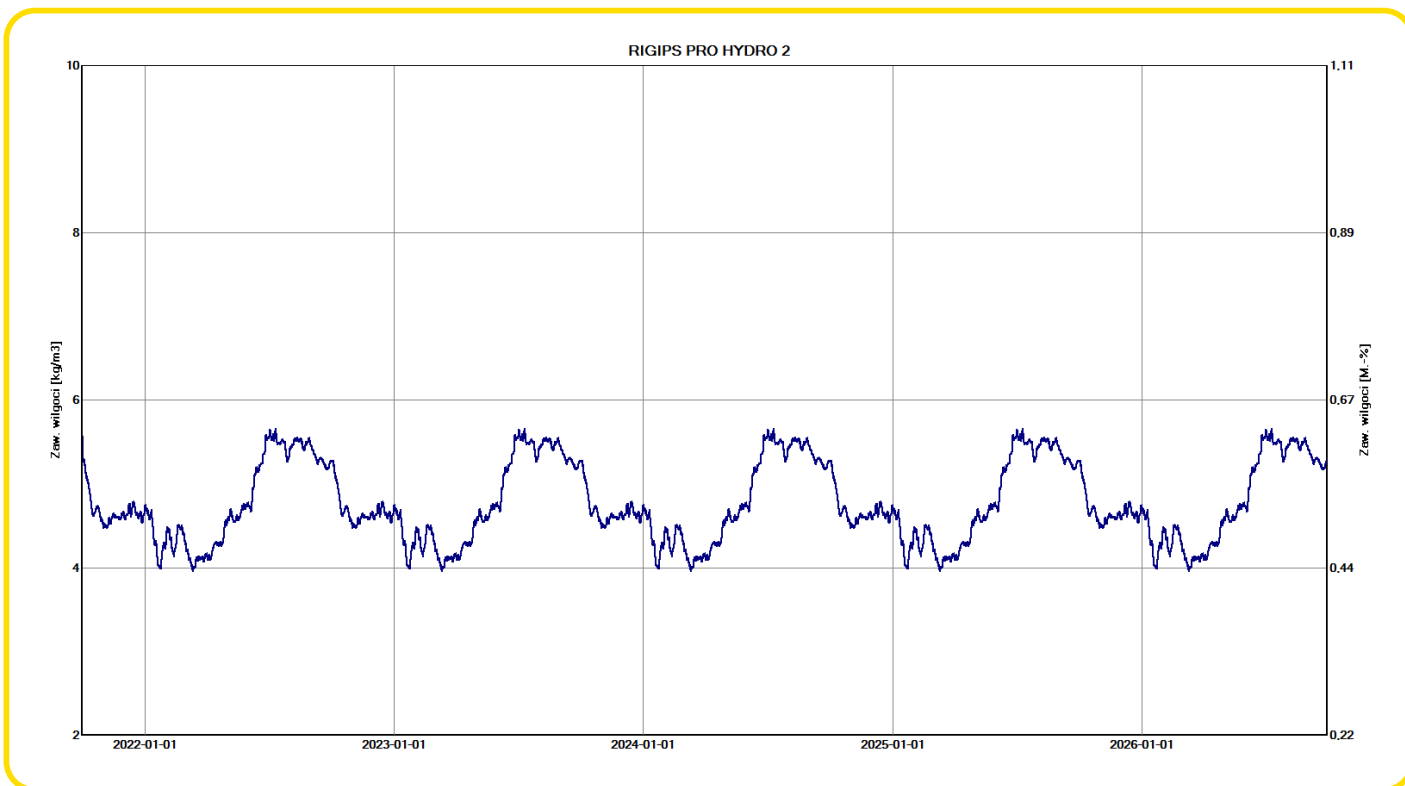
WARIANT 1 OCIEPLENIA DACHU SKOŚNEGO KRYTEGO PAPĄ NA DESKOWANIU – IZOLACJA PODKROKWIOWA

W kolejnym etapie sprawdzono ryzyko wystąpienia kondensacji międzywarstwowej dla dachu skośnego krytego papą na deskowaniu w stanie projektowanym (wariant z ociepleniem podkrokwiovym). Szczegółową symulację przepływu wilgoci dla projektowanej przegrody zewnętrznej przeprowadzono w programie komputerowym WUFI PRO 5.3. Układ warstw materiałowych przyjęto analogicznie do uwarstwienia zestawionego w tabeli 58 (z uwzględnieniem warstw foliowych). Do symulacji wewnętrznych warunków klimatycznych przyjęto parametry odpowiadające 3 klasie wilgotności pomieszczeń wg normy PN-EN ISO 13788.

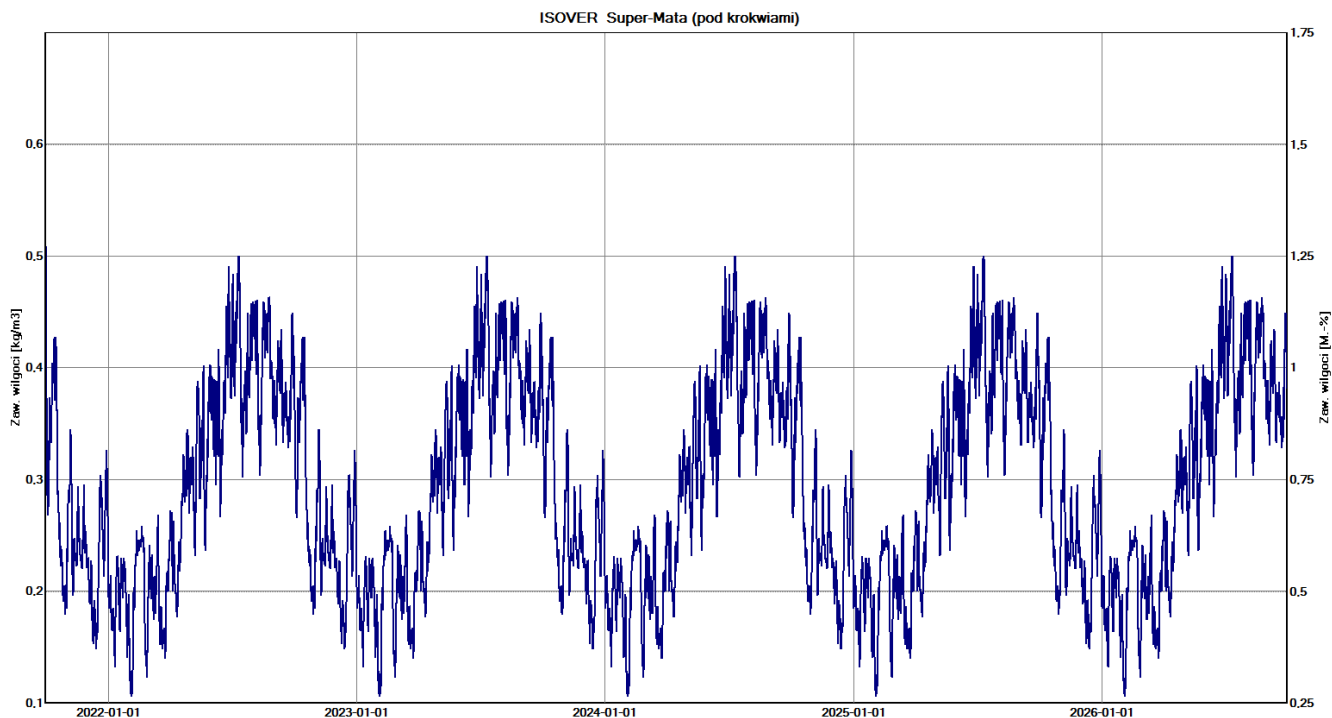
W obliczeniach symulacyjnych dla istniejących materiałów przyjęto początkową wilgotność masową na podstawie przeprowadzonych podczas wizji lokalnej pomiarów wilgotnościomierzem elektronicznym. Dla materiałów nowo wbudowanych przyjęto wilgotności na podstawie informacji przekazanych przez producentów oraz w oparciu o bazy danych dostępnych z poziomu programu WUFI PRO 5.3.

Założony czas symulacji: 5 lat. Początek symulacji ustalono na dzień 01.10. godz. 00:00.

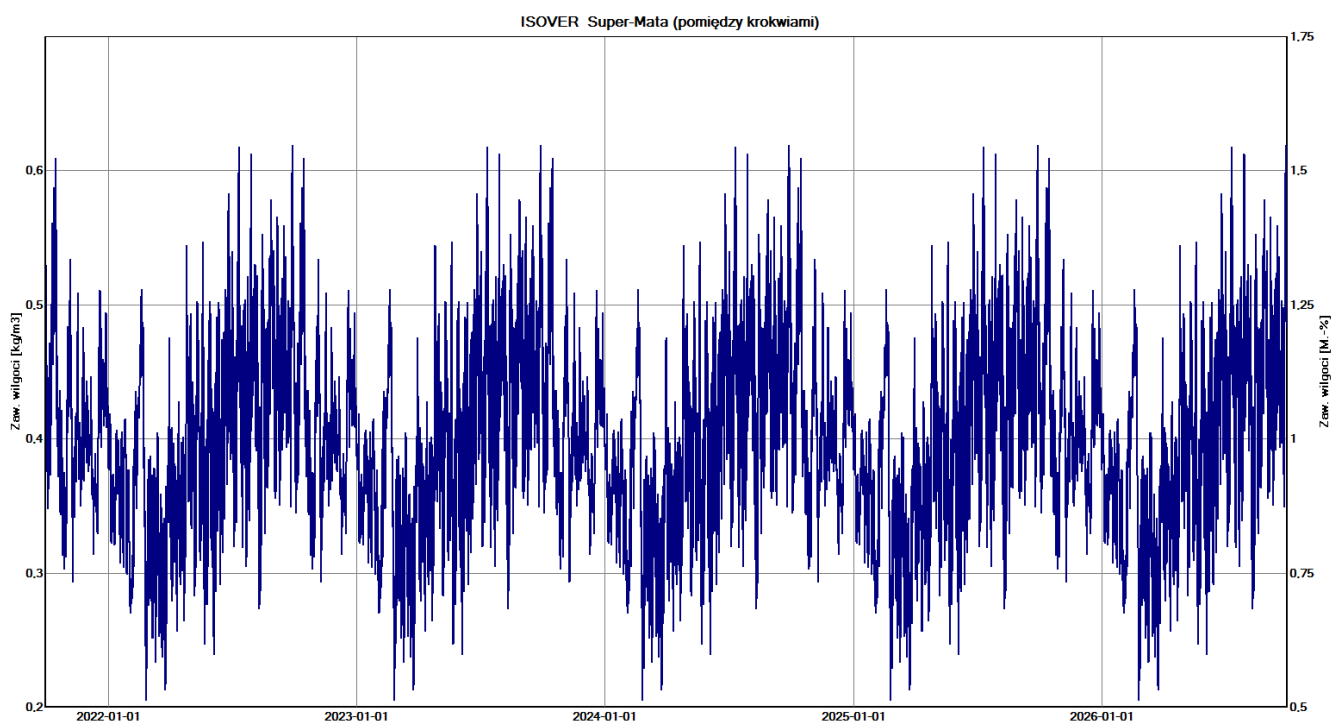
Na podstawie obliczeń symulacyjnych uzyskano wyniki w postaci wykresów zawartości wilgoci w poszczególnych warstwach w całym okresie analizy.



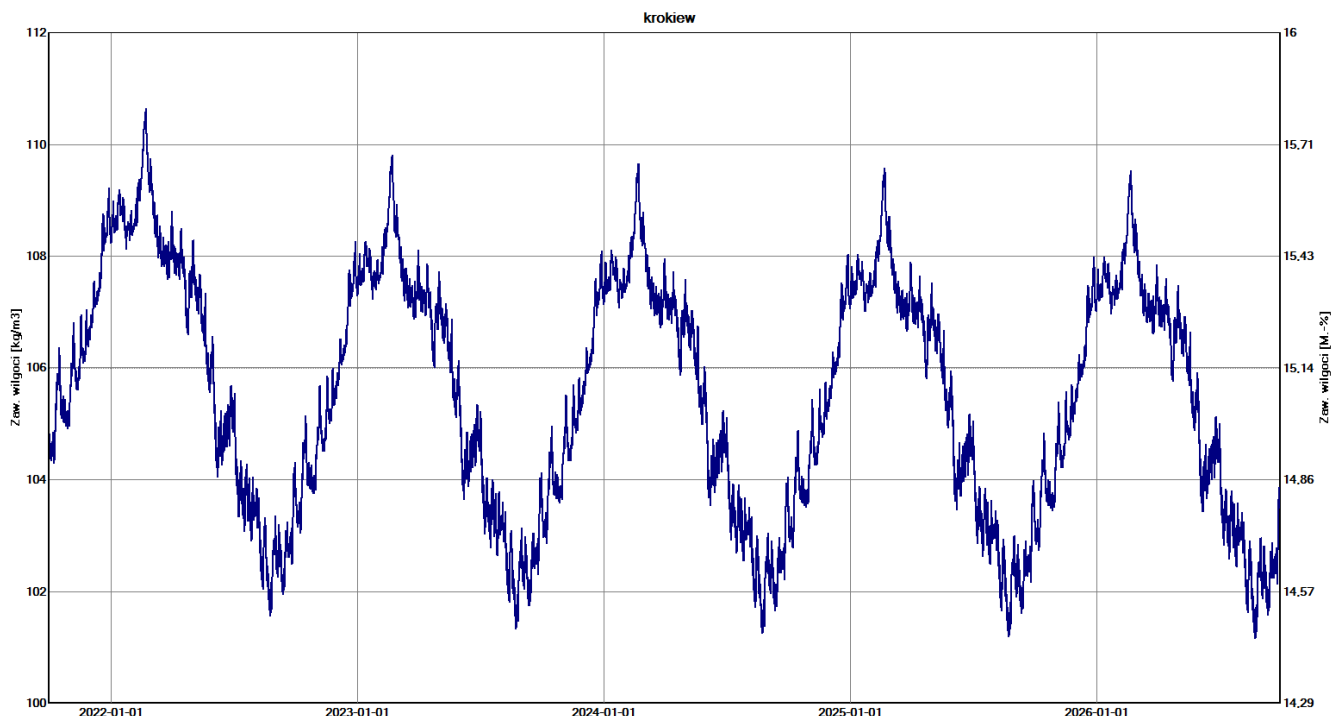
il. 89. Rozkład zawartości wilgoci w warstwie płyty RIGIPS PRO HYDRO H2 w projektowanym dachu skośnym (krytym papą na deskowaniu) przez okres 5 lat, uzyskany w programie WUFI PRO 5.3. Rozkład zawartości wilgoci w przyjętym okresie analizy ustabilizowany (obserwowana okresowa zmienność parametru wynikająca ze zmiany warunków pogodowych na przestrzeni roku).



il. 90. Rozkład zawartości wilgoci w warstwie ocieplenia pod krokiewmi (ISOVER Super-Mata) w projektowanym dachu skośnym (krytym papą na deskowaniu) przez okres 5 lat, uzyskany w programie WUFI PRO 5.3. Rozkład zawartości wilgoci w przyjętym okresie analizy ustabilizowany (obserwowana okresowa zmienność parametru wynikająca ze zmiany warunków pogodowych na przestrzeni roku).



il. 91. Rozkład zawartości wilgoci w warstwie ocieplenia pomiędzy krokiewmi (ISOVER Super-Mata) w projektowanym dachu skośnym (krytym papą na deskowaniu) przez okres 5 lat, uzyskany w programie WUFI PRO 5.3. Rozkład zawartości wilgoci w przyjętym okresie analizy ustabilizowany (obserwowana okresowa zmienność parametru wynikająca ze zmiany warunków pogodowych na przestrzeni roku).



il. 92. Rozkład zawartości wilgoci w warstwie krokwi w projektowanym dachu skośnym (krytym papą na deskowaniu) przez okres 5 lat, uzyskany w programie WUFI PRO 5.3. Obserwowany początkowy spadek zawartości wilgoci. Pod koniec symulacji rozkład zawartości wilgoci ulega stabilizacji (obserwowana okresowa zmienność parametru wynikająca ze zmiany warunków pogodowych na przestrzeni roku).

Analiza przeprowadzona w programie WUFI PRO 5.3 wykazała brak wystąpienia w którejkolwiek z warstw rozpatrywanej przegrody ciągłego przyrostu wilgoci. W wewnętrznej warstwie wykończeniowej oraz w warstwach ocieplenia (pod krokwiami oraz między krokwiami) rozkład zawartości wilgoci w całym okresie analizy jest ustabilizowany. W przypadku krokwi w początkowym okresie analizy dochodzi do długotrwałego spadku zawartości wilgoci, po czym następuje stabilizacja badanego parametru.

Na podstawie szczegółowych analiz numerycznych (WUFI PRO 5.3) wykazano spełnienie warunku uniknięcia narastania w kolejnych latach zawilgocenia spowodowanego kondensacją pary wodnej. Przegroda pod względem kondensacji międzywarstwowej została zaprojektowana prawidłowo.

WARIANT 2 OCIEPLENIA DACHU SKOŚNEGO KRYTEGO PAPĄ NA DESKOWANIU – IZOLACJA NAKROKWIOWA (SYSTEM RENOVER)

W kolejnym etapie sprawdzono ryzyko wystąpienia kondensacji międzywarstwowej dla dachu skośnego krytego papą na deskowaniu w stanie projektowanym (wariant z ociepleniem nakrokwiowym w systemie Renover). Szczegółową symulację przepływu wilgoci dla projektowanej przegrody zewnętrznej przeprowadzono w programie komputerowym WUFI PRO 5.3. Układ warstw materiałowych przyjęto analogicznie do uwarstwienia zestawionego w tabeli 59 (z uwzględnieniem warstw foliowych). Do symulacji wewnętrznych warunków klimatycznych przyjęto parametry odpowiadające 3 klasie wilgotności pomieszczeń wg normy PN-EN ISO 13788.

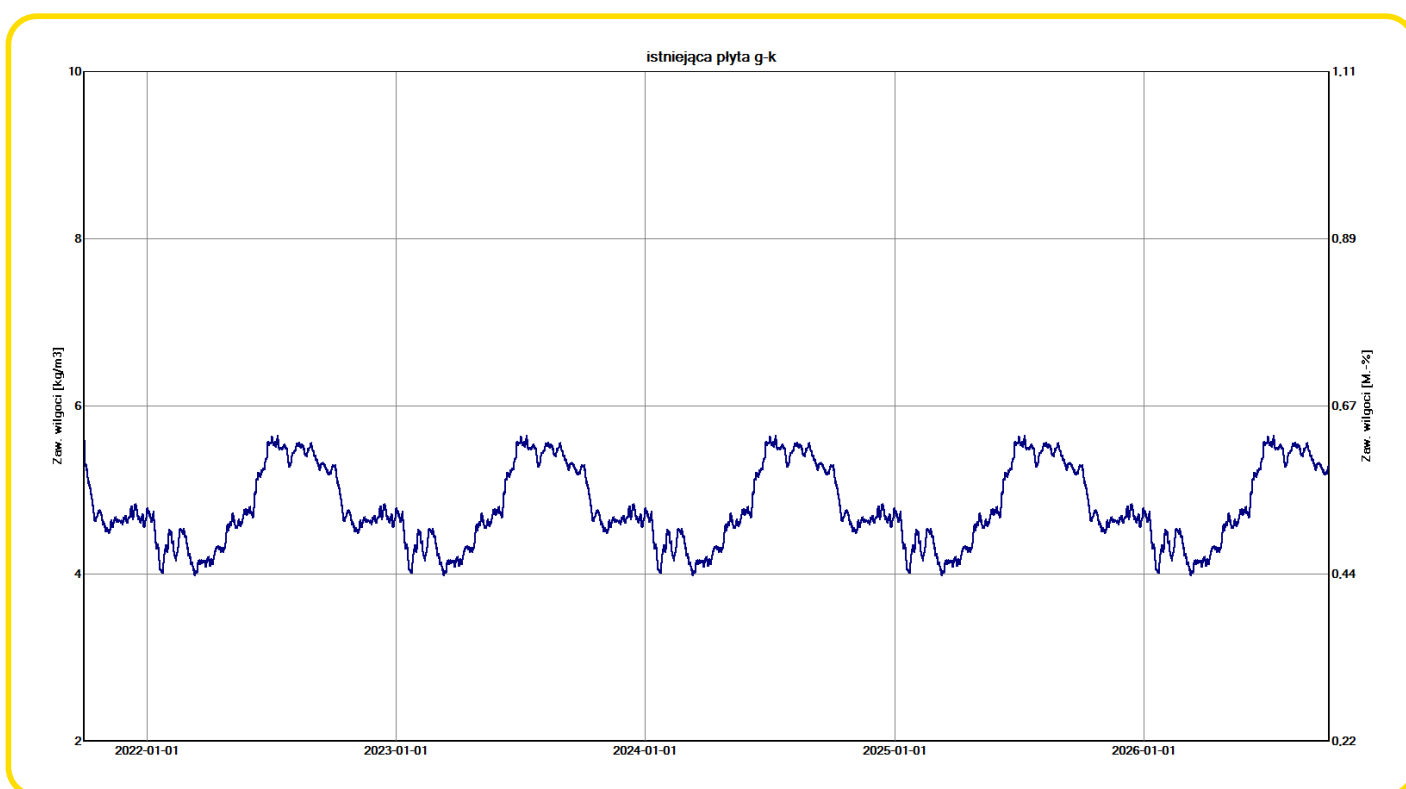
W obliczeniach symulacyjnych dla istniejących materiałów przyjęto początkową wilgotność masową na podstawie przeprowadzonych podczas wizji lokalnej pomiarów wilgotnościomierzem elektronicznym. Dla materiałów nowo wbudowanych przyjęto wilgotności na podstawie informacji przekazanych przez producentów oraz w oparciu o bazy danych dostępnych z poziomu programu WUFI PRO 5.3.

Założony czas symulacji: 5 lat. Początek symulacji ustalono na dzień 01.10. godz. 00:00.

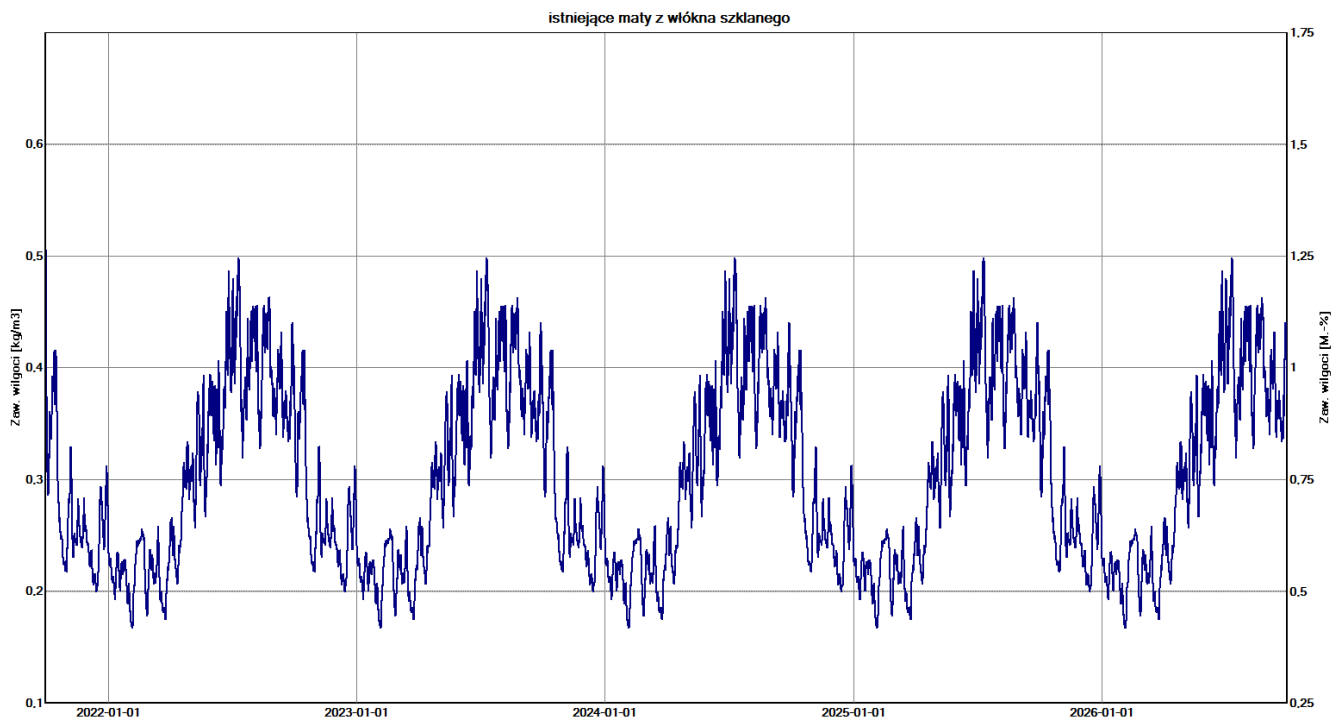
Na podstawie obliczeń symulacyjnych uzyskano wyniki w postaci wykresów zawartości wilgoci w poszczególnych warstwach w całym okresie analizy.

Analiza przeprowadzona w programie WUFI PRO 5.3 wykazała brak wystąpienia w którejkolwiek z warstw rozpatrywanej przegrody ciągłego przyrostu wilgoci w całym okresie analizy.

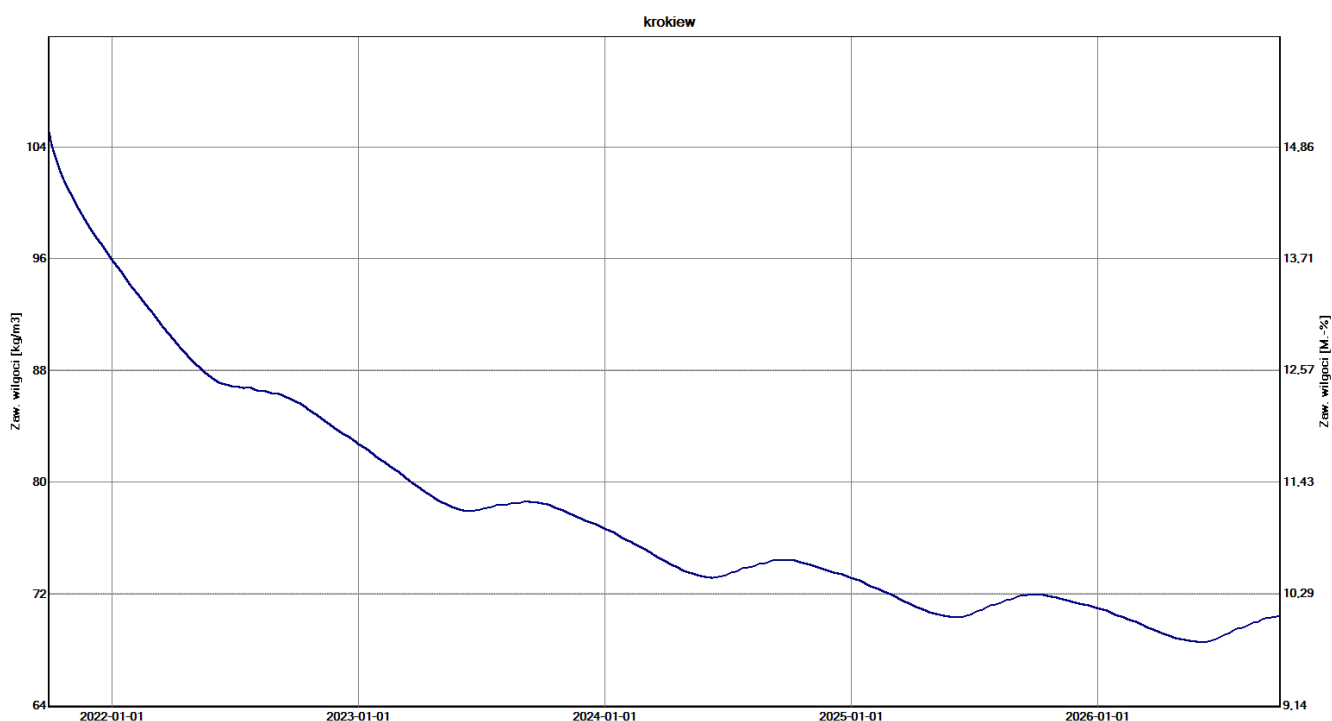
Na podstawie szczegółowych analiz numerycznych (WUFI PRO 5.3) wykazano spełnienie warunku uniknięcia narastania w kolejnych latach zawilgocenia spowodowanego kondensacją pary wodnej. Przegroda pod względem kondensacji międzywarstwowej została zaprojektowana prawidłowo.



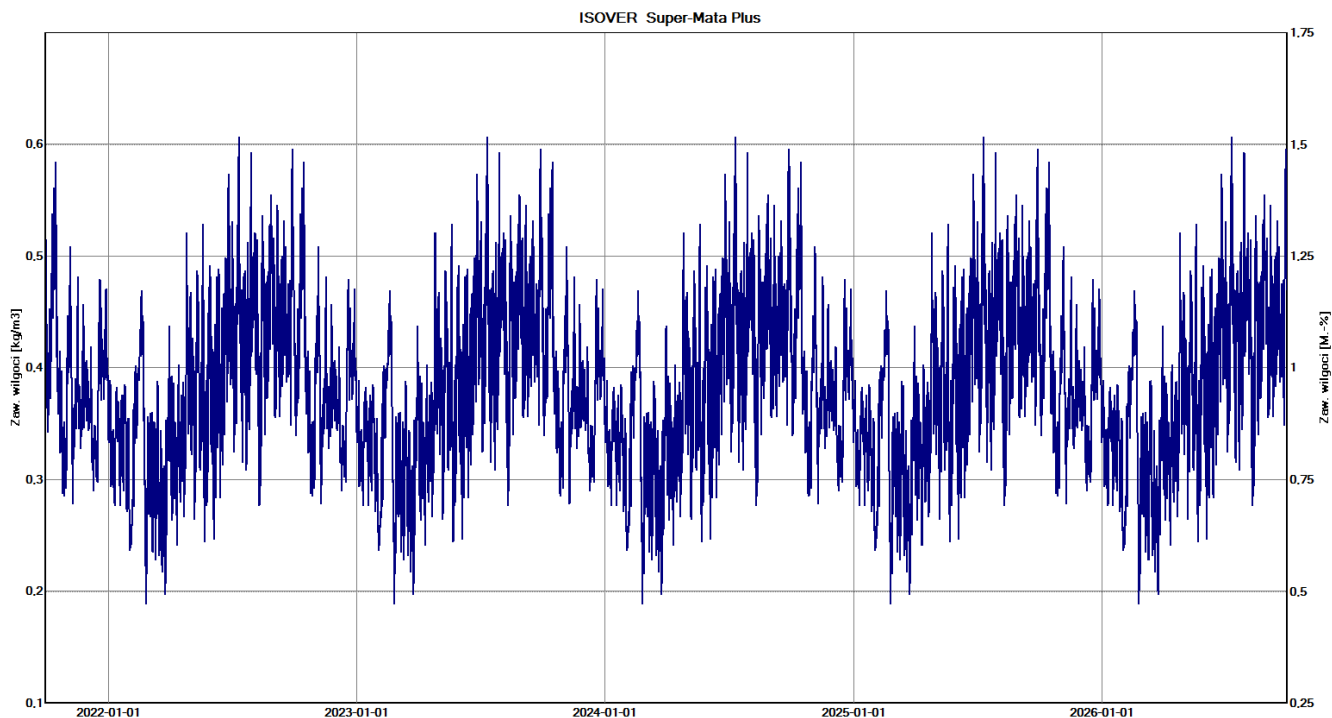
il. 93. Rozkład zawartości wilgoci w warstwie istniejącej płyty g-k w projektowanym dachu skośnym (system Renover) przez okres 5 lat, uzyskany w programie WUFI PRO 5.3. Rozkład zawartości wilgoci w przyjętym okresie analizy ustabilizowany (obserwowana okresowa zmienność parametru wynikająca ze zmiany warunków pogodowych na przestrzeni roku).



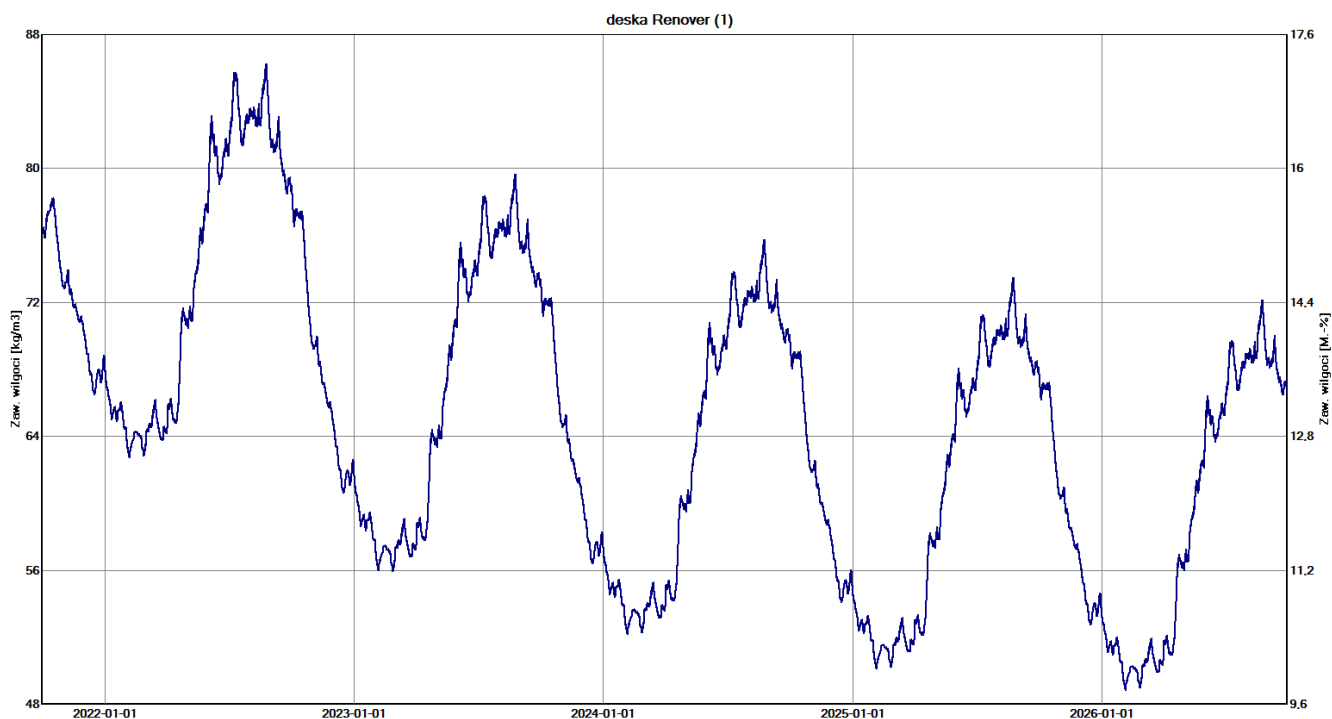
il. 94. Rozkład zawartości wilgoci w warstwie istniejących mat z włókna szklanego w projektowanym dachu skośnym (system Renover) przez okres 5 lat, uzyskany w programie WUFI PRO 5.3. Rozkład zawartości wilgoci w przyjętym okresie analizy ustabilizowany (obserwowana okresowa zmienność parametru wynikająca ze zmiany warunków pogodowych na przestrzeni roku).



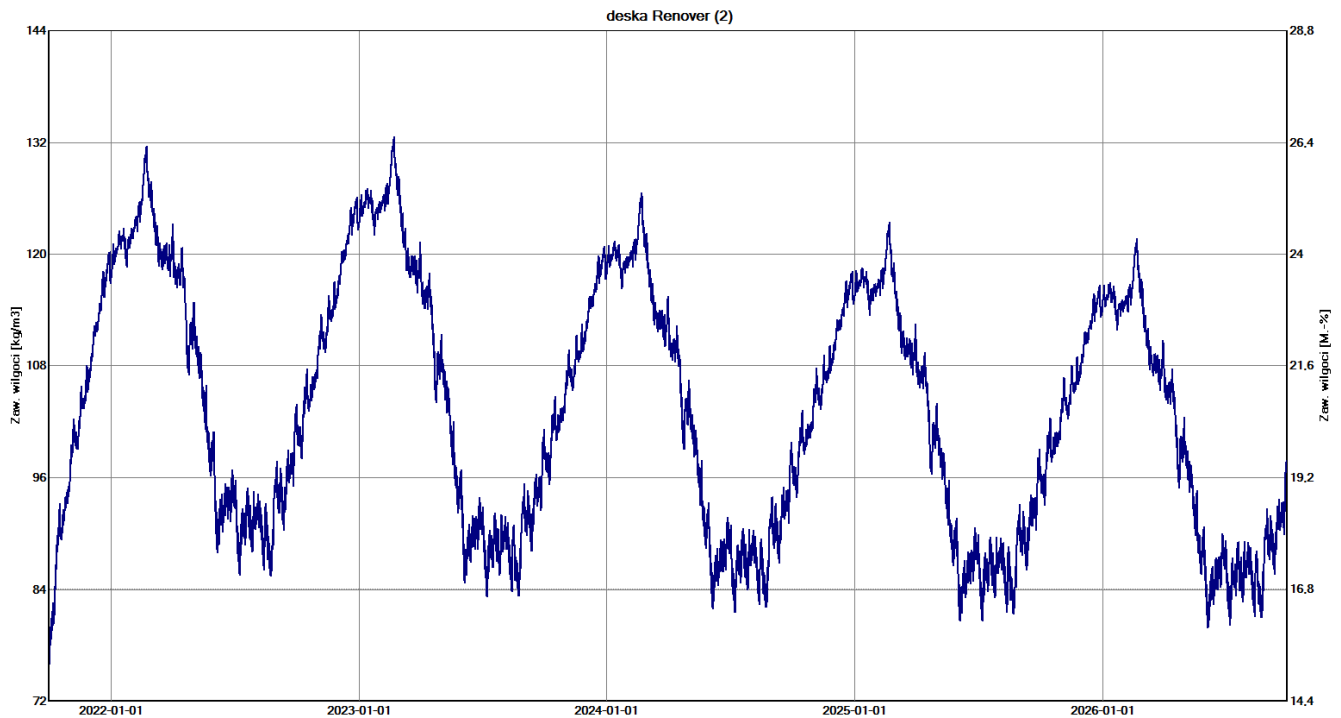
il. 95. Rozkład zawartości wilgoci w warstwie krokwi w projektowanym dachu skośnym (system Renover) przez okres 5 lat, uzyskany w programie WUFI PRO 5.3. Obserwowany początkowy spadek zawartości wilgoci. Pod koniec symulacji rozkład zawartości wilgoci ulega stabilizacji.



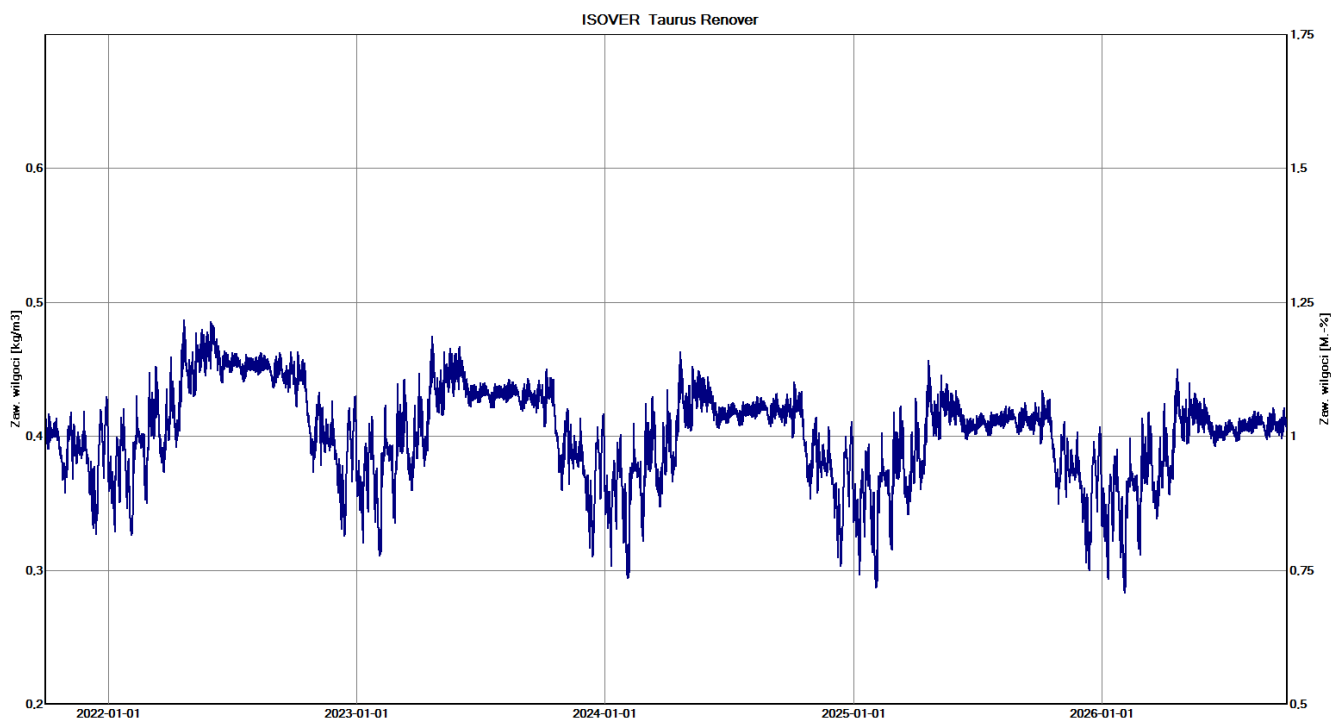
il. 96. Rozkład zawartości wilgoci w warstwie ocieplenia ISOVER Super-Mata Plus (ocieplenie pomiędzy belkami Renover) w projektowanym dachu skośnym (system Renover) przez okres 5 lat, uzyskany w programie WUFI PRO 5.3. Rozkład zawartości wilgoci w przyjętym okresie analizy ustabilizowany (obserwowana okresowa zmienność parametru wynikająca ze zmiany warunków pogodowych na przestrzeni roku).



il. 97. Rozkład zawartości wilgoci w warstwie dolnej deski drewnianej Taurus Renover w projektowanym dachu skośnym (system Renover) przez okres 5 lat, uzyskany w programie WUFI PRO 5.3. Obserwowany początkowy spadek zawartości wilgoci. Pod koniec symulacji rozkład zawartości wilgoci ulega stabilizacji (obserwowana okresowa zmienność parametru wynikająca ze zmiany warunków pogodowych na przestrzeni roku).



il. 98. Rozkład zawartości wilgoci w warstwie górnej deski drewnianej Taurus Renover w projektowanym dachu skośnym (system Renover) przez okres 5 lat, uzyskany w programie WUFI PRO 5.3. Obserwowany początkowy spadek zawartości wilgoci. Pod koniec symulacji rozkład zawartości wilgoci ulega stabilizacji (obserwowana okresowa zmienność parametru wynikająca ze zmiany warunków pogodowych na przestrzeni roku).



il. 99. Rozkład zawartości wilgoci w warstwie ocieplenia ISOVER Taurus Renover w projektowanym dachu skośnym (system Renover) przez okres 5 lat, uzyskany w programie WUFI PRO 5.3. Rozkład zawartości wilgoci w przyjętym okresie analizy ustabilizowany (obserwowana okresowa zmienność parametru wynikająca ze zmiany warunków pogodowych na przestrzeni roku).

8.9. PODŁOGA NA GRUNCIE

OBLICZENIA WSPÓŁCZYNNIKA PRZENIKANIA CIEPŁA

Obliczenia cieplne analizowanej przegrody poprzedzone zostały zestawieniem materiałów przyjętych w analizach wraz z przypisaniem im podstawowych parametrów fizycznych (tj. współczynnika przewodzenia ciepła λ i współczynnika oporu dyfuzyjnego μ).

Tab. 60. Zestawienie materiałów przyjętych w obliczeniach cieplno-wilgotnościowych dla analizowanej przegrody.

L.p.	Nazwa materiału	λ [W/(m·K)]		μ [-]	
		wartość	podstawa	wartość	podstawa
1.	linoleum	0,17	PN-EN ISO 10456:2009	1 000	PN-EN ISO 10456:2009
2.	wylewka cementowa	1,35	PN-EN ISO 10456:2009	100	PN-EN ISO 10456:2009
3.	podbudowa z cegły i zaprawy	0,77	PN-EN ISO 6946:1999	7	2)
4.	deski drewniane	0,13	PN-EN ISO 10456:2009	50	PN-EN ISO 10456:2009
5.	hydroizolacja (papa)	0,23	PN-EN ISO 10456:2009	50 000	PN-EN ISO 10456:2009
6.	legary drewniane	0,18	PN-EN ISO 10456:2009	200	PN-EN ISO 10456:2009
7.	ISOVER Super-Mata	0,033	1)	1	1)
8.	ISOVER TDPT	0,033	1)	1	1)
9.	ISOVER Stopair 1104 gr. 0,2 mm	0,33	PN-EN ISO 10456:2009	300 000 ³⁾	1)
10.	beton podkładowy	1,15	PN-EN ISO 10456:2009	100	PN-EN ISO 10456:2009

Uwagi:

1) – zgodnie z dokumentacją techniczną produktu

2) - na podstawie tablicy 4.8. w „Budownictwo Ogólne. Tom 2. Fizyka budowli”, pod red. prof. dr hab. inż. Piotra Klemma, Wyd. Arkady, Warszawa 2005

3) - wyznaczono na podstawie deklarowanej wartości $S_d = 60$ m (dokumentacja techniczna produktu)

Analizowana podłoga w stanie istniejącym składa się z warstwy linoleum (posadzka) o gr. 3 mm, wylewki cementowej o gr. 5 cm oraz podbudowy ceglanej o gr. 12 cm. Izolacyjność termiczną obliczono zgodnie z normą PN-EN ISO 13370:2017-09. Rozpatrywana przegroda zlokalizowana jest obrębnie dobudówki szczytowej budynku (podłoga typu płyta na gruncie).

Obliczenia izolacyjności termicznej analizowanej przegrody rozpoczęto od wyznaczenia charakterystycznego wymiaru podłogi B.

$$B = \frac{A}{0,5 \cdot P}$$

gdzie:

- A – pole powierzchni podłogi (11,49 m²),
- P – obwód zewnętrzny (9,59 m).

$$B = \frac{A}{0,5 \cdot P} = \frac{11,49}{0,5 \cdot 9,59} = 2,40 \text{ m}$$

Do obliczenia współczynnika przenikania ciepła podłogi należy wyznaczyć całkowitą grubość równoważną d_f :

$$d_f = d_{w,e} + \lambda_g \cdot (R_{si} + R_{f,sog} + R_{se})$$

gdzie:

- $d_{w,e}$ – całkowita grubość ścian budynku na poziomie gruntu łącznie ze wszystkimi warstwami (0,42 m),
- R_{si} – opór cieplny powierzchni wewnętrznej (0,17 m²·K/W),
- R_{se} – opór cieplny powierzchni zewnętrznej (0 m²·K/W),
- λ_g – współczynnik przewodzenia ciepła gruntu (2,0 W/(m·K) – przyjęto zgodnie z Tablicą 7 normy PN-EN ISO 13370:2019-09 dla podłoża gruntowego złożonego z piasku i żwiru),
- $R_{f,sog}$ – opór cieplny płyty podłogi, łącznie ze wszystkimi warstwami izolacyjnymi na całej powierzchni powyżej, poniżej lub w płycie podłogi oraz z każdym pokryciem podłogi (obliczono w tabeli 61).

Tab. 61. Obliczenia oporu cieplnego płyty podłogi podziemia ogrzewanego – stan istniejący.

L.p.	Nazwa warstwy	d [m]	λ [W/(m·K)]	R [m ² ·K/W]
1.	linoleum (posadzka)	0,003	0,170	0,018
2.	wylewka cementowa	0,050	1,350	0,037
3.	podbudowa z cegły pełnej	0,120	0,770	0,156
SUMA (R_{tot})				0,211

Całkowita grubość równoważna wyniesie:

$$d_f = d_{w,e} + \lambda_g \cdot (R_{si} + R_{f,sog} + R_{se}) = 0,42 + 2,0 \cdot (0,17 + 0,211 + 0) = 1,18 \text{ m}$$

Do przyjęcia wzoru na wartość współczynnika przenikania ciepła podłogi typu płyta na gruncie należy sprawdzić relację d_f do B .

$$d_f = 1,18 \text{ m} < B = 2,40 \text{ m}$$

Wniosek: zgodnie z punktem 7.1 normy PN-EN ISO 13370:2017-09 jest to przypadek podłogi nieizolowanej lub średnioizolowanej, dla której współczynnik przenikania ciepła $U_{fg,sog}$ oblicza się według poniższego wzoru:

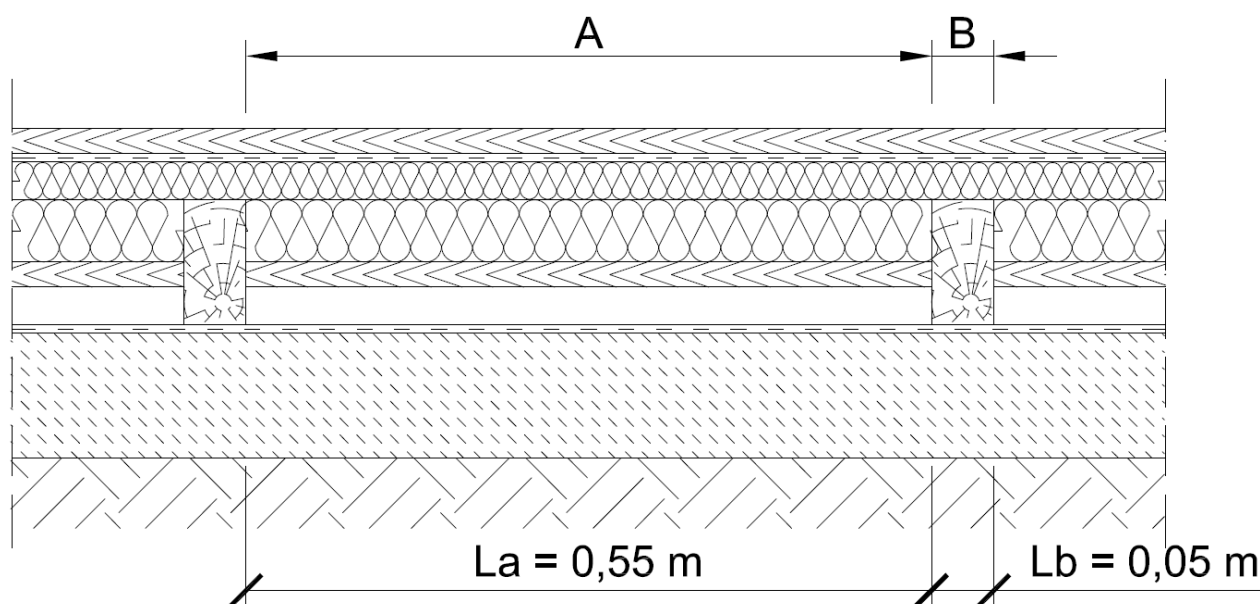
$$U_{fg,sog} = \frac{2 \cdot \lambda_g}{\pi \cdot B + d_f} \cdot \ln\left(\frac{\pi \cdot B}{d_f} + 1\right) = \frac{2 \cdot 2,0}{3,14 \cdot 2,40 + 1,18} \cdot \ln\left(\frac{3,14 \cdot 2,40}{1,18} + 1\right) = 0,92 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$$

Analizowana przegroda w stanie istniejącym nie spełnia wymaganej wartości współczynnika przenikania ciepła dla podłóg na gruncie $U_{C(max)} = 0,30 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$, określoną w Rozporządzeniu [5.2].

Dla analizowanej przegrody przyjęto usprawnienie termomodernizacyjne polegające na usunięciu warstwy wylewki oraz podbudowy ceglanej i wykonanie nowych warstw podłogowych (uwaga – zakłada się zachowanie istniejącego poziomu posadzki, przez co konieczne będzie wybranie fragmentu istniejącego podłoża gruntowego). Przewiduje się wykonanie warstwy betonu podkładowego o gr. 10 cm oraz hydroizolacji (podwójna warstwa papy). W dalszej części projektuje się ułożenie legarów drewnianych o wymiarach 5 x 10 cm w rozstawie co 60 cm z wykonaniem ślepego pułapu z desek o gr. 2 cm (ukształtowanie pustki powietrznej nad warstwą hydroizolacji o gr. 3 cm). Przestrzeń pomiędzy legarami nad ślepym pułapem wypełniona wełną mineralną **ISOVER Super-Mata** o grubości **5 cm**. Nad legarami ułożona zostanie warstwa wełny mineralnej akustycznej **ISOVER TDPT** o grubości **3 cm**, na której rozciągnięta zostanie folia STOPAIR 1104 gr. 0,2 mm. Wykończenie stanowić będzie posadzka z desek drewnianych gr. 2 cm.

Z uwagi na niejednorodną budowę konstrukcji podłogi w stanie projektowanym, jej opór cieplny wyznaczono metodą opisaną w punkcie 6.7.2 normy PN-EN ISO 6946:2017-10 (metoda górnej i dolnej granicy oporu cieplnego). Analizowaną płytę podłogi podzielono na dwa przekroje:

- przekrój A: przekrój poza legarami, długość przekroju $L_a = 0,55 \text{ m}$;
- przekrój B: przekrój przez legar, długość przekroju $L_b = 0,05 \text{ m}$.



il. 100. Schemat obliczeniowy podziału płyty na gruncie na przekroje A i B (stan projektowany).

Tab. 62. Obliczenia oporu cieplnego płyty na gruncie – stan projektowany.

L.p.	Nazwa warstwy	d [m]	λ [W/(m·K)]	R [m ² ·K/W]
PRZEKRÓJ A				
1.	deski drewniane	0,020	0,130	0,154
2.	ISOVER Stopair 1104 gr. 0,2 mm – pominięto z uwagi na znikomą grubość	-	-	-
3.	ISOVER TDPT	0,030	0,033	0,909
4.	ISOVER Super-Mata	0,050	0,033	1,515
5.	deska drewniana (ślepy pułap)	0,020	0,130	0,154
6.	warstwa powietrza	0,030	-	0,190
7.	hydroizolacja (papa x 2)	0,010	0,230	0,043
8.	beton podkładowy	0,100	1,150	0,087
SUMA (R_{tot;a})				3,052
długość wycinka L_a = 0,55 m, ułamkowe pole przekroju f_a = 0,917				
PRZEKRÓJ B				
1.	deski drewniane	0,020	0,130	0,154
2.	ISOVER Stopair 1104 gr. 0,2 mm – pominięto z uwagi na znikomą grubość	-	-	-
3.	ISOVER TDPT	0,030	0,033	0,909
4.	legar drewniany	0,100	0,180	0,556
5.				
7.	hydroizolacja (papa x 2)	0,010	0,230	0,043
8.	beton podkładowy	0,100	1,150	0,087
SUMA (R_{tot;b})				1,749
długość wycinka L_b = 0,05 m, ułamkowe pole przekroju f_b = 0,083				
Górna granica całkowitego oporu cieplnego R_{tot;upper}				2,874
Dolna granica całkowitego oporu cieplnego R_{tot;lower}				2,636
Całkowity opór cieplny R_{f;b}				2,755

Całkowita grubość równoważna wyniesie:

$$d_f = d_{w,e} + \lambda_g \cdot (R_{si} + R_{f,sog} + R_{se}) = 0,42 + 2,0 \cdot (0,17 + 2,755 + 0) = 6,27 \text{ m}$$

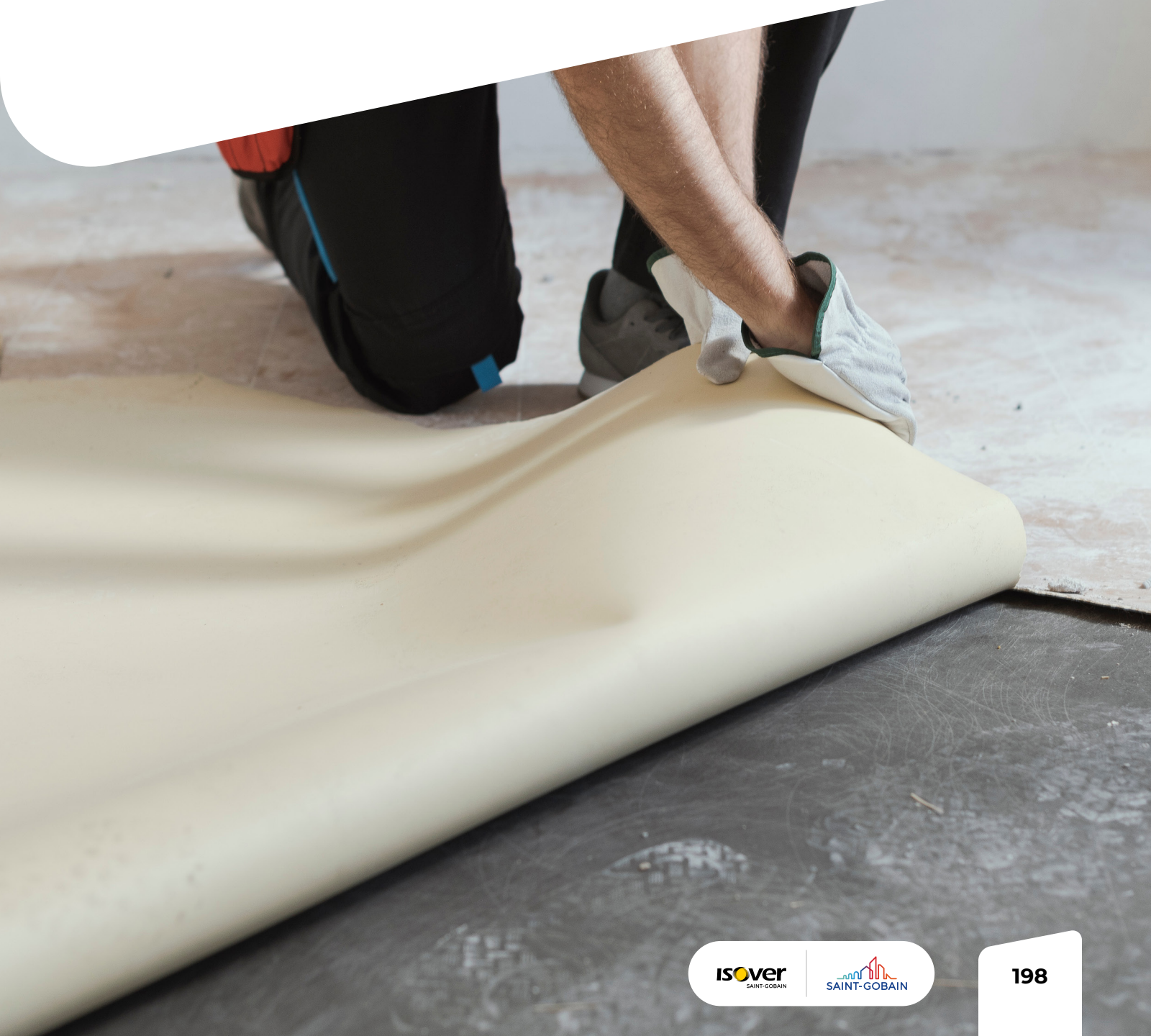
Sprawdzenie relacji d_f do B :

$$d_f = 6,27 \text{ m} > B = 2,40 \text{ m}$$

Wniosek: zgodnie z punktem 7.1 normy PN-EN ISO 13370:2017-09 jest to przypadek podłogi dobrze izolowanej, dla której współczynnik przenikania ciepła $U_{fg,sog}$ oblicza się według poniższego wzoru:

$$U_{fg;b} = \frac{\lambda_g}{0,457 \cdot B + d_f} = \frac{2,0}{0,457 \cdot 2,40 + 6,27} = 0,27 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$$

Analizowana przegroda w stanie projektowanym spełnia wymaganą wartość współczynnika przenikania ciepła dla podłóg na gruncie $U_{c(max)} = 0,30 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$, określoną w Rozporządzeniu [5.2].



8.10. STROP NAD PIWNICĄ

OBLICZENIA WSPÓŁCZYNNIKA PRZENIKANIA CIEPŁA

Obliczenia cieplne analizowanej przegrody poprzedzone zostały zestawieniem materiałów przyjętych w analizach wraz z przypisaniem im podstawowych parametrów fizycznych (tj. współczynnika przewodzenia ciepła λ i współczynnika oporu dyfuzyjnego μ).

Tab. 63. Zestawienie materiałów przyjętych w obliczeniach cieplno-wilgotnościowych dla analizowanej przegrody.

L.p.	Nazwa materiału	λ [W/(m·K)]		μ [-]	
		wartość	podstawa	wartość	podstawa
1.	cegły ceramiczne pełne przewiązane zaprawą	0,77	PN-EN ISO 6946:1999	7	2)
2.	beton + stal	2,30	PN-EN ISO 10456:2009	130	PN-EN ISO 10456:2009
3.	polepa z gliny i siczki	0,30	PN-B-03404:1974	50 ³⁾	PN-EN ISO 10456:2009
4.	deski drewniane	0,13	PN-EN ISO 10456:2009	50	PN-EN ISO 10456:2009
5.	tynek wapienno-piaskowy	0,80	PN-EN ISO 10456:2009	10	PN-EN ISO 10456:2009
6.	ISOVER Stropmax 31	0,031	1)	1	1)
7.	warstwa zbrojona (WEBERBASE UNI W)	1,00	PN-EN ISO 10456:2009	10	PN-EN ISO 10456:2009

Uwagi:

1) – zgodnie z dokumentacją techniczną produktu

2) – na podstawie tablicy 4.8. w „Budownictwo Ogólne. Tom 2. Fizyka budowli”, pod red. prof. dr hab. inż. Piotra Klemma, Wyd. Arkady, Warszawa 2005

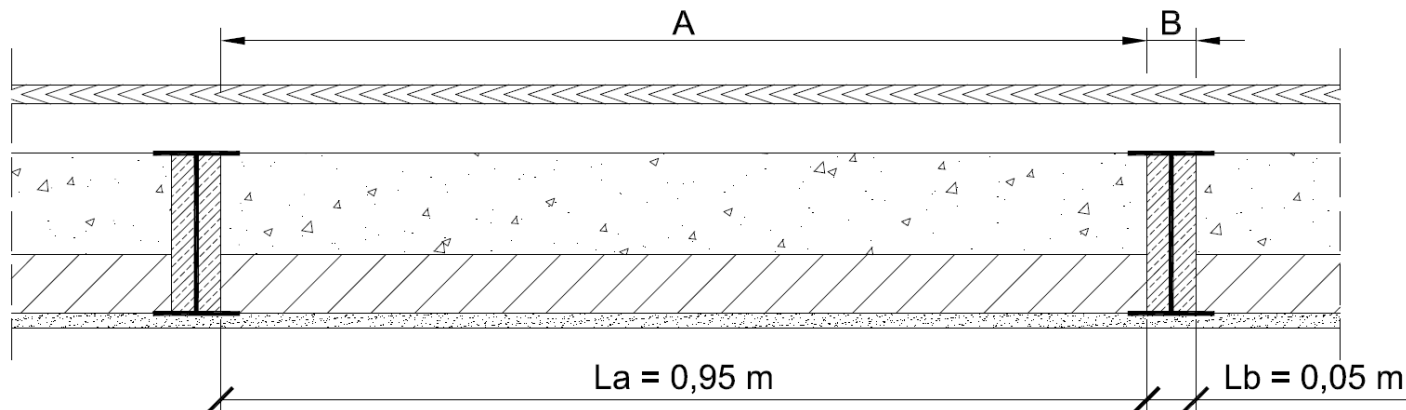
3) – przyjęto analogicznie do gliny

Analizowaną przegrodę stanowi strop wewnętrzny stalowo-ceramiczny typu Klein'a. Elementami nośnymi są zabetonowane belki stalowe dwuteowe o wysokości 16 cm, rozmieszczone w rozstawie co ok. 1 m. Warstwami wypełniającymi przestrzenie pomiędzy belkami są cegły ceramiczne pełne (przewiązane zaprawą) oraz warstwa polepy. Od strony wewnętrznej strop wykończony tynkiem wapienno-piaskowym. Wykończenie od strony pomieszczeń mieszkalnych stanowią podłogi drewniane na legarach.

Współczynnik przenikania ciepła obliczono dla stropów wewnętrznych oddzielających części ogrzewane budynku od nieogrzewanych części piwnic. Obliczenia przeprowadzono zgodnie z metodologią podaną w normie PN-EN ISO 6946: 2017-10. Z uwagi na niejednorodną budowę przegrody zastosowano metodą opisaną w punkcie 6.7.2 przywołanej normy (całkowity opór cieplny komponentów budowlanych składających się z warstw jednorodnych i niejednorodnych).

Analizowaną przegrodę podzielono na dwa przekroje:

- przekrój A: przekrój poza belkami nośnymi stropu, długość przekroju $L_a = 0,95$ m;
- przekrój B: przekrój przez belkę nośną stropu, długość przekroju $L_b = 0,05$ m.



il. 101. Schemat obliczeniowy podziału stropu nad piwnicą na przekroje A i B (stan istniejący).

Współczynnik przenikania ciepła dla stropu nad nieogrzewaną piwnicą w stanie istniejącym:

$$U_C = U = \frac{1}{R_{\text{tot}}} = \frac{1}{1,076} = 0,93 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

Analizowana przegroda w stanie istniejącym nie spełnia wymaganej wartości współczynnika przenikania ciepła dla stropów oddzielających pomieszczenia ogrzewane od nieogrzewanych $U_{C(\text{max})} = 0,25 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, określoną w Rozporządzeniu [5.2].

Dla analizowanej przegrody przyjęto ocieplenie wełną mineralną **Stropmax 31**. Mocowanie izolacji termicznej na sucho przy użyciu łączników mechanicznych od strony pomieszczeń piwnicznych.

Tab. 65. Dobór grubości warstwy ocieplenia dla stropu nad piwnicami nieogrzewanymi.

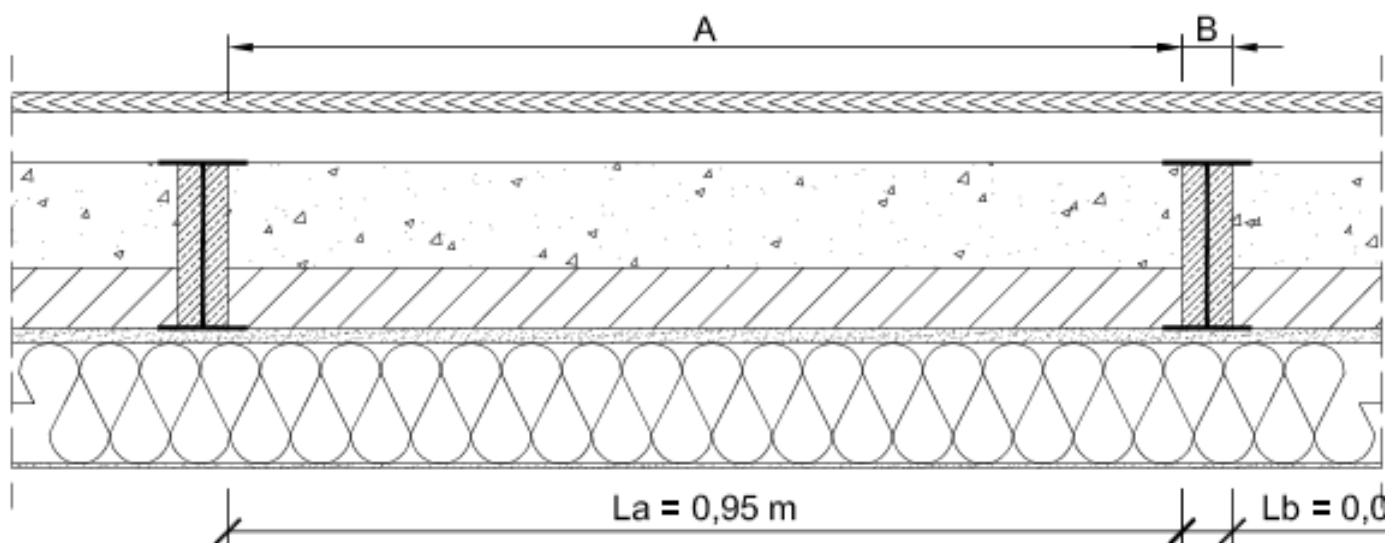
	Wariant grubości ocieplenia			
	W0	W1	W2	W3
λ ocieplenia [$\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$]	0,031			
Grubość ocieplenia [m]	0,080	0,100	0,120	0,150
Opór cieplny izolacji [$\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$]	2,581	3,226	3,871	4,839
$R_{\text{tot}}^{1)}$ [$\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$]	3,660	4,305	4,950	5,918
U [$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$]	0,27	0,23	0,20	0,17
Spełnienie WT2021	NIE	TAK	TAK	TAK

1) – wartość całkowitego oporu obliczona na podstawie górnej i dolnej granicy oporu cieplnego.

Tab. 64. Obliczenia oporu całkowitego stropu nad piwnicą – stan istniejący.

L.p.	Nazwa warstwy	d [m]	λ [W/(m·K)]	R [m ² ·K/W]
PRZEKRÓJ A				
1.	wewnętrzna strona przegrody	-	-	0,170
2.	podłoga drewniana	0,020	0,130	0,154
3.	powietrze niewentylowane	0,050	-	0,210
4.	polepa	0,100	0,300	0,333
5.	cegła pełna + zaprawa	0,060	0,770	0,078
6.	tynk wapienno-piaskowy	0,015	0,800	0,019
7.	zewnątrzna strona przegrody	-	-	0,170
SUMA (R_{tot;a})				1,134
długość wycinka L_a = 0,95 m, ułamkowe pole przekroju f_a = 0,95				
PRZEKRÓJ B				
1.	wewnętrzna strona przegrody	-	-	0,170
2.	podłoga drewniana	0,020	0,130	0,154
3.	powietrze niewentylowane	0,050	-	0,210
4.	beton + stal	0,160	2,300	0,070
5.				
6.	tynk wapienno-piaskowy	0,015	0,800	0,019
7.	zewnątrzna strona przegrody	-	-	0,170
SUMA (R_{tot;b})				0,792
długość wycinka L_b = 0,05 m, ułamkowe pole przekroju f_b = 0,05				
Górna granica całkowitego oporu cieplnego R_{tot;upper}				1,110
Dolna granica całkowitego oporu cieplnego R_{tot;lower}				1,043
Całkowity opór cieplny R_{f;b}				1,076

Z uproszczonej analizy przedstawionej w tabeli 65 wynika, iż do spełnienia wymaganej izolacyjności termicznej stropu nad piwnicą nieogrzewaną wystarczy grubość **10 cm** przyjętego materiału termoizolacyjnego. Obliczenia izolacyjności termicznej analizowanej przegrody wymagają uwzględnienia poprawki ΔU_f uwzględniającej wpływ łączników mechanicznych. Ze względu na wymagania ochrony przeciwpożarowej oraz przyjęty sposób ocieplenia do mocowania izolacji termicznej przyjęto kołki ognioochronne w całości wykonane ze stali nierdzewnej o średnicy 9 mm w ilości 3⁵ sztuk na 1 m² (minimum 2 łączniki na płytę). Poprawkę ΔU_f obliczono procedurą przybliżoną według punktu F.3.2 w normie PN-EN ISO 6946:2017-10. Ze względu na uzyskaną poprawkę ΔU_f konieczne jest zwiększenie grubości izolacji termicznej do 12 cm (tj. wariant W2).



il. 102. Schemat obliczeniowy podziału stropu nad piwnicą na przekroje A i B (stan projektowany).

⁵ Ilość łączników na 1 m² zweryfikowana na podstawie ciężaru objętościowego płyty Stropmax 31 (0,37 kN/m³) oraz nośności przyjętych łączników mechanicznych.

Tab. 66. Obliczenia oporu całkowitego stropu nad piwnicą – stan projektowany.

L.p.	Nazwa warstwy	d [m]	λ [W/(m·K)]	R [m ² ·K/W]
PRZEKRÓJ A				
1.	wewnętrzna strona przegrody	-	-	0,170
2.	podłoga drewniana	0,020	0,130	0,154
3.	powietrze niewentylowane	0,050	-	0,210
4.	polepa	0,100	0,300	0,333
5.	cegła pełna + zaprawa	0,060	0,770	0,078
6.	tynk wapienno-piaskowy	0,015	0,800	0,019
7.	ISOVER Stropmax 31	0,120	0,031	3,871
8.	zewnątrzna strona przegrody	-	-	0,170
SUMA (R_{tot;a})				5,005
długość wycinka L_a = 0,95 m, ułamkowe pole przekroju f_a = 0,95				
PRZEKRÓJ B				
1.	wewnętrzna strona przegrody	-	-	0,170
2.	podłoga drewniana	0,020	0,130	0,154
3.	powietrze niewentylowane	0,050	-	0,210
4.	beton + stal	0,160	2,300	0,070
5.				
6.	tynk wapienno-piaskowy	0,015	0,800	0,019
7.	ISOVER Stropmax 31	0,120	0,031	3,871
8.	zewnątrzna strona przegrody	-	-	0,170
SUMA (R_{tot;b})				4,664
długość wycinka L_b = 0,05 m, ułamkowe pole przekroju f_b = 0,05				
Górna granica całkowitego oporu cieplnego R_{tot;upper}				4,987
Dolna granica całkowitego oporu cieplnego R_{tot;lower}				4,914
Całkowity opór cieplny R_{f;b}				4,950

Współczynnik przenikania ciepła dla stropu nad nieogrzewaną piwnicą w stanie istniejącym:

$$U = \frac{1}{R_{\text{tot}}} = \frac{1}{4,950} = 0,20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

Dane przyjęte do poprawki z uwagi na łączniki mechaniczne:

- $\lambda_f = 30 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ (łączniki ze stali węglowej zabezpieczonej antykorozyjnie, na podstawie PN-EN ISO 10456:2009),
- $n_f = 3 \text{ szt}/\text{m}^2$,
- $A_f = 0,0000636 \text{ m}^2$,
- $R_1 = 3,871 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$,
- $R_{\text{tot}} = 4,950 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$,
- $d_0 = 0,12 \text{ m}$,
- $d_1 = 0,12 \text{ m}$,
- $\alpha = 0,8$.

$$\Delta U_f = \alpha \cdot \frac{\lambda_f \cdot A_f \cdot n_f}{d_1} \cdot \left(\frac{R_1}{R_{\text{tot}}} \right)^2 = 0,8 \cdot \frac{30 \cdot 0,0000636 \cdot 3}{0,12} \cdot \left(\frac{3,871}{4,950} \right)^2 = 0,023 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

Obliczona powyżej poprawka stanowi ok. 11,5% wartości obliczonego współczynnika przenikania ciepła przegrody. W związku z zapisami punktu 6.5 normy PN-EN ISO 6946:2017-10, wyliczoną powyżej poprawkę uwzględniono w wartości całkowitej współczynnika przenikania ciepła U_c . Obliczona poprawka z uwagi na łączniki mechaniczne znacząco zmienia wartość współczynnika przenikania ciepła, jednak przegroda spełnia warunek izolacyjności termicznej.

Całkowitą wartość współczynnika przenikania ciepła U_c w takim przypadku uzyskujemy przez dodanie poprawki ΔU_f :

$$U_c = U + \Delta U_f \quad U_c = 0,20 + 0,023 = 0,22 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

Z powyższych obliczeń wynika, iż, przy zastosowaniu izolacji termicznej **ISOVER Stropmax 31** o grubości 12 cm i uwzględnieniu kołków ognioochronnych w ilości 3 szt./m², przegroda spełnia obecnie obowiązujący warunek izolacyjności termicznej.

Analizowana przegroda w stanie projektowanym spełnia wymaganą wartość współczynnika przenikania ciepła dla stropów oddzielających pomieszczenia ogrzewane od nieogrzewanych $U_{c(\text{max})} = 0,25 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, określoną w Rozporządzeniu [5.2].

8.11. SPRAWDZENIE KONDENSACJI POWIERZCHNIOWEJ I MIĘDZYWARSTWOWEJ

Na mocy zapisów § 321 ust. 1 i 2 Rozporządzenia [5.2] dla analizowanej przegrody budowlanej w stanie projektowanym pominięto sprawdzenie ryzyka wystąpienia kondensacji powierzchniowej i międzywarstwowej (sprawdzeniu podlegają jedynie przegrody zewnętrzne).

8.12. SPRAWDZENIE RYZYKA WYSTĄPIENIA KONDENSACJI POWIERZCHNIOWEJ DLA MOSTKÓW TERMICZNYCH

Ryzyko wystąpienia kondensacji powierzchniowej sprawdzono dla następujących połączeń konstrukcyjnych:

- naroże wypukłe ścian zewnętrznych,
- połączenie ściana zewnętrzna – ściana wewnętrzna,
- połączenie ścian zewnętrzna – dach płaski,
- połączenie ściana zewnętrzna – strop międzykondygnacyjny,
- połączenie ściana zewnętrzna – dach skośny,
- połączenie ściana zewnętrzna – podłoga na gruncie,
- połączenie ściana zewnętrzna – strop nad piwnicą.

W dalszej części zamieszczono wyniki analiz dwuwymiarowego przepływu ciepła, uzyskane w programie PSI THERM 2D oraz obliczenia sprawdzające ryzyko wystąpienia kondensacji powierzchniowej.

Dla każdego detalu wyznaczono czynnik temperaturowy f_{Rsi} dla najniższej temperatury na powierzchni wewnętrznej, zgodnie z poniższym wzorem:

$$f_{Rsi} = \frac{\theta_{si} - \theta_e}{\theta_i - \theta_e}$$

gdzie:

- θ_{si} – temperatura na powierzchni wewnętrznej [°C] (wartość wynikowa obliczeń numerycznych w programie PSI THERM 2D),
- θ_i – temperatura powietrza wewnętrznego [°C] – przyjęto 20°C,
- θ_e – temperatura powietrza zewnętrznego [°C] – przyjęto -1,1°C (średnia miesięczna temperatura miesiąca krytycznego – tj. dla grudnia – patrz tab. 27).

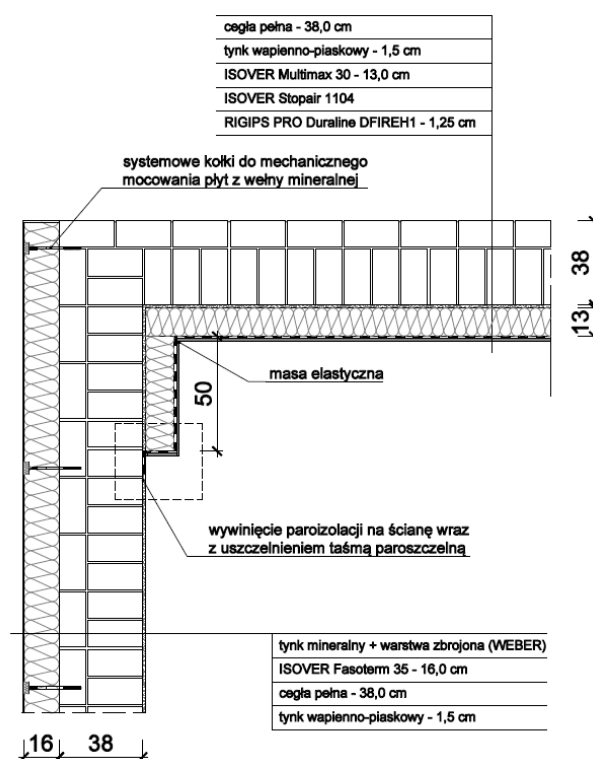
Tak wyznaczony czynnik przyrównano do wartości krytycznej czynnika $f_{Rsi,max}$, wyznaczonej dla miesiąca krytycznego (patrz tabela 27).

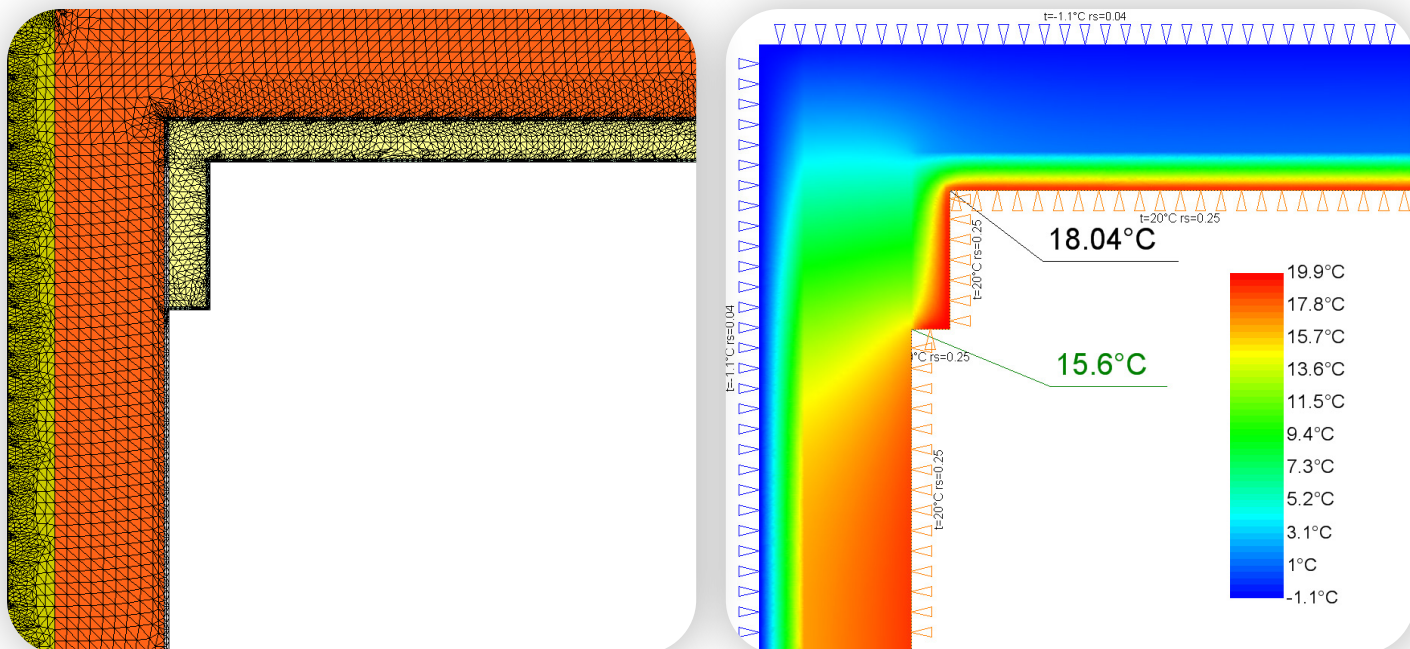
NAROŻE WYPUKŁE ŚCIAN ZEWNĘTRZNYCH

W niniejszym podrozdziale przeanalizowano naroże zewnętrzne ściany frontowej (ocieplonej od strony wewnętrznej) i ściany szczytowej (ocieplonej od strony zewnętrznej) – przypadek mniej korzystny pod względem kondensacji i strat ciepła.

Uwaga – na drodze obliczeń numerycznych ustalono, iż zakończenie wewnętrznej izolacji termicznej na ścianie poprzecznej doprowadzi do wystąpienia kondensacji powierzchniowej w narożniku na styku tejże izolacji oraz wewnętrznej powierzchni ściany szczytowej. Stąd wystąpiła konieczność założenia wyprowadzenia wewnętrznego ocieplenia na ścianę poprzeczną na odcinek o minimalnej długości 0,5 m (minimalna odległość zapewniająca uniknięcie ryzyka kondensacji powierzchniowej). Dla istniejących założeń projektowych zastosowanie większej długości odcinka nie przekłada się znacząco na podwyższenie temperatury w miejscu stykowym zakończenia ocieplenia wewnętrznego.

il. 103. Detal naroża wypukłego ścian zewnętrznych w stanie projektowanym.





il. 104. Model komputerowy naroża ścian, sporządzony w programie PSI THERM 2D – podział na elementy skończone oraz rozkład temperatur ze wskazaniem temperatur na powierzchni wewnętrznej modelu w wybranych punktach.

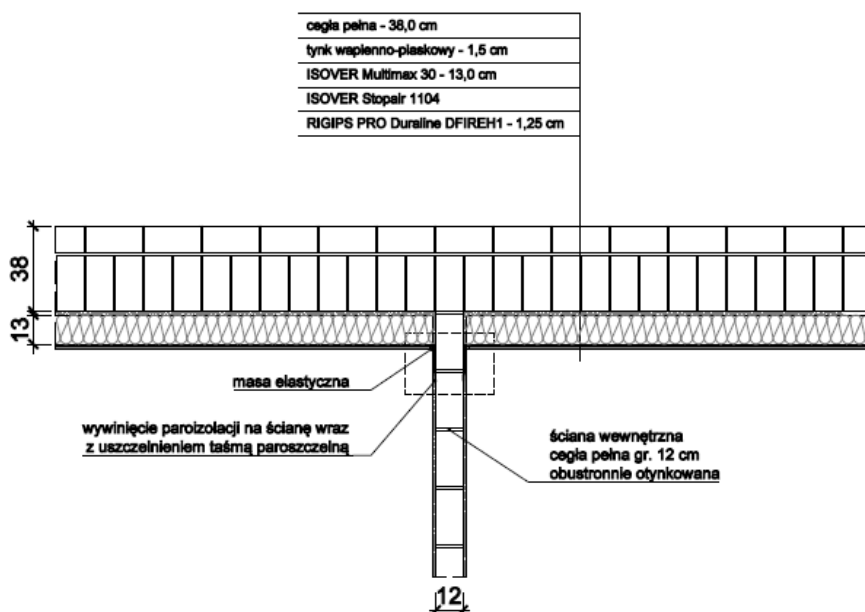
Na drodze obliczeń numerycznych ustalono, iż temperatura krytyczna dla analizowanego detalu wynosi $\theta_{si,min} = 15,6^{\circ}\text{C}$. Czynniki f_{Rsi} przyjmuje wartość:

$$f_{Rsi} = \frac{\theta_{si,min} - \theta_e}{\theta_i - \theta_e} = \frac{15,6 - (-1,1)}{20 - (-1,1)} = 0,79 > f_{Rsi,max} = 0,72$$

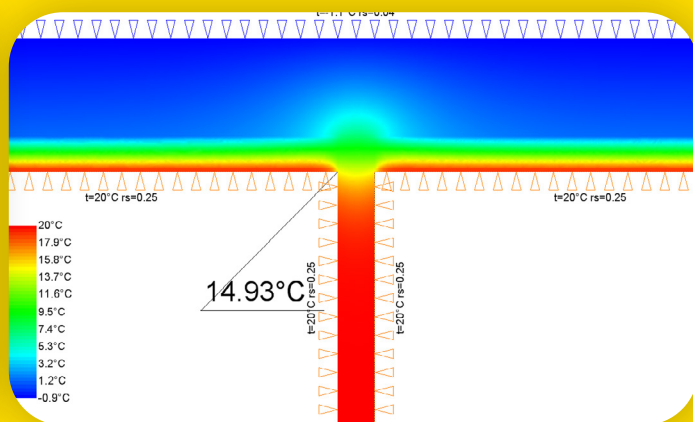
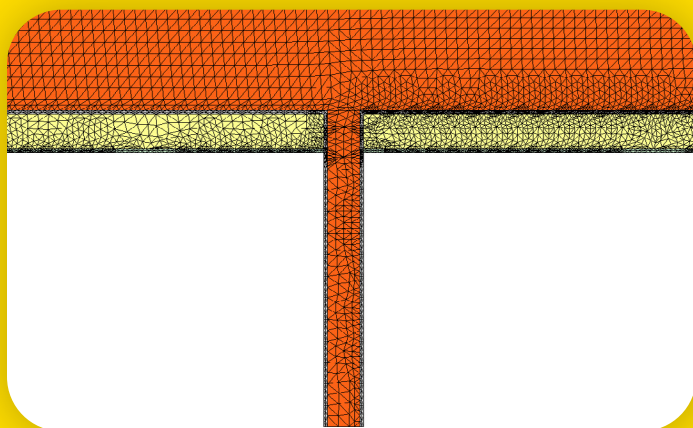
Na podstawie obliczeń numerycznych można stwierdzić, iż dla analizowanego węzła konstrukcyjnego nie zachodzi ryzyko kondensacji powierzchniowej w stanie projektowanym.

POŁĄCZENIE ŚCIANA ZEWNĘTRZNA - ŚCIANA WEWNĘTRZNA

W niniejszym podrozdziale przeanalizowano połączenie ściany wewnętrznej gr. 12 cm ze ścianą zewnętrzną frontową (ocieploną od strony wewnętrznej) – przypadek mniej korzystny pod względem kondensacji i strat ciepła.



il. 105. Detal połączenia ściany wewnętrznej ze ścianą zewnętrzną (frontową) w stanie projektowanym.



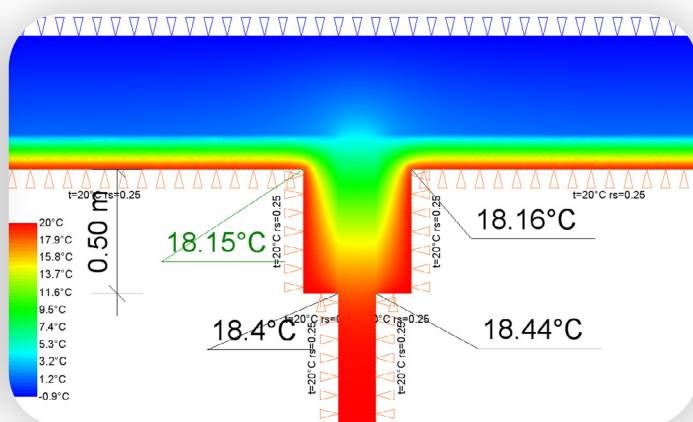
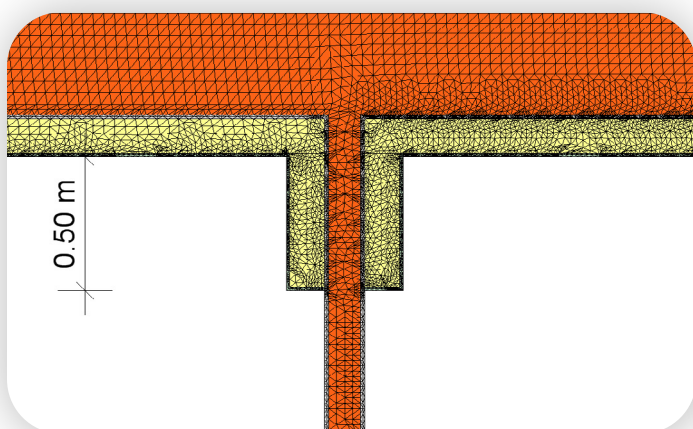
il. 106. Model komputerowy połączenia ściany wewnętrznej ze ścianą zewnętrzną, sporządzony w programie PSI THERM 2D – podział na elementy skończone oraz rozkład temperatur ze wskazaniem temperatury krytycznej.

Na drodze obliczeń numerycznych ustalono, iż temperatura krytyczna dla analizowanego detalu wynosi $\theta_{si,min} = 14,44^{\circ}\text{C}$. Czynniki f_{Rsi} przyjmuje wartość:

$$f_{Rsi} = \frac{\theta_{si,min} - \theta_e}{\theta_i - \theta_e} = \frac{14,93 - (-1,1)}{20 - (-1,1)} = 0,76 > f_{Rsi,max} = 0,72$$

Na podstawie obliczeń numerycznych można stwierdzić, iż dla analizowanego węzła konstrukcyjnego nie zachodzi ryzyko kondensacji powierzchniowej w stanie projektowanym.

W celu poprawy stanu ochrony cieplnej można rozważyć opcjonalne wykonanie dodatkowego zakładu izolacji termicznej na ścianę wewnętrzną o długości 0,5 m.

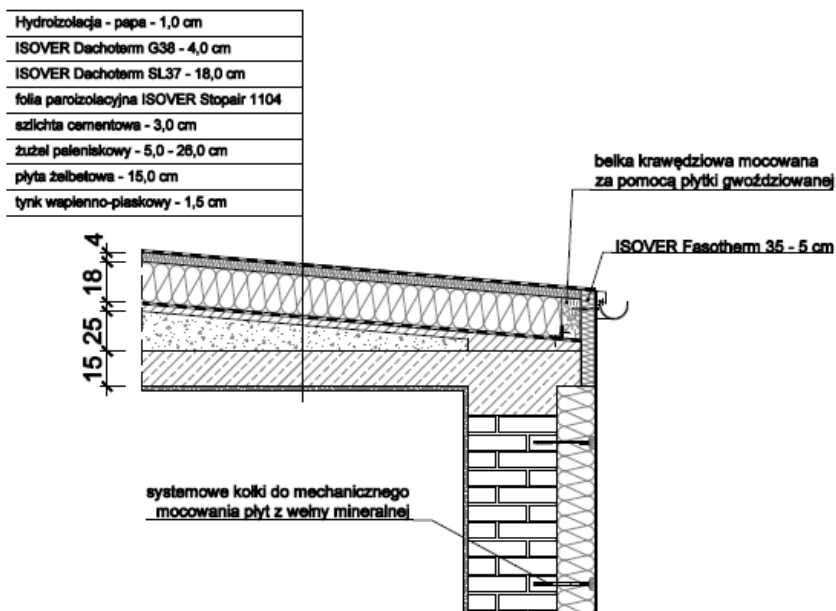


il. 107. Model komputerowy połączenia ściany wewnętrznej ze ścianą zewnętrzną, sporządzony w programie PSI THERM 2D – podział na elementy skończone oraz rozkład temperatur ze wskazaniem temperatury krytycznej. Wariant uwzględniający wyciągnięcie ocieplenia wewnętrznego ściany zewnętrznej na ścianę wewnętrzną na odcinku 0,5 m.

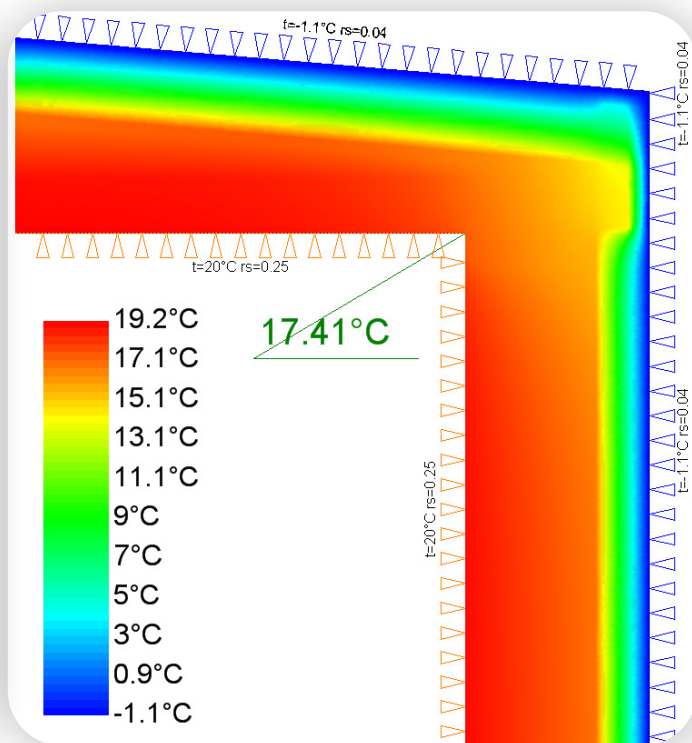
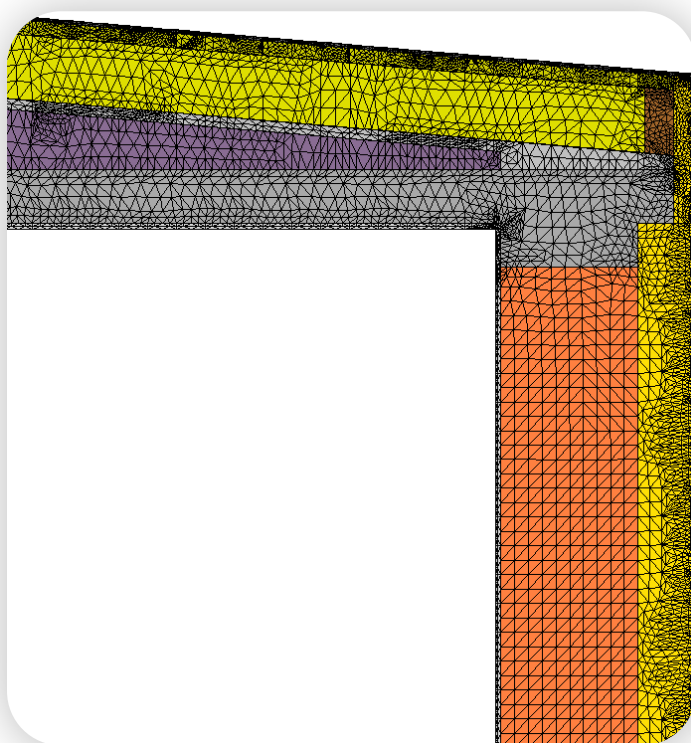
$$f_{Rsi} = \frac{\theta_{si,min} - \theta_e}{\theta_i - \theta_e} = \frac{18,15 - (-1,1)}{20 - (-1,1)} = 0,91 > f_{Rsi,max} = 0,72$$

POŁĄCZENIE ŚCIANA ZEWNĘTRZNA - DACH PŁASKI

W niniejszym podrozdziale przeanalizowano połączenie ściany zewnętrznej z dachem płaskim dobudówki szczytowej.



il. 108. Detal połączenia ściany zewnętrznej z dachem płaskim w stanie projektowanym.



il. 109. Model komputerowy połączenia ściany zewnętrznej z dachem płaskim, sporządzony w programie PSI THERM 2D – podział na elementy skończone oraz rozkład temperatur ze wskazaniem temperatury krytycznej.

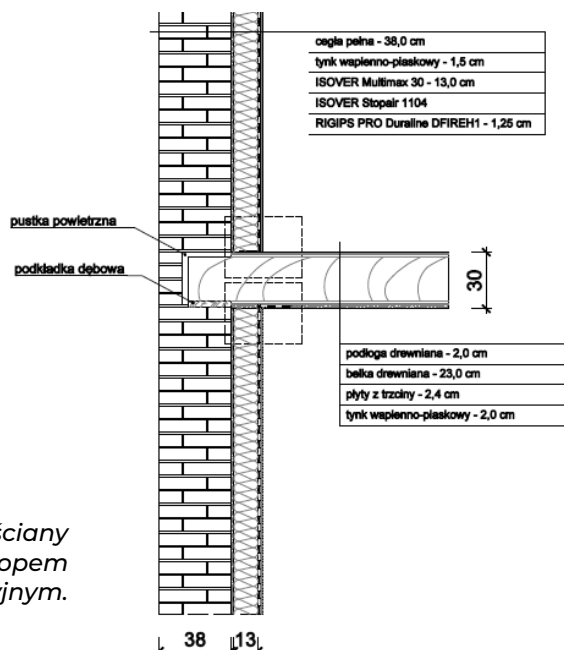
Na drodze obliczeń numerycznych ustalono, iż temperatura krytyczna dla analizowanego detalu wynosi $\theta_{si,min} = 17,41^{\circ}\text{C}$. Czynniki f_{Rsi} przyjmuje wartość:

$$f_{Rsi} = \frac{\theta_{si,min} - \theta_e}{\theta_i - \theta_e} = \frac{17,41 - (-1,1)}{20 - (-1,1)} = 0,88 > f_{Rsi,max} = 0,72$$

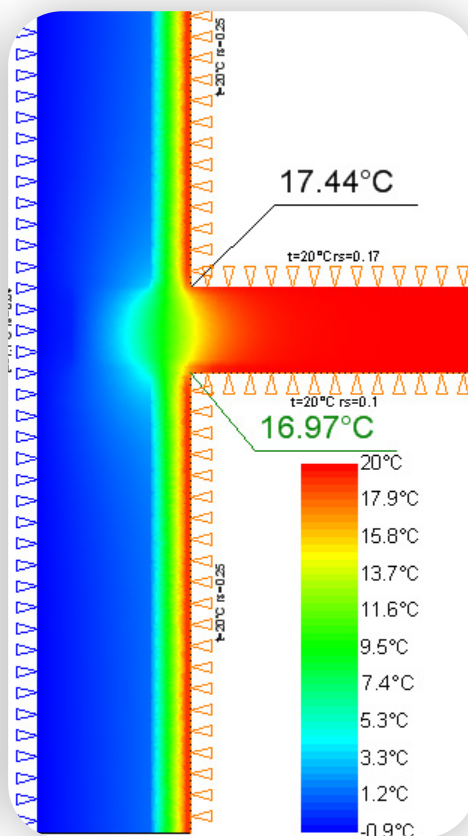
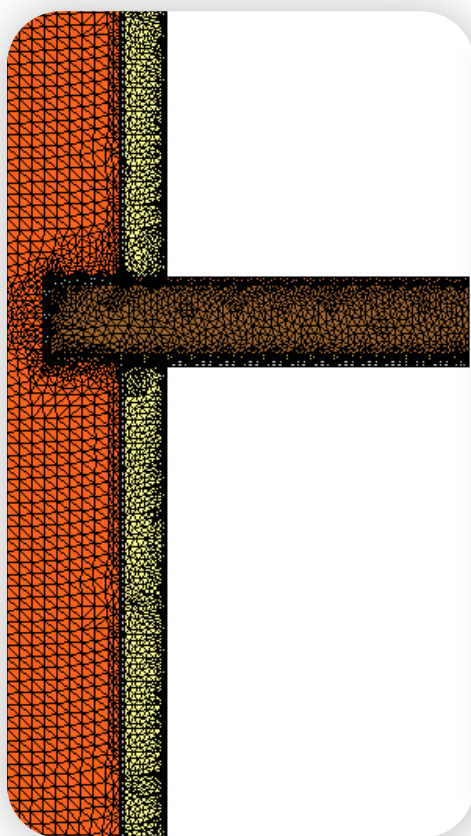
Na podstawie obliczeń numerycznych można stwierdzić, iż dla analizowanego węzła konstrukcyjnego nie zachodzi ryzyko kondensacji powierzchniowej w stanie projektowanym.

POŁĄCZENIE ŚCIANA ZEWNĘTRZNA - STROP MIĘDZYKONDYGNACYJNY

W niniejszym podrozdziale przeanalizowano połączenie ściany zewnętrznej ze stropem międzykondygnacyjnym.



il. 110. Detal połączenia ściany zewnętrznej ze stropem międzykondygnacyjnym.



il. 111. Model komputerowy połączenia ściany zewnętrznej ze stropem międzykondygnacyjnym, sporządzony w programie PSI THERM 2D – podział na elementy skończone oraz rozkład temperatury z wskazaniem temperatury krytycznej.

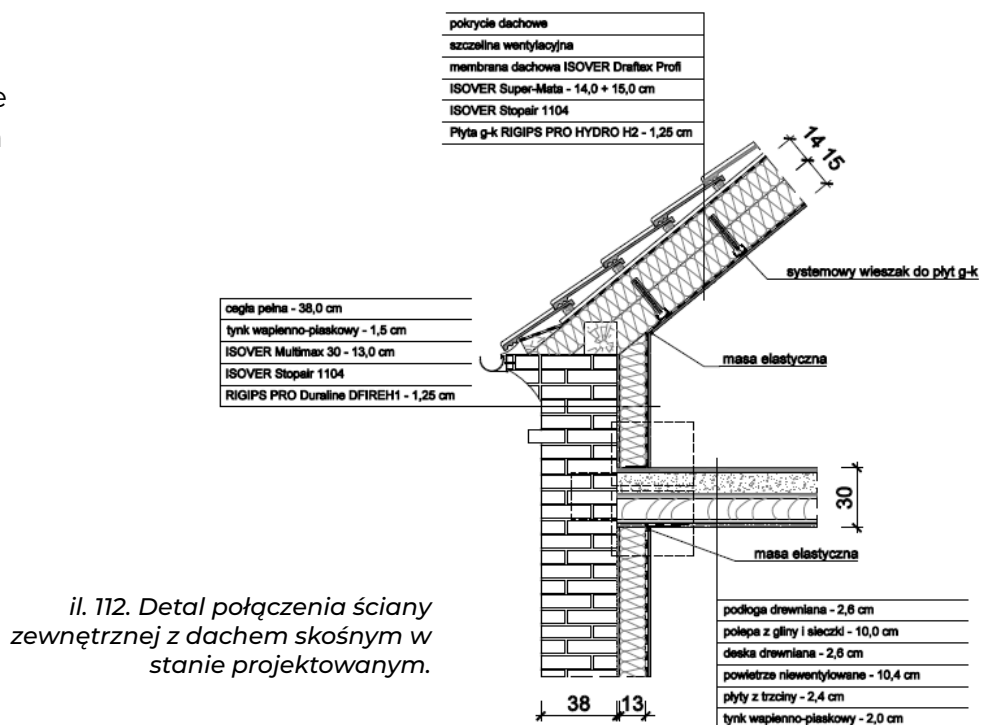
Na drodze obliczeń numerycznych ustalono, iż temperatura krytyczna dla analizowanego detalu wynosi $\theta_{si,min} = 16,97^{\circ}\text{C}$. Czynniki f_{Rsi} przyjmuje wartość:

$$f_{Rsi} = \frac{\theta_{si,min} - \theta_e}{\theta_i - \theta_e} = \frac{16,97 - (-1,1)}{20 - (-1,1)} = 0,86 > f_{Rsi,max} = 0,72$$

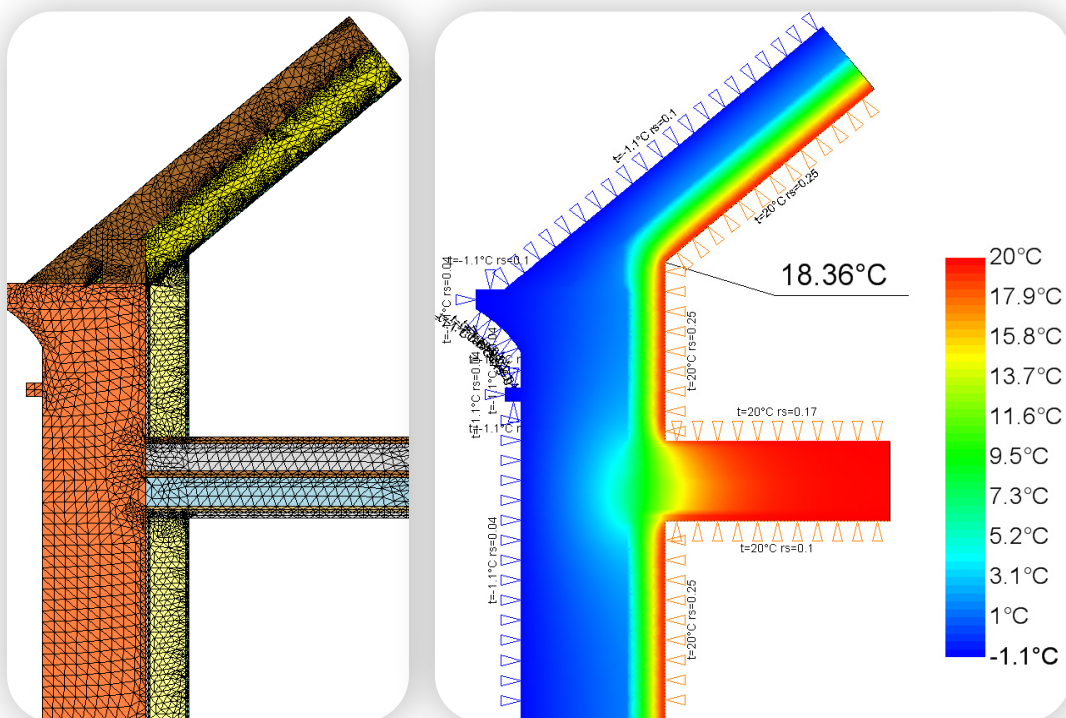
Na podstawie obliczeń numerycznych można stwierdzić, iż dla analizowanego węzła konstrukcyjnego nie zachodzi ryzyko kondensacji powierzchniowej w stanie projektowanym.

POŁĄCZENIE ŚCIANA ZEWNĘTRZNA - STROP MIĘDZYKONDYGNACYJNY

W niniejszym podrozdziale przeanalizowano połączenie ściany zewnętrznej dachem skośnym.



il. 112. Detal połączenia ściany zewnętrznej z dachem skośnym w stanie projektowanym.



il. 113. Model komputerowy połączenia ściany zewnętrznej z dachem skośnym, sporządzony w programie PSI THERM 2D – podział na elementy skończone oraz rozkład temperatur ze wskazaniem temperatury krytycznej.

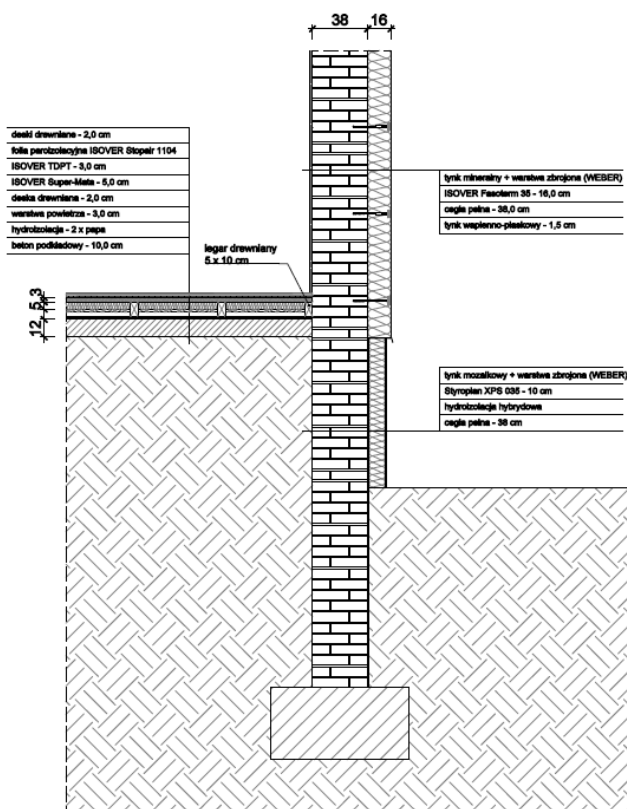
Na drodze obliczeń numerycznych ustalono, iż temperatura krytyczna dla analizowanego detalu wynosi $\theta_{si,min} = 18,28^\circ\text{C}$. Czynniki f_{Rsi} przyjmuje wartość:

$$f_{Rsi} = \frac{\theta_{si,min} - \theta_e}{\theta_i - \theta_e} = \frac{18,36 - (-1,1)}{20 - (-1,1)} = 0,92 > f_{Rsi,max} = 0,72$$

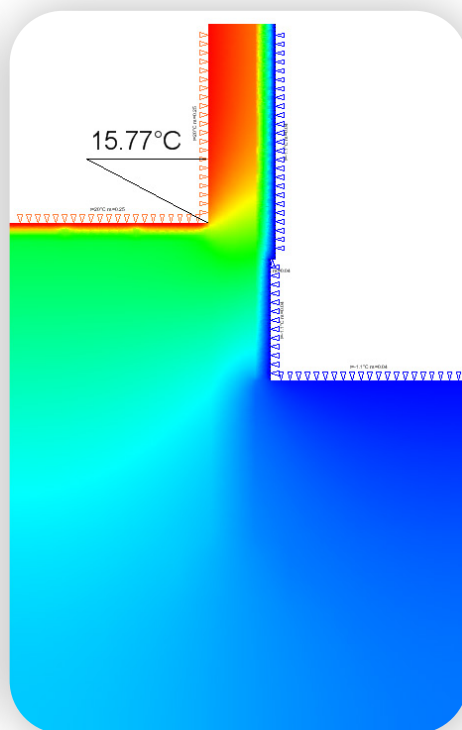
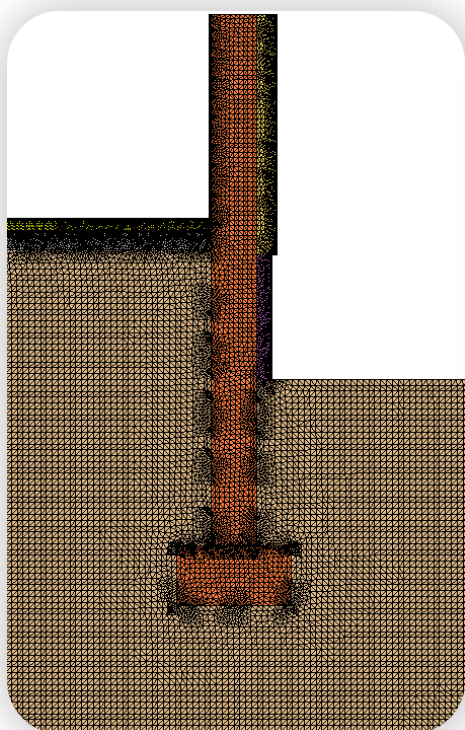
Na podstawie obliczeń numerycznych można stwierdzić, iż dla analizowanego węzła konstrukcyjnego nie zachodzi ryzyko kondensacji powierzchniowej w stanie projektowanym.

POŁĄCZENIE ŚCIANA ZEWNĘTRZNA - PODŁOGA NA GRUNCIE

W niniejszym podrozdziale przeanalizowano połączenie podłogi na gruncie ze ścianą zewnętrzną.



il. 114. Detal połączenia podłogi na gruncie ze ścianą zewnętrzną w stanie projektowanym.



il. 115. Model komputerowy połączenia ściany zewnętrznej z podłogą na gruncie, sporządzony w programie PSI THERM 2D – podział na elementy skończone oraz rozkład temperatur ze wskazaniem temperatury krytycznej.

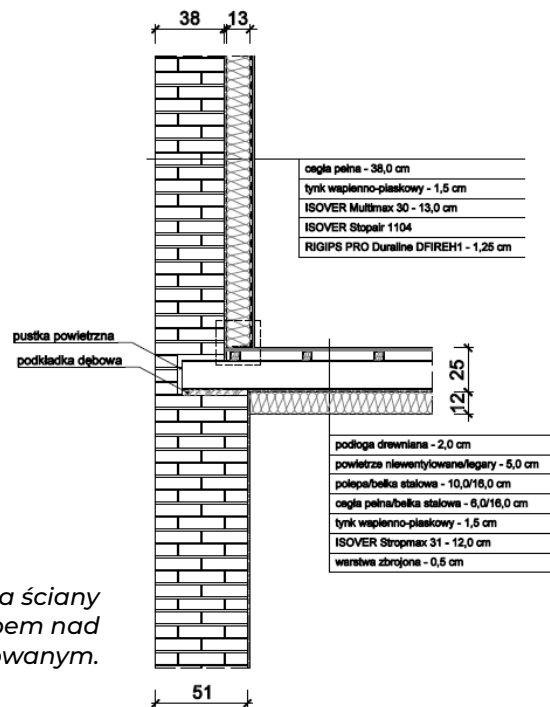
Na drodze obliczeń numerycznych ustalono, iż temperatura krytyczna dla analizowanego detalu wynosi $\theta_{si,min} = 16,26^{\circ}\text{C}$. Czynniki f_{Rsi} przyjmuje wartość:

$$f_{Rsi} = \frac{\theta_{si,min} - \theta_e}{\theta_i - \theta_e} = \frac{15,77 - (-1,1)}{20 - (-1,1)} = 0,80 > f_{Rsi,max} = 0,72$$

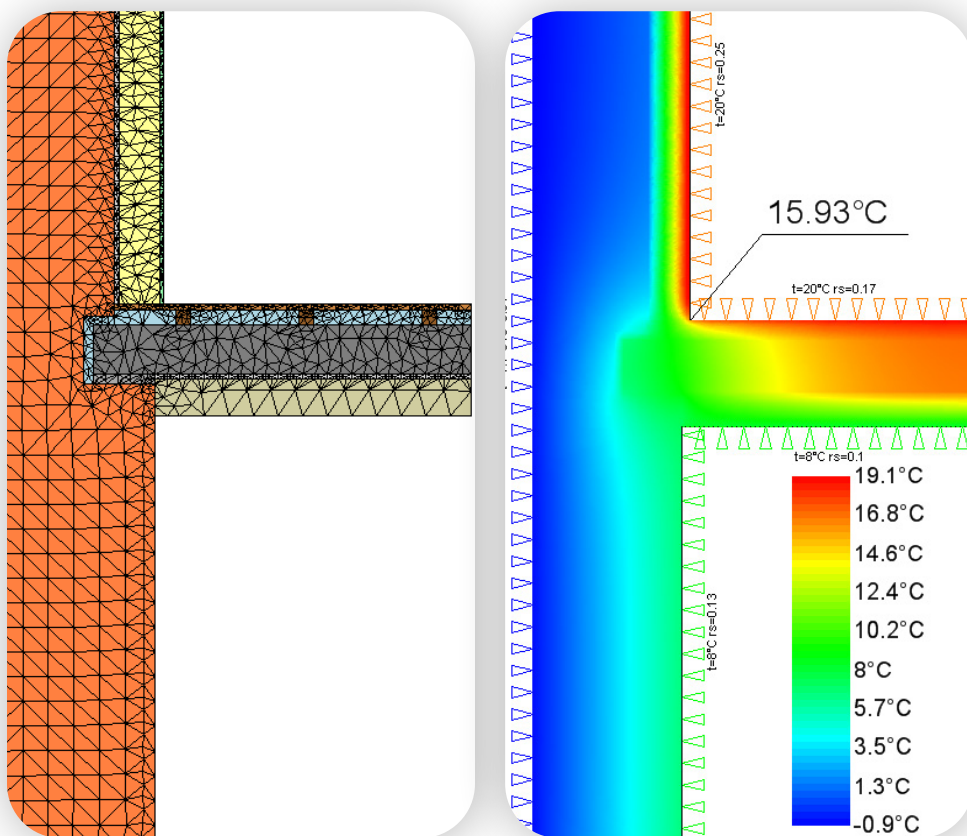
Na podstawie obliczeń numerycznych można stwierdzić, iż dla analizowanego węzła konstrukcyjnego nie zachodzi ryzyko kondensacji powierzchniowej w stanie projektowanym.

POŁĄCZENIE ŚCIANA ZEWNĘTRZNA - STROP NAD PIWNICĄ

W niniejszym podrozdziale przeanalizowano połączenie ściany zewnętrznej ze stropem nad piwnicą.



il. 116. Detal połączenia ściany zewnętrznej ze stropem nad piwnicą w stanie projektowanym.



il. 117. Model komputerowy połączenia ściany zewnętrznej ze stropem nad piwnicą, sporządzony w programie PSI THERM 2D – podział na elementy skończone oraz rozkład temperatur ze wskazaniem temperatury krytycznej.

Na drodze obliczeń numerycznych ustalono, iż temperatura krytyczna dla analizowanego detalu wynosi $\theta_{si,min} = 15,89^{\circ}\text{C}$. Czynniki f_{Rsi} przyjmuje wartość:

$$f_{Rsi} = \frac{\theta_{si,min} - \theta_e}{\theta_i - \theta_e} = \frac{15,93 - (-1,1)}{20 - (-1,1)} = 0,81 > f_{Rsi,max} = 0,72$$

Na podstawie obliczeń numerycznych można stwierdzić, iż dla analizowanego węzła konstrukcyjnego nie zachodzi ryzyko kondensacji powierzchniowej w stanie projektowanym.

ANALIZA ENERGETYCZNA BUDYNKU MODELOWEGO

ROZDZIAŁ 9

9.1. ZAŁOŻENIA PRZYJĘTE DO OBLICZEŃ

Wykonano obliczenia zapotrzebowania na ciepło dla budynku modelowego w stanie istniejącym i po modernizacji w celu określenia wielkości oszczędności energii a także wyznaczenia efektu ekologicznego i rocznej oszczędności kosztów dla wybranego systemu grzewczego budynku i składowych kosztowych nośników energii.

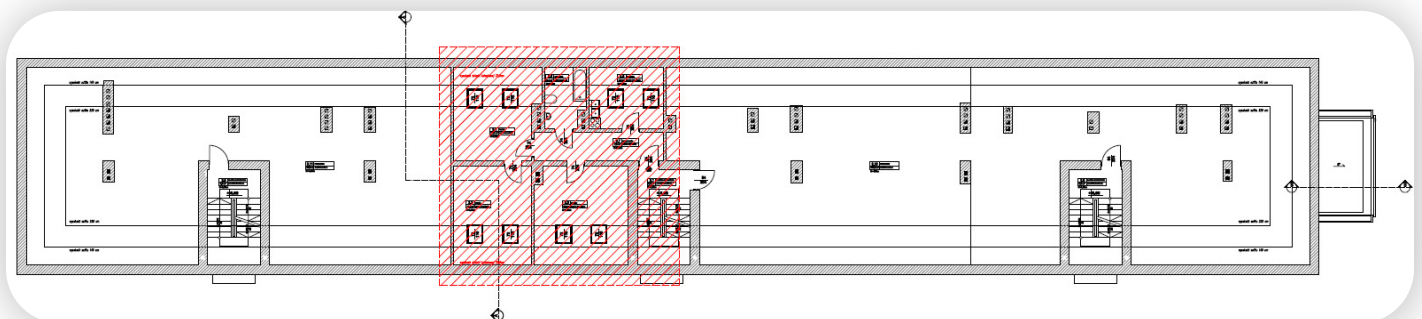
Na podstawie wykonanych obliczeń przedstawiono efekty płynące z zastosowanych zabiegów termomodernizacyjnych w zakresie obudowy, dla przyjętych założeń budowlanych, instalacyjnych i użytkowych budynku modelowego.

Tab. 67. Wykaz średnich miesięcznych temperatur dla stacji klimatycznej Wrocław.

Obliczenia zapotrzebowania budynku na energię wykonano przy następujących założeniach:

- bilans energetyczny budynku wykonany zgodnie z metodologią określoną w rozporządzeniu [5.4] (metodologia świadectw charakterystyki energetycznej);
- obliczenia zapotrzebowania budynku na energię użytkową wykonano na podstawie danych klimatycznych bazy WROCŁAW;
- przyjęta temperatura eksploatacyjna w strefie ogrzewanej budynku: 20°C i 24°C;
- strefa ogrzewana w budynku obejmuje kondygnacje mieszkalne (z wyłączeniem nieogrzewanych klatek schodowych) wraz z lokalem mieszkalnym zaadaptowanym z części poddasza;
- strefy nieogrzewane obejmują klatki schodowe, piwnice, poddasza budynku (z wyłączeniem lokalu mieszkalnego w segmencie środkowym);
- obliczona powierzchnia o regulowanej temperaturze: 1308,27 m²;
- obliczona kubatura o regulowanej temperaturze powietrza: 3254,06 m³;
- wartość obciążenia cieplnego pomieszczeń wewnętrznych zyskami ciepła $q_{int} = 7,1 \text{ W/m}^2$ (zgodnie z tabelą 26 w rozporządzeniu [5.4]);
- pojemność cieplna przegród C_m obliczona metodą dokładną;
- wentylacja grawitacyjna;

miesiąc	t_e [°C]
I	-0,4
II	-0,7
III	2,8
IV	7,3
V	12,7
VI	17,3
VII	16
VIII	17,8
IX	13,4
X	8,9
XI	3,8
XII	-1,1



il. 118. Schematyczny rzut poddasza z zaznaczeniem miejsca występowania mieszkania.

- w analizowanym budynku brak centralnego systemu grzewczego. Lokale ogrzewane za pomocą indywidualnych źródeł grzewczych, wśród których wymienia się:
 - indywidualne piece węglowe:
 - procentowy udział w rocznym zapotrzebowaniu budynku na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji: $X_i = 43\%$;
 - średnia sezonowa sprawność wytwarzania ciepła z nośnika energii lub dostarczonego źródła ciepła: $\eta_{H,g} = 0,60$;
 - średnia sezonowa sprawność regulacji i wykorzystania ciepła w przestrzeni ogrzewanej: $\eta_{H,e} = 0,70$;
 - średnia sezonowa sprawność przesyłu ciepła ze źródła ciepła do przestrzeni ogrzewanej: $\eta_{H,d} = 1,00$;
 - średnia sezonowa sprawność akumulacji ciepła w elementach pojemnościowych systemu grzewczego: $\eta_{H,s} = 1,00$;
 - średnia sezonowa sprawność całkowita systemu grzewczego $\eta_{H,tot} = \eta_{H,g} \cdot \eta_{H,e} \cdot \eta_{H,d} \cdot \eta_{H,s} = 0,60 \cdot 0,70 \cdot 1,00 \cdot 1,00 = 0,42$
 - indywidualne kotły gazowe dwufunkcyjne z zamkniętą komorą spalania:
 - procentowy udział w rocznym zapotrzebowaniu budynku na energię użytkową do ogrzewania i wentylacji: $X_i = 57\%$;
 - średnia sezonowa sprawność wytwarzania ciepła z nośnika energii lub dostarczonego źródła ciepła: $\eta_{H,g} = 0,87$;
 - średnia sezonowa sprawność regulacji i wykorzystania ciepła w przestrzeni ogrzewanej: $\eta_{H,e} = 0,88$;
 - średnia sezonowa sprawność przesyłu ciepła ze źródła ciepła do przestrzeni ogrzewanej: $\eta_{H,d} = 1,00$;
 - średnia sezonowa sprawność akumulacji ciepła w elementach pojemnościowych systemu grzewczego: $\eta_{H,s} = 1,00$;
 - średnia sezonowa sprawność całkowita systemu grzewczego $\eta_{H,tot} = \eta_{H,g} \cdot \eta_{H,e} \cdot \eta_{H,d} \cdot \eta_{H,s} = 0,87 \cdot 0,88 \cdot 1,00 \cdot 1,00 = 0,77$
- w analizowanym budynku ciepła woda przygotowywana przez użytkowników za pomocą indywidualnych źródeł grzewczych, wśród których wymienia się:
 - elektryczne podgrzewacze przepływowe:
 - procentowy udział w rocznym zapotrzebowaniu budynku na energię użytkową do przygotowania ciepłej wody użytkowej: $X_j = 43\%$;
 - średnia roczna sprawność wytwarzania ciepła z nośnika energii lub energii dostarczanych do źródła ciepła: $\eta_{W,g} = 0,99$;
 - średnia roczna sprawność wykorzystania ciepła (przyjmuje się 1): $\eta_{W,e} = 1,00$;
 - średnia roczna sprawność przesyłu ciepła ze źródła ciepła do zaworów czerpalnych: $\eta_{W,d} = 0,80$;
 - średnia roczna sprawność akumulacji ciepła w elementach pojemnościowych systemu przygotowania ciepłej wody użytkowej: $\eta_{W,s} = 1,00$;
 - średnia roczna sprawność całkowita systemu przygotowania ciepłej wody użytkowej $\eta_{W,tot} = \eta_{W,g} \cdot \eta_{W,e} \cdot \eta_{W,d} \cdot \eta_{W,s} = 0,99 \cdot 1,00 \cdot 0,80 \cdot 1,00 = 0,79$
 - indywidualne kotły gazowe dwufunkcyjne z zamkniętą komorą spalania:
 - procentowy udział w rocznym zapotrzebowaniu budynku na energię użytkową do przygotowania ciepłej wody użytkowej: $X_j = 57\%$;
 - średnia roczna sprawność wytwarzania ciepła z nośnika energii lub energii dostarczanych do źródła ciepła: $\eta_{W,g} = 0,83$;

- średnia roczna sprawność wykorzystania ciepła (przyjmuje się 1): $\eta_{w,e} = 1,00$;
 - średnia roczna sprawność przesyłu ciepła ze źródła ciepła do zaworów czterpalnych: $\eta_{w,d} = 0,80$;
 - średnia roczna sprawność akumulacji ciepła w elementach pojemnościowych systemu przygotowania ciepłej wody użytkowej: $\eta_{w,s} = 1,00$;
 - średnia roczna sprawność całkowita systemu przygotowania ciepłej wody użytkowej $\eta_{w,tot} = \eta_{w,g} \cdot \eta_{w,e} \cdot \eta_{w,d} \cdot \eta_{w,d} = 0,83 \cdot 1,00 \cdot 0,80 \cdot 1,00 = 0,66$
- sprawności systemu ogrzewania i przygotowania ciepłej wody użytkowej przyjęto na podstawie tabel zamieszczonych w rozporządzeniu [5.4];
 - w ramach opracowania nie modyfikuje się systemu ogrzewania i przygotowania ciepłej wody użytkowej – w stanie przed i po termomodernizacji bazuje się na tych samych sprawnościach składowych systemów;
 - w analizowanym budynku występują źródła ciepła, które zasilane są z trzech rodzajów paliw: węgla kamiennego (indywidualne piece węglowe), gazu ziemnego wysokometanowego (kotły gazowe dwufunkcyjne) oraz energii elektrycznej (przepływowe podgrzewacze elektryczne). Dla poszczególnych rodzajów paliw przyjęto następujące stawki brutto za 1 GJ energii cieplnej (dane na listopad 2021 r.):
 - węgiel kamienny: 48,43 zł/GJ (na podstawie przeciętnej średniorocznej ceny detalicznej 1 t węgla podanej na stronie internetowej Głównego Urzędu Statystycznego),
 - gaz ziemny wysokometanowy: 58,84 zł/GJ (na podstawie ceny za paliwo gazowe przeznaczone do celów opałowych dla grupy taryfowej W-1.1 w taryfie PGNiG Obrót Detaliczny oraz stawki opłaty zmiennej dla taryfy W-1.1_WR w taryfie Polskiej Spółki Gazownictwa dla usług dystrybucji paliw gazowych w obrębie obszaru wrocławskiego);
 - energia elektryczna: 166,67 zł/GJ (na podstawie średniej ceny za 1 kWh energii elektrycznej na obszarze południowo-zachodniej Polski);
 - obliczenia zapotrzebowania budynku na energię użytkową QU przeprowadzono w programie komputerowym ARCADIA TERMOCAD 7.6.

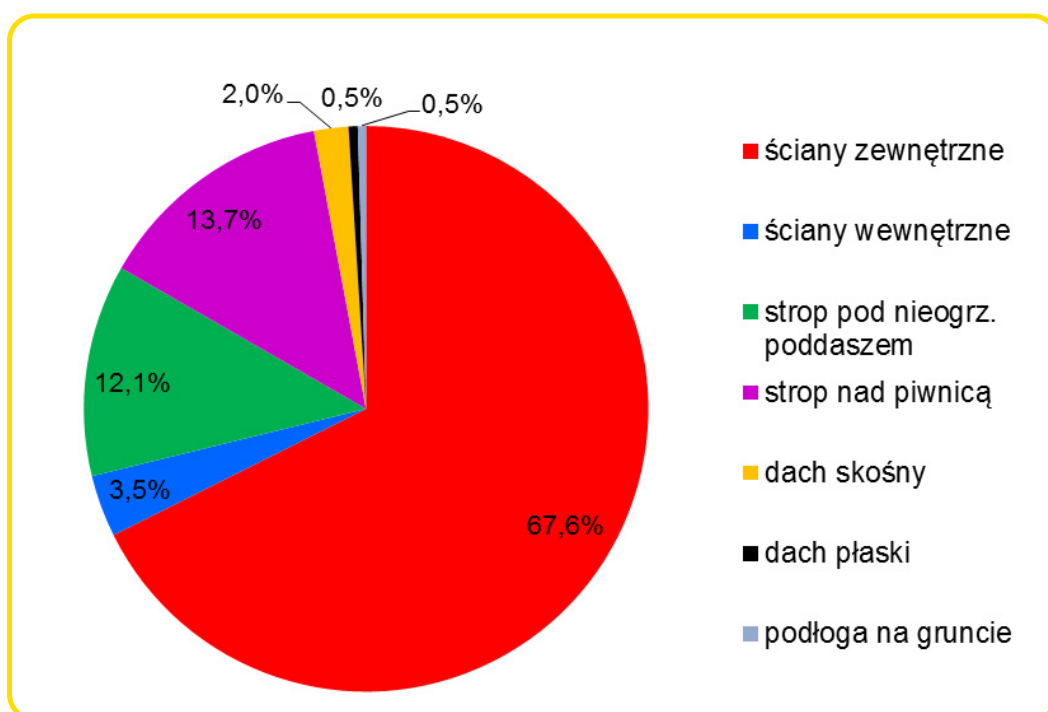
9.2. WYNIKI ZAPOTRZEBOWANIA BUDYNKU NA ENERGIĘ

Obliczenia energetyczne w programie komputerowym wykonano w oparciu o założenia ogólne wskazane w punkcie 9.1 z uwzględnieniem wartości współczynników przenikania ciepła U przegród ograniczających strefę ogrzewaną obliczonych w punkcie 8 opracowania i zestawionych w tabeli 68.

Tab. 68. Zestawienie przegród poddanych pracom termomodernizacyjnym, ujętych w obliczeniach energetycznych.

L.p.	Współczynnik przenikania ciepła przed modernizacją [W/(m ² ·K)]	Współczynnik przenikania ciepła po modernizacji [W/(m ² ·K)]
Ściana zewnętrzna frontowa	1,46	0,20
Ściana zewnętrzna szczytowa od strony ulicy Modrzewiowej	1,46	0,28
Ściany zewnętrzne (pozostałe)	1,46	0,20
Ściany wewnętrzne	2,20	0,27
Strop pod nieogrzewanym poddaszem	0,66	0,14
Strop nad piwnicą	0,93	0,22
Dach skośny	0,41	0,13
Dach płaski	1,04	0,15
Podłoga na gruncie	0,92	0,27

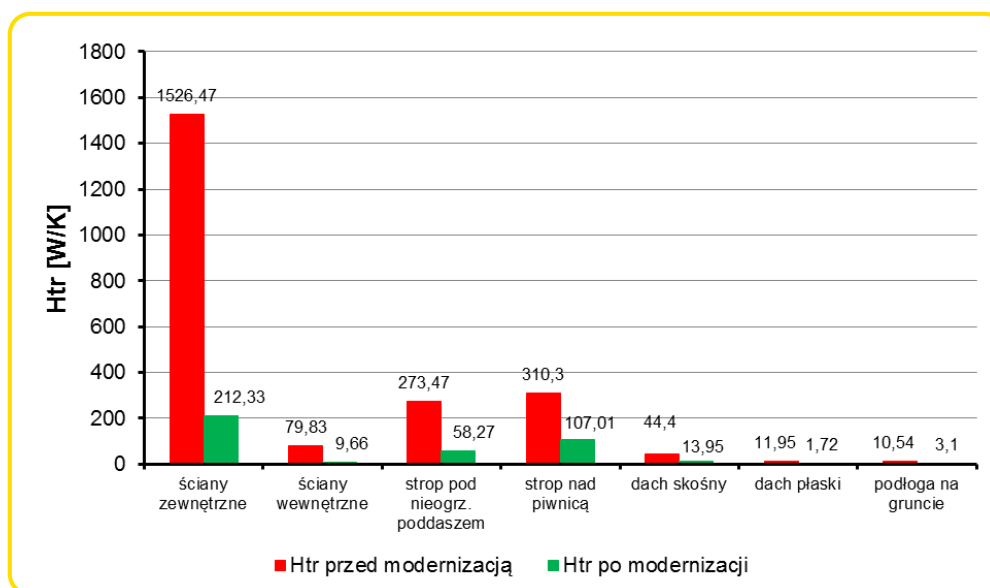
W stanie istniejącym udział poszczególnych przegród pełnych budynku w stratach ciepła przez przenikanie przedstawia się wg rozkładu na ilustracji 119.



il. 119. Wykres kołowy udziału poszczególnych rodzajów przegród w stratach ciepła.

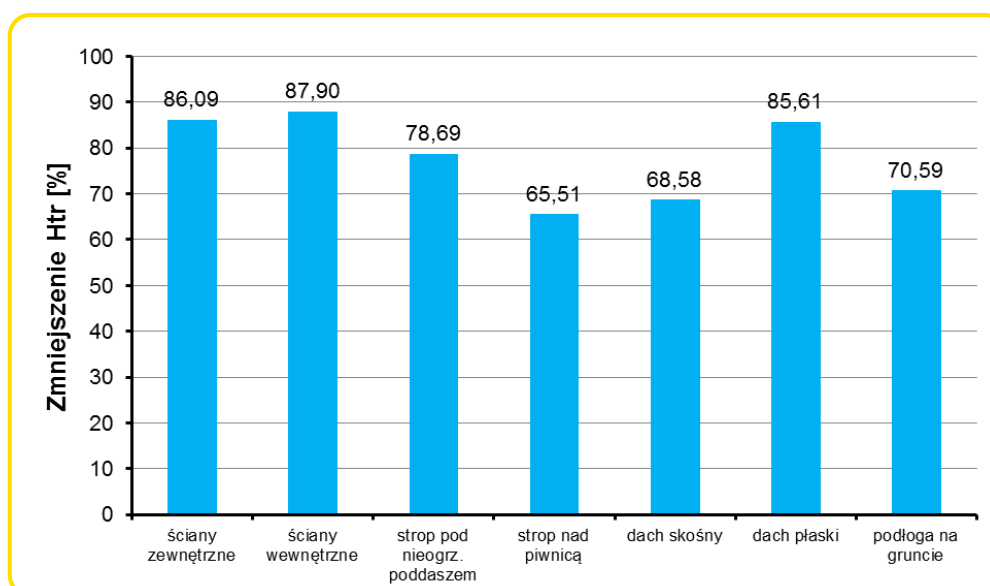
Jak widać na ilustracji 119 dla przyjętego budynku modelowego największy potencjał ograniczenia strat ciepła wykazują ściany zewnętrzne.

Dla określonego stanu cieplnego przegród w stanie istniejącym zastosowano usprawnienia termomodernizacyjne przedstawione w rozdziale 7 niniejszego opracowania. W wyniku termomodernizacji doprowadzono do obniżenia wartości współczynników przenikania ciepła przez przegrody i w konsekwencji do znacznego ograniczenia strat ciepła przez przegrody ograniczające strefę ogrzewaną w budynku. Fakt ten wyrażono poprzez zestawienie współczynników strat ciepła H_{tr} przez poszczególne przegrody dla stanu istniejącego oraz w stanie po modernizacji.



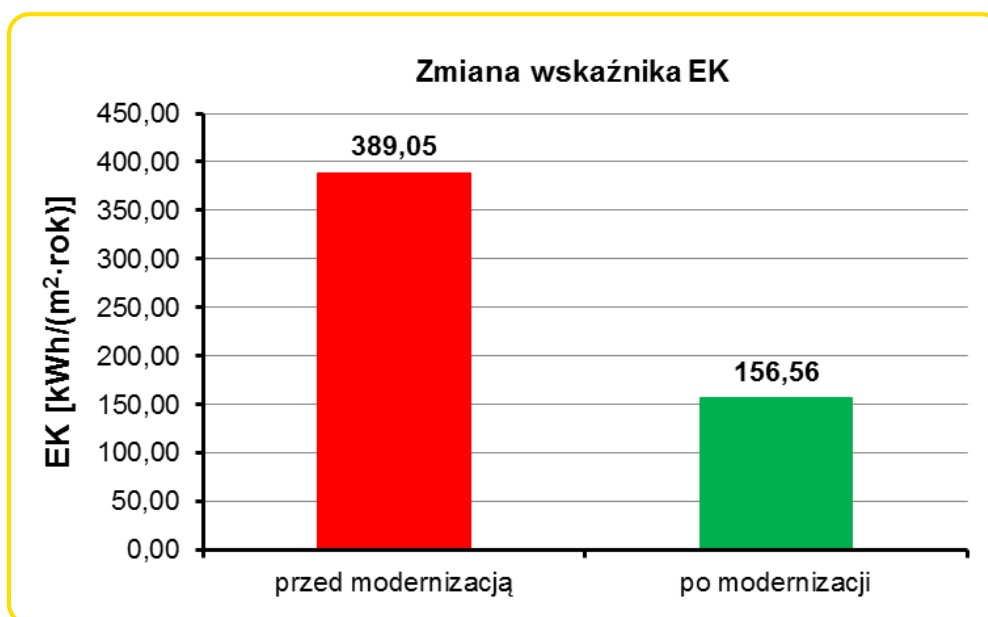
il. 120. Rozkład współczynnika strat ciepła H_{tr} dla modernizowanych przegród w stanie przed i po ociepleniu.

Dodatkowo przedstawiono zestawienie obrazujące poziom zmniejszenia strat ciepła w wyniku termomodernizacji dla poszczególnych przegród ograniczających strefę ogrzewaną (patrz il. 121).

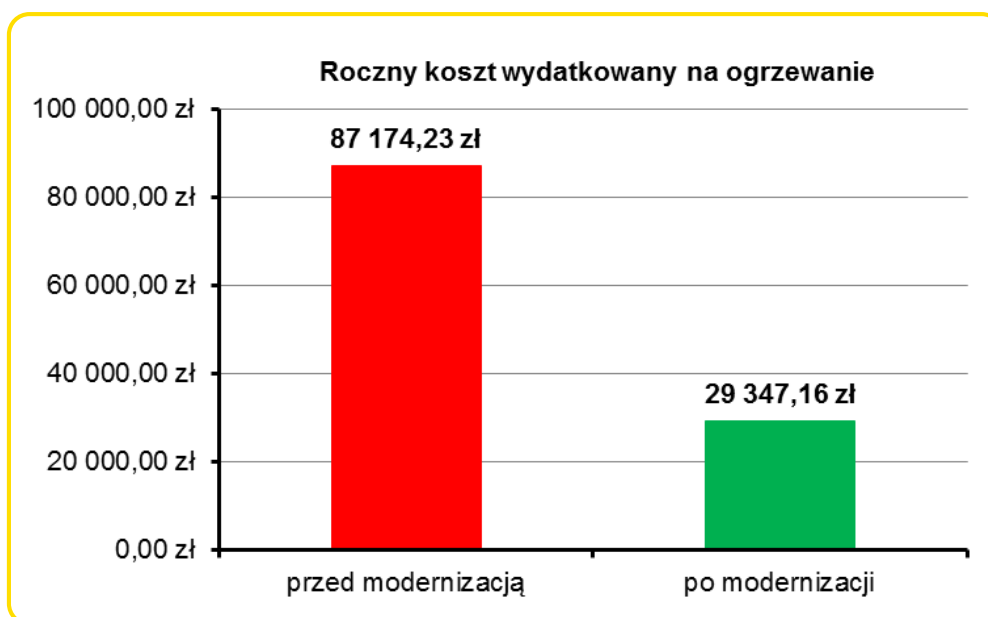


il. 121. Procentowe zmniejszenie współczynnika strat ciepła H_{tr} dla modernizowanych przegród wskutek ocieplenia.

Jak widać, w efekcie zaproponowanych usprawnień termomodernizacyjnych, wszystkie z przegród wykazują znaczące ograniczenie strat ciepła przez przenikanie – powyżej 60%, maksymalnie dochodzące do prawie 88%. Uwzględniając udział, jaki w stratach ciepła przez przenikanie w analizowanym budynku modelowym mają poszczególne przegrody, uzyskano sumaryczną oszczędność rocznego zapotrzebowania na energię końcową na poziomie 60,17%, co przekłada się na znaczne oszczędności kosztów wydatkowanych sezonowo na ogrzewanie budynku – patrz wykresy na il. 122 i 123.



il. 122. Wykres rocznego wskaźnika zapotrzebowania budynku na energię końcową EK w stanie przed modernizacją przegród i po modernizacji przegród.



il. 123. Wykres rocznych kosztów wydatkowanych na potrzeby ogrzewania w stanie przed modernizacją przegród i po modernizacji przegród.

W tabeli 69 zamieszczono wyniki końcowe zapotrzebowania budynku na energię oraz wielkość oszczędności wynikających z zastosowania usprawnień termomodernizacyjnych.

Tab. 69. Wyniki końcowe obliczeń zapotrzebowania budynku na energię.

Parametr	Wynik
Wskaźnik rocznego zapotrzebowania budynku na energię pierwotną EP w stanie przed modernizacją	456,35 kWh/(m ² ·rok)
Wskaźnik rocznego zapotrzebowania budynku na energię pierwotną EP w stanie po modernizacji	200,62 kWh/(m ² ·rok)
Roczne zapotrzebowanie budynku na energię końcową dostarczaną do budynku lub części budynku dla systemów technicznych Q_k w stanie przed modernizacją [kWh/a]	508 975,92 kWh/rok 1 832,31 GJ/rok
Roczne zapotrzebowanie budynku na energię końcową dostarczaną do budynku lub części budynku dla systemów technicznych Q_k w stanie po modernizacji [kWh/a]	204 825,31 kWh/rok 737,37 GJ/rok
Roczna oszczędność zapotrzebowania budynku na energię końcową w wyniku realizacji usprawnień termomodernizacyjnych	304 150,61 kWh 1 094,94 GJ
Procentowa oszczędność rocznego zapotrzebowania na energię końcową	59,76%
Roczna oszczędność kosztów wydatkowanych na ogrzewanie budynku	57 827,07 zł/rok

Poza powyższą analizą, pokazującą wymierne oszczędności płynące z termomodernizacji przegród budynku, istotnym jest sprawdzenie wymagania formalnego związanego ze wskaźnikiem rocznego zapotrzebowania budynku na energię pierwotną **EP**.

Sprawdzenie warunku spełnienia granicznej wartości cząstkowego wskaźnika EP na potrzeby ogrzewania i przygotowania ciepłej wody użytkowej dla budynków wielorodzinnych:

$$EP_{H+W} = 200,62 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok}) > 65 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$$

Analizowany budynek nie spełnia warunku maksymalnej wartości wskaźnika EP_{H+W}. Jednak biorąc pod uwagę fakt, iż obiekt podlegać będzie termomodernizacji, zaś projektowane przegrody zewnętrzne spełniają wymagania izolacyjności cieplnej (z wyjątkiem południowej ściany szczytowej, co wynika z uwarunkowań konserwatorskich), zgodnie z zapisem § 328 ust. 1a (zapis dodany do Warunków Technicznych na mocy Dz.U. 2013 nr 0 poz. 926) przedmiotowy budynek spełnia wymagania określone w § 328 ust. 1 (zapis zmieniony na mocy Dz.U. 2013 nr 0 poz. 926) w zakresie oszczędności energii.

Sprawdzeniu nie podlega:

- ΔEP_C (cząstkowa maksymalna wartość wskaźnika EP na potrzeby chłodzenia) – brak instalacji chłodzenia w przedmiotowym budynku,
- ΔEP_L (cząstkowa maksymalna wartość wskaźnika EP na potrzeby oświetlenia) – brak wymagań dla budynków mieszkalnych (analizowany obiekt jest budynkiem mieszkalnym wielorodzinnym).

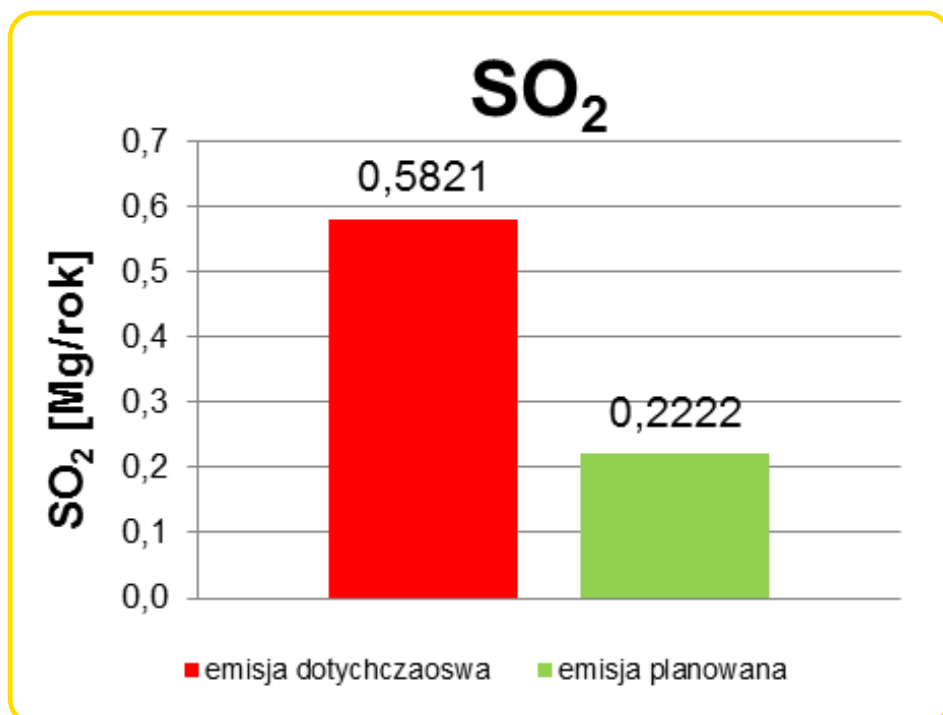
9.3. EFEKT EKOLOGICZNY

Dla analizowanego obiektu obliczono zmniejszenie rocznej emisji zanieczyszczeń powietrza (tzw. efekt ekologiczny).

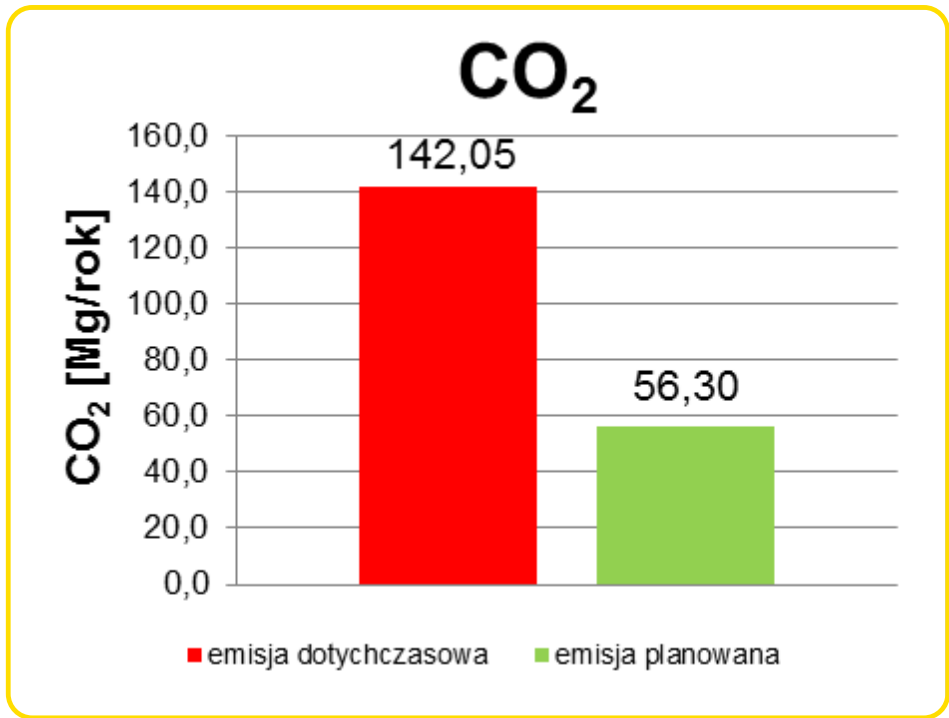
Obliczenia wykonano na podstawie materiałów informacyjnych dostępnych na stronie Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Katowicach (dokument opatrzony tytułem: „Metodologia obliczania efektu ekologicznego”) oraz w oparciu o dane zamieszczone w dokumencie „Wartości opałowe (WO) i wskaźników emisji CO₂ (WE) w roku 2018 do raportowania w ramach Systemu Handlu Uprawnieniami do Emisji za rok 2021” (KOBiZE, Warszawa grudzień 2020 r.) dostępnego na stronie internetowej Krajowego Ośrodka Bilansowania i Zarządzania Emisjami. Wyniki obliczeń efektu ekologicznego dla dwutlenku węgla (CO₂), pyłu oraz dwutlenku siarki (SO₂) zestawiono w tabeli 70.

Tab. 70. Zestawienie wyników efektu ekologicznego dla analizowanego budynku.

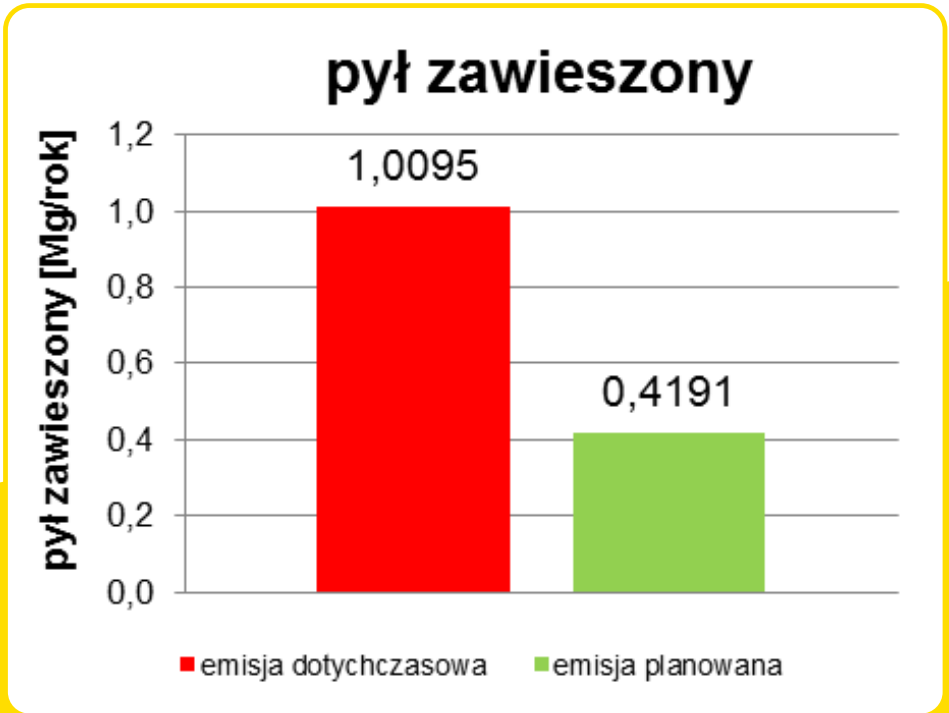
Rodzaj zanieczyszczenia	SO ₂	CO ₂	pył zawieszony
Jednostka	Mg/rok	Mg/rok	Mg/rok
Wielkość emisji w stanie przed modernizacją	0,5821	142,0455	1,0095
Wielkość emisji w stanie po modernizacji	0,2222	56,3017	0,4191
Zmiana bezwzględna	0,3599	85,7438	0,5904
Zmiana względna (w %)	61,83	60,36	58,48



il. 124. Wykres emisji SO₂ w stanie przed modernizacją i po modernizacji.



il. 125. Wykres emisji CO₂ w stanie przed modernizacją i po modernizacji.



il. 126. Wykres emisji pyłu zawieszonego w stanie przed modernizacją i po modernizacji.

Wyniki zestawione w powyższej tabeli pokazują, iż przeprowadzenie termomodernizacji przegród wskazanych w niniejszym opracowaniu pozwoli na ograniczenie emisji gazów i zanieczyszczeń emitowanych przez analizowany budynek o ponad połowę w stosunku do stanu istniejącego.



Saint-Gobain Constructions Products
Polska Sp. z o.o.

44-100 Gliwice, ul. Okrężna 16