Rewaloryzacja i modernizacja budynków historycznych w dobie kryzysu klimatycznego

pod redakcją Tomasza Jeleńskiego

Fundacja Sendzimira · Croatia Green Building Council
2022

Rewaloryzacja i modernizacja budynków historycznych w dobie kryzysu klimatycznego

pod redakcją Tomasza Jeleńskiego

Fundacja Sendzimira · Croatia Green Building Council
2022

Rewaloryzacja i modernizacja budynków historycznych w dobie kryzysu klimatycznego

Autorzy

Wstęp i rozdziały 1, 2.1, 2.2, 2.4, 3.1, 3.2, 3.6, 3.7, 5, 6
Tomasz Jeleński (Politechnika Krakowska)

Rozdziały 2.3, 2.5
Łukasz Konarzewski (Śląski Wojewódzki Konserwator Zabytków) i Tomasz Jeleński (PK)

Rozdziały 3.2, 3.5
Cezary Czemplik (Ogólnopolskie Stowarzyszenie Budownictwa Naturalnego) i Tomasz Jeleński (PK)

Rozdziały 3.3, 4
Anna Zaręba (Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu) i Tomasz Jeleński (PK)

Rozdział 3.4
Robert Wójcik i Piotr Kosiński (Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie)

Rozdział 7
Tomasz Jeleński (PK), Ewelina Pękała i Agnieszka Czachowska (Fundacja Sendzimira)

Przedmowa i wprowadzenie do studium przypadków
Ewelina Pękała (FS)

Redakcja naukowa
Tomasz Jeleński

Recenzenci

dr hab. inż. Anna Ostańska, prof. PL (Politechnika Lubelska)
dr inż. arch. Filip Suchoń (Politechnika Krakowska)

Projekt okładki, opracowanie graficzne i skład
Marcelina Michalczyk

Fotografia na okładce
Ogród Zakładu Narodowego im. Ossolińskich we Wrocławiu. © Anna – stock.adobe.com

Korekta
Dagmara Mańka-Wizor

Redaktorka prowadząca
Ewelina Pękała (FS)

© Copyright by Fundacja Sendzimira
Warszawa 2022

ISBN 978-83-62168-24-8 (wersja drukowana)
ISBN 978-83-62168-25-5 (wersja online)
ISBN 978-83-62168-27-9 (wersja chorwacka drukowana)
ISBN 978-83-62168-28-6 (wersja chorwacka online)
ISBN 978-83-62168-26-2 (wersja anglojęzyczna online)

Wydawca

Fundacja Sendzimira
www.sendzimir.org.pl

Wydrukowano na papierze z recyklingu

Publikacja wydana w ramach projektu „Mitygacja zmian klimatu w budynkach zabytkowych", będącego częścią Europejskiej Inicjatywy Ochrony Klimatu (EUKI). EUKI jest instrumentem finansowania projektów Ministerstwa Gospodarki i Ochrony Klimatu Republiki Federalnej Niemiec (BMWK). Konkurs grantowy EUKI jest realizowany przez Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. Nadrzędnym celem EUKI jest wspieranie współpracy na rzecz klimatu w Unii Europejskiej (UE) w celu ograniczenia emisji gazów cieplarnianych. Opinie przedstawione w niniejszej publikacji są wyłączną odpowiedzialnością autorów i niekoniecznie odzwierciedlają poglądy Ministerstwa Gospodarki i Ochrony Klimatu Republiki Federalnej Niemiec (BMWK).

Projekt realizowany we współpracy z Croatia Green Building Council.

Supported by:

Federal Ministry for Economic Affairs and Climate Action

on the basis of a decision by the German Bundestag

European Climate Initiative EUKI

FUNDACJA SENDZIMIRA

CROATIA GREEN BUILDING COUNCIL
CLIMATE | ENERGY | MOBILITY

Spis treści

Przedmowa | 5

Wstęp | 7

Wyzwania głębokiej termomodernizacji | 8
Wyzwania ochrony dziedzictwa architektoniczno-budowlanego | 9

1. Strategie mitygacji zmian klimatu | 11

1.1. Rewaloryzacja lub renowacja energetyczna | 12
1.1.1. Jak rozumiemy pojęcie termomodernizacji | 12
1.2. Zużycie energii i zapotrzebowanie na energię | 16
1.3. Ślad węglowy i cykl życia budynku | 18
1.3.1. Analiza śladu węglowego | 19
1.3.2. Projektowanie dla redukcji śladu węglowego | 20
1.3.3. Kosztorysowanie cyklu życia | 23
1.4. Projektowanie uniwersalne | 25
Bibliografia rozdziału 1. | 26

2. Ochrona zabytków | 27

2.1. Cele i zasady ochrony dziedzictwa architektoniczno-budowlanego | 28
2.1.1. Rozwój myśli konserwatorskiej | 28
2.1.2. Podstawowe zasady ochrony zabytków | 29
2.1.3. Podstawowe zagrożenia i potrzeby ochrony | 30
2.2. Specyfika ochrony obszarowej | 31
2.3. System ochrony zabytków w Polsce | 32
2.4. Podstawowe definicje i zakresy zabiegów konserwatorskich oraz interwencji modernizacyjnych | 34
2.5. Termomodernizacja budynków zabytkowych w praktyce | 39
2.5.1. Ochrona wnętrz historycznych | 39
2.5.2. Ochrona historycznych elewacji | 41
2.5.3. Najczęściej popełniane błędy | 42
Bibliografia rozdziału 2. | 43

3. Elementy budynku: problemy i rozwiązania | 45

3.1. Fundamenty, piwnice i przyziemie | 46
3.1.1. Zawilgocenie strefy podziemnej i przyziemia | 46
3.1.2. Osuszanie i ochrona przed wilgocią | 47
3.1.3. Typowe przyczyny strukturalnego zawilgocenia | 48
3.1.4. Próby rozwiązań technicznych i typowe błędy | 49
3.1.5. Identyfikacja przyczyn zawilgocenia | 50
3.1.6. Eliminacja przyczyn zawilgocenia | 51
3.1.7. Warunki stosowania izolacji przeciwwilgociowych i przeciwwodnych | 54
3.1.8. Zastosowanie izolacji | 55
3.2. Ściany zewnętrzne | 58
3.2.1. Izolowanie ścian a fizyka budowli | 59
3.2.2. Materiały ścienne | 61
3.2.3. Wybór lokalizacji docieplenia | 63
3.2.4. Docieplanie a dyfuzyjność – dobór materiałów | 64
3.2.5. Przygotowanie ścian do docieplenia | 65
3.2.6. Docieplenie zewnętrzne | 66
3.2.7. Materiały i techniki izolacyjne stosowane w budownictwie naturalnym | 69
3.2.8. Tynki izolacyjne zewnętrzne i wewnętrzne | 71

3.2.9. Docieplenia wewnętrzne | 71
3.2.10. Roślinność elewacyjna i bioróżnorodność | 75
3.3. Stolarka otworowa | 77
3.3.1. Odnowa oryginalnej stolarki | 77
3.3.2. Modernizacja stolarki | 78
3.3.3. Osadzenie okien i drzwi | 79
3.3.4. Wymiana stolarki | 79
3.3.5. Osłony przeciwsłoneczne | 80
3.4. Stropy i stropodachy | 82
3.4.1. System przeciwkondensacyjny | 86
3.4.2. Docieplanie stropów nad nieogrzewanymi piwnicami | 88
3.4.3. Docieplanie stropodachów | 88
3.5. Dachy strome | 91
3.5.1. Konserwacje i naprawy dachów | 91
3.5.2. Docieplenia dachu: szczelność powietrzna i wentylacja | 92
3.5.3. Adaptacje strychów, remonty dachów i nadbudowy | 94
3.5.4. Pokrycie dachu | 95
3.5.5. Naturalne materiały izolacyjne | 97
3.5.6. Izolacje termorefleksyjne i próżniowe | 98
3.6. Wentylacja | 99
3.6.1. Renowacja wentylacji grawitacyjnej | 100
3.6.2. Projektowanie wentylacji mechanicznej | 101
3.6.3. Dobór systemu wentylacji mechanicznej | 102
3.7. System grzewczy | 106
3.7.1. Źródło ciepła | 106
3.7.2. Dobór źródeł energii i urządzeń grzewczych | 108
3.7.3. Specyfika ogrzewania zabytków | 113
Bibliografia rozdziału 3. | 116

4. Ogrody, podwórza i zieleń miejska | 121
4.1. Rozwiązania oparte na przyrodzie (NBS) | 123
4.1.1. Zagospodarowanie wód opadowych | 126
4.2. Zielone pokrycie dachu | 127
Bibliografia rozdziału 4. | 128

5. Pozyskiwanie energii odnawialnej | 129
5.1. Energia z otoczenia | 131
5.2. Fotowoltaika | 132
5.2.1. Fotowoltaika na budynkach zabytkowych i w obszarach chronionych | 133
5.3. Kolektory słoneczne | 134
5.4. Energia geotermalna i gruntowe pompy ciepła | 135
5.5. Biomasa | 136
5.6. Turbiny wiatrowe | 138
Bibliografia rozdziału 5. | 139

6. Algorytmy optymalnego zakresu renowacji energetycznej | 141

7. Studia przypadków | 145
7.1. Wprowadzenie | 146
7.2. Budynek mieszkalno-usługowy z początku XX w. | 151
7.3. Budynek dawnej wartowni w zespole koszar kawalerii | 154
7.4. Budynek Liceum Ogólnokształcącego nr 1 | 158
7.5. Budynek mieszkalny wielorodzinny | 162
7.6. Przedszkole Vjeverica | 166

Spis ilustracji | 170

Przedmowa

Ewelina Pękała · Fundacja Sendzimira

W latach dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku, kiedy Fundacja Sendzimira rozpoczynała swoją działalność, świadomość katastrofalnych dla ludzkości i bioróżnorodności zmian klimatu posiadało wąskie grono naukowców, aktywistów i osób publicznych. Naszym celem było rozpowszechnianie akademickiej i praktycznej wiedzy o zasadach zrównoważonego rozwoju, by stała się inspiracją dla większego grona osób reprezentujących różne grupy społeczne i zawodowe. Wiedzieliśmy, że skuteczność edukacji wymaga współpracy wielu środowisk, więc w realizowanych przez nas projektach stawialiśmy na wymianę doświadczeń, a także partycypacyjne procesy identyfikowania wyzwań i możliwości. Zwiększaniu świadomości i rozpowszechnianiu eksperckiej wiedzy służyły kursy, studia podyplomowe, warsztaty oraz publikacje o charakterze naukowym i popularyzatorskim.

Do 2022 r. mitygacja zmian klimatu i adaptacja do ich skutków stały się celem większości środowisk, organizacji, rządów oraz samorządów lokalnych. Dążenie do spełnienia celów klimatycznych dotyka niemal każdej dziedziny życia i nauki. Za ambitnymi założeniami i planami muszą iść działania, do realizacji których potrzebne są praktyczne wskazówki, katalogi możliwych rozwiązań i opisy dobrych praktyk. Jednym z najważniejszych obecnie wyzwań jest ograniczenie energochłonności i śladu węglowego budynków oraz sektora budowlanego.

W wielu krajach, w tym przede wszystkim w Unii Europejskiej, podjęto już konkretne działania dla podniesienia efektywności energetycznej budynków nowych i remontowanych. Dostępnych jest też wiele publikacji dotyczących termomodernizacji budynków epoki późnego modernizmu, przede wszystkim masowego budownictwa mieszkaniowego z drugiej połowy XX w. Wyzwaniem pozostają budynki historyczne, wznoszone przy użyciu tradycyjnych technologii, w tym obiekty objęte ochroną konserwatorską.

Odpowiednia konserwacja, rewaloryzacja albo modernizacja takich budynków jest niezbędna do osiągnięcia zeroemisyjności planowanej do 2050 r., ale większość starych budowli nie podlega obowiązkowi dostosowania do warunków technicznych minimalizujących zużycie energii. Ze względu na rosnące koszty ogrzewania takie obiekty są poddawane różnego rodzaju zabiegom renowacyjnym i termomodernizacyjnym. Niewystarczająca wiedza o specyfice tradycyjnego budownictwa wśród właścicieli i zarządców starych budynków, a także wykonawców prac renowacyjnych, jest przyczyną częstych błędów powodujących nieskuteczność, a nawet szkodliwość termomodernizacji.

W 2020 r. rozpoczęliśmy projekt „Mitygacja zmian klimatu w budynkach zabytkowych” we współpracy z Croatia Green Building Council. Projekt uzyskał finansowanie ze środków Europejskiej Inicjatywy Ochrony Klimatu (EUKI). Zaczęliśmy od rozpoznania wyzwań i dostępnych rozwiązań poprzez cykl pogłębionych wywiadów z konserwatorami, architektami, inwestorami, zarządcami budynków historycznych i wykonawcami robót budowlanych.

Kolejnym krokiem było opracowanie kursów e-learningowych, dostępnych w języku polskim i angielskim. W kursach uczestniczyło kilkaset osób, zawodowo związanych z tematem kursu, chcących wzbogacić swoją wiedzę i doświadczenia. Spośród absolwentów i absolwentek szkoleń wyłoniliśmy ponad sto osób, które wzięły udział w warsztatach projektowych w Bielsku-Białej, Koprivnicy, Mysłowicach, Olsztynie, Rijece i Zagrzebiu (o wynikach ich prac piszemy w Rozdziale 7).

Publikacja „Rewaloryzacja i modernizacja budynków historycznych w dobie kryzysu klimatycznego" jest rezultatem tego dwuletniego procesu i efektem pracy interdyscyplinarnej grupy ekspertów i ekspertek. Książkę kierujemy do szerokiego grona odbiorców, którzy poszukują wskazówek:

- jak poprawić warunki higieniczne, dobrostan i jakość życia w starych budynkach,
- jak odpowiednio wentylować wnętrza, unikać zawilgoceń, zmniejszać ryzyko podtopień, równocześnie ograniczając koszty ogrzewania, zanieczyszczenia pyłowe i emisję CO_2,
- jak nie narażać przy tym historycznych obiektów na utratę wartości estetycznych lub zabytkowych, ale zapewnić im trwanie, dla kolejnych pokoleń, jako cennych elementów środowiska kulturowego.

Ważną dla nas grupą czytelników są inwestorzy publiczni i prywatni, a także pracownicy i pracowniczki jednostek samorządu terytorialnego, którzy planują prace termomodernizacyjne na szeroką skalę. Mamy nadzieję, że dzięki zawartym w publikacji wskazówkom łatwiej będzie Państwu dobrać optymalne zakresy działań, technologie i materiały bezpieczne dla budynków, skutecznie ograniczające finansowe i środowiskowe koszty podejmowanych prac, koszty użytkowania obiektów po renowacji oraz ich całkowity ślad węglowy.

Dziękujemy wszystkim naszym rozmówcom i rozmówczyniom, ekspertom, ekspertkom i praktykom reprezentującym różne strony procesów konserwacji i termomodernizacji, którzy znaleźli czas, aby podzielić się z nami swoją wiedzą. Wielość perspektyw i punktów widzenia postrzegamy jako ogromną wartość naszego projektu. Podziękowania składamy także uczestnikom i uczestniczkom warsztatów, którzy testowali prezentowane w tej publikacji algorytmy i pomogli w ich dopracowaniu. Jesteśmy przekonani, że tylko dzięki szerokiej partycypacji i dialogowi możliwe jest lepsze zrozumienie wyzwań oraz rzeczywistego potencjału rewaloryzacji i modernizacji budynków historycznych w dobie kryzysu klimatycznego.

Wstęp

Tomasz Jeleński
• Politechnika Krakowska

Wyzwania głębokiej termomodernizacji

Tylko 0,5–1% światowego zasobu budynków rocznie poddawane jest zabiegom, pozwalającym na zmniejszenie zużycia w nich energii i niekorzystnego wpływu na klimat. Aby osiągnąć cel redukcji emisji gazów cieplarnianych wyznaczony w porozumieniu paryskim, konieczne jest znaczne zwiększenie tempa i zakresu takich zabiegów.[1]

Istotny wpływ na zmniejszenie węglowego śladu sektora budowlanego będzie miało również ograniczenie nowych inwestycji budowlanych dzięki pełniejszemu wykorzystaniu istniejących zasobów. Można to osiągnąć tylko przez podnoszenie standardów użytkowych starych budynków, co wydłuży ich żywotność, szczególnie w kontekście starzejącego się społeczeństwa.

Coraz więcej historycznych budynków jest opuszczanych albo zamieszkiwanych tylko przez ludzi ubogich i starzejących się. Budynki te nie zapewniają podstawowego komfortu cieplnego; najczęściej nie mają wind, a wiele mieszkań nie ma toalet i łazienek. W budynkach, w których stale przebywają ludzie, niezbędna jest poprawa warunków bytowych i ograniczenie kosztów, zwłaszcza w kontekście tzw. ubóstwa energetycznego: sprawne i czyste ogrzewanie, usprawnienia wentylacji, osuszenie lub docieplenie. Wśród podstawowych wymogów trzeba też wymienić projektowanie uniwersalne, znoszące bariery architektoniczne i inne ograniczenia dostępności (patrz Rozdział 1.4).

Według założeń Długoterminowej Strategii Renowacji do 2050 roku 66% budynków w Polsce zostanie doprowadzonych do standardu pasywnego, a 21% do standardu energooszczędnego. Pozostałe 13% budynków, których z przyczyn technicznych bądź ekonomicznych nie da się tak głęboko zmodernizować, trafi do przedziału efektywności 90–150 kWh/(m^2·rok).[2] Budynki mieszkalne zbudowane przed 1944 rokiem stanowią aż 26% krajowego zasobu mieszkaniowego.[3] Z porównania tych danych wynika, że połowa zasobu mieszkaniowego zbudowanego przed 1944 r. będzie musiała być doprowadzona przynajmniej do standardu niskoenergetycznego. Pozostała część powinna być dostosowana do przejścia na zasilanie z niskotemperaturowych sieci ciepłowniczych lub bezpośrednio z odnawialnych źródeł energii (OZE).

Opłacalna pod względem ekonomicznym termomodernizacja samych tylko budynków mieszkalnych w Polsce ma przynieść oszczędności energii końcowej (EK) sięgające 147 TWh (ok. 75% obecnego poziomu zapotrzebowania), redukcję emisji CO_2 o ponad 37 mln ton rocznie (ok. 10% całkowitej rocznej emisji gazów cieplarnianych w Polsce) oraz redukcję emisji pyłów (PM) o ok. 89 tys. ton rocznie (ok. 25% całkowitej krajowej emisji pyłów).[4]

Wpływ budynków na środowisko i klimat określa się najczęściej za pomocą wskaźników uniwersalnych, takich jak efektywność energetyczna i ślad węglowy (patrz Rozdział 1). Wpływ ten dotyczy także zjawisk zachodzących w bezpośrednim otoczeniu budynku, np. jego udziału w emisji zanieczyszczeń pyłowych, pogłębianiu efektu miejskiej wyspy ciepła lub zwiększaniu spływu powierzchniowego wód opadowych. Potencjał ograniczenia tych negatywnych zjawisk zależy od lokalizacji danego budynku, jego konstrukcji,

1 Architecture2030, *Why the building sector?* https://architecture2030.org/buildings_problem_why/ (sierpień 2021).

2 BIP, *Projekt uchwały Rady Ministrów w sprawie przyjęcia „Długoterminowej strategii renowacji budynków"*, MRPiT 09.06.2021. https://www.gov.pl/web/premier/projekt-uchwaly-rady-ministrow-w-sprawie-przyjecia-dlugoterminowej-strategii-renowacji-budynkow2 (wrzesień 2021).

3 Mańkowski Stanisław, Szczechowiak Edward (red.), *Opracowanie optymalnych energetycznie typowych rozwiązań strukturalno-materiałowych i instalacyjnych budynków*, Zamieszkane Budynki. Narodowy Spis Powszechny Ludności i Mieszkań 2011, GUS 2013.

4 BIP, op.cit.

izolacji, wentylacji, systemów i urządzeń grzewczych, oraz możliwości wykorzystania OZE (patrz Rozdziały 3 i 5). Wiele zależy również od czynników zewnętrznych, np. możliwości podłączenia do sieci ciepłowniczej.

Ważnym, często niedocenianym, elementem poprawiającym uwarunkowania i odporność klimatyczną budynków oraz zmniejszającym ich zapotrzebowanie na energię, jest zieleń – otaczająca lub zintegrowana z budynkiem. Rośliny mogą nie tylko poprawiać estetykę budynku i komfort przebywania w jego otoczeniu, ale także chronić go przed przegrzaniem, podtapianiem lub zawilgoceniem (patrz Rozdział 4).

Wyzwania ochrony dziedzictwa architektoniczno-budowlanego

Dla budynków zabytkowych i w strefach ochrony konserwatorskiej najważniejszymi czynnikami zewnętrznymi są kulturowe i prawne ograniczenia dopuszczalnych modernizacji, wynikające z zasad ochrony dziedzictwa (patrz Rozdział 2). Nie wszystkie rozwiązania wpływające na oszczędności eksploatacyjne i ochronę klimatu są możliwe do zastosowania w konkretnym budynku historycznym. Każdy obiekt posiada inną historię, dlatego zakres prac rewaloryzacyjnych lub termomodernizacyjnych trzeba określać indywidualnie dla każdego budynku i z uwzględnieniem wiedzy konserwatorskiej. Wiedza ta ma zastosowanie zarówno do zabytków rejestrowych, jak i wszystkich innych obiektów zbudowanych tradycyjnymi technikami.

Niewielka liczba specjalistów z dziedziny konserwacji oraz problemy w komunikacji pomiędzy różnymi aktorami procesów rewaloryzacyjnych i renowacyjnych – inwestorami, projektantami i konserwatorami – bardzo utrudniają szerokie stosowanie praktyk konserwatorskich (patrz Rozdział 2.4). Z przeprowadzonych przez nas wywiadów wynika, że nawet podstawowa wiedza o konserwacji budynków jest słabo rozpowszechniona. Ponadto zalecenia i wytyczne konserwatorskie są często ignorowane. Wpływ na to mają popularne mity, np. o kosztowności zabiegów konserwatorskich, o ich wyłącznie estetycznym znaczeniu lub o większej skuteczności nowoczesnych technologii. Tymczasem zagrożeniem dla zdrowia budynku i jego użytkowników jest nie tylko zaniedbanie, ale również, a może przede wszystkim, nieprzemyślane, nieodpowiednie działanie. Podejście konserwatorskie ma na celu ochronę przed destrukcyjnym oddziaływaniem czasu i ludzkich błędów. Przy renowacjach i modernizacjach błędy zdarzają się bardzo często, prowadząc do zachwiania równowagi klimatycznej budynku, a następnie niszczenia jego substancji, pogorszenia klimatu wewnętrznego, zwiększenia energochłonności obiektu i dobrostanu jego użytkowników.

Podczas rewaloryzacji albo modernizacji budynków historycznych mamy do czynienia z szeregiem zależności, które wymagają bardzo szerokiej analizy wpływu zastosowanych materiałów i technologii na zdrowie ludzi, fizykę budynku, jego zapotrzebowanie na energię, ogólną użyteczność oraz zachowanie substancji historycznej i dziedzictwa kulturowego. W niniejszej publikacji próbujemy spojrzeć na te różnorodne zagadnienia z kilku perspektyw: konserwatorskiej, modernizacyjnej, teoretycznej i praktycznej.

Podstawową kwestią, która łączy teorię z praktyką i wymaga znajomości zasad konserwacji oraz rzeczywistego potencjału nowych technologii, jest określenie kryteriów, jakie należałoby stosować, aby nasze decyzje dotyczące zakresu prac, głębokości ingerencji, użycia określonych technologii i materiałów, były zdrowe, przyjazne środowisku, zrównoważone ekonomicznie i nie zagrażały wartościom kulturowym budynku oraz jego otoczenia.

Zrównoważone projektowanie (konserwatorskie albo modernizacyjne) opiera się na rozumieniu związków i zależności pomiędzy różnymi zjawiskami i przewidywaniu długotrwałych skutków decyzji projektowych. Trzeba poszukiwać rozwiązań, które przynoszą pozytywne skutki w kilku aspektach. Odpowiedni zakres zabiegów oraz dobór technologii i materiałów może przynieść poprawę komfortu cieplnego i klimatu wewnętrznego, ochronę przed tzw. syndromem chorego budynku i równoczesne zmniejszenie zużycia energii, emisji zanieczyszczeń powietrza i gazów cieplarnianych. Chodzi więc o efekt synergii, w którym podnosimy użyteczność i efektywność ekonomiczną budynku, równocześnie ograniczając koszty zewnętrzne (w tym wpływ na klimat) oraz podnosząc odporność budynku na zjawiska zagrażające jego stanowi technicznemu i kondycji jego użytkowników.

Aby ułatwić dobór rozwiązań optymalnych dla danego budynku, zamiast wniosków końcowych proponujemy narzędzie oparte na myśleniu algorytmicznym (patrz Rozdział 6). Jest ono funkcjonalnym podsumowaniem treści zwartych w poprzednich rozdziałach. Algorytmy podpowiadają sposób postępowania w procesie analityczno-projektowym, prowadząc nas z określonego stanu początkowego do stanu pożądanego.

1 Strategie mitygacji zmian klimatu

Tomasz Jeleński
• Politechnika Krakowska

1.1. Rewaloryzacja lub renowacja energetyczna

Renowacja energetyczna to pojęcie coraz bardziej popularne, ale niejednoznaczne. Może opisywać różne rodzaje interwencji, od niewielkich usprawnień budynku po głęboką poprawę jego funkcjonalności, w tym zmniejszenie zapotrzebowania na energię i emisji gazów cieplarnianych (śladu węglowego). Pojęcie renowacji energetycznej przeniknęło do języka polskiego jako odpowiednik angielskiego *energy renovation*, ale w kontekście budynków historycznych jest znaczeniowo najbliższe stosowanym przez konserwatorów terminom *rewaloryzacji* albo *modernizacji* (więcej o terminologii konserwatorskiej piszemy w Rozdziale 2.4).

Renowacje energetyczne o najmniejszej skali interwencji dają 0–30% oszczędności energii końcowej, renowacje umiarkowane – 30–60%, głębokie – 60–90%, podczas gdy renowacje prowadzące do standardu nZEB skutkują oszczędnościami przekraczającymi 90%.[5] W tym kontekście renowacja energetyczna jest pojęciem bliskim termomodernizacji, w znaczeniu nadanym przez polskie prawo.

5 Economidou Marina, *Energy renovation, European Energy Efficiency Platform (E3P).* https://e3p.jrc.ec.europa.eu/articles/energy-renovation (maj 2022).

1.1.1. Jak rozumiemy pojęcie termomodernizacji

Termomodernizacja jest błędnie kojarzona przede wszystkim z ocieplaniem elewacji. Wg prawa pojęcie termomodernizacji oznacza każdą inwestycję, służącą redukcji zużycia energii pierwotnej na potrzeby ogrzewania budynku i podgrzewania ciepłej wody użytkowej.[6] Można to realizować poprzez szereg powiązanych ze sobą działań, poprawiających parametry cieplno-wilgotnościowe budynku i sprawność jego systemów, np.:

- naprawę lub korektę systemu odprowadzenia wód opadowych i zabezpieczenie przeciwwilgociowe budynku – osuszenie ścian i zabezpieczenie ich przed zawilgoceniem na skutek podsiąkania kapilarnego,
- docieplanie dachu, stropów oraz podłóg,
- likwidację mostków termicznych, m.in. wokół okien i drzwi,
- konserwację albo modernizację stolarki otworowej,
- ocieplenie ścian zewnętrznych,
- rekuperację ciepła wentylacyjnego,
- modernizację systemu grzewczego, w tym przyłączenie budynku do scentralizowanego źródła ciepła (np. miejskiej sieci ciepłowniczej) albo wymianę (całkowitą lub częściową) źródła energii na zero- lub nisko-emisyjne, w miarę możliwości odnawialne,
- nasadzenia zieleni, wspomagającej efektywność energetyczną budynku oraz poprawiającej klimat zewnętrzny i wewnętrzny.

6 Dz.U. 2008 nr 223 poz. 1459, *Ustawa z dnia 21 listopada 2008 r. o wspieraniu termomodernizacji i remontów oraz o centralnej ewidencji emisyjności budynków* (tekst jednolity: Dz.U. z 2018 r. poz. 966).

Straty cieplne budynku przez ściany zewnętrzne szacowane są średnio na ok. 20–30% ogólnych strat energetycznych. Pozostałe 70–80% ulatuje przez nieefektywny system wentylacji, nieszczelności stolarki otworowej (okien i drzwi), nieocieplone dachy lub stropy oraz mostki cieplne na połączeniach różnych elementów, np. w miejscach osadzenia okien lub płyt balkonowych.

Całkowicie błędne jest więc takie podejście do termomodernizacji, które polega głównie na obłożeniu budynku grubą warstwą izolacji. Takie działanie może przynieść niewielkie oszczędności **energii użytkowej**, równocześnie deformując budynek wizualnie i narażając jego użytkowników na obniżenie jakości środowiska wewnętrznego. W przypadku budynków historycznych efektem często jest utrata wartości architektonicznej: zakrycie elementów sztukatorskich, zmiana głębokości osadzenia stolarki otworowej i ziarnistości lub faktury tynków albo zasłonięcie oryginalnych materiałów konstrukcyjnych, takich jak kamień lub cegła. Zmiana grubości i szerokości ocieplonych ścian zaburza ich proporcje w stosunku do cokołu, gzymsu podokapowego i kalenicy.

Termomodernizacja wykonana w sposób wadliwy lub nieprzemyślany może również doprowadzić do przyspieszonej degradacji budynku oraz narazić właściciela na wysokie koszty naprawy powstałych przez to uszkodzeń.

Zakres termomodernizacji

Decyzja o zakresie i wyborze technologii termomodernizacji powinna być poprzedzona analizą, obejmującą m. in. stan zachowania obiektu, istniejące i projektowane rozwiązania architektoniczne i konstrukcyjne oraz potencjalną zmianę fizyki budynku i warunków klimatycznych we wnętrzach.

Bardzo pomocnym, chociaż kosztownym, elementem analizy jest **audyt energetyczny** (patrz Rozdział 1.2). Jeżeli celem nie jest tylko ograniczenie zużycia energii, ale szerzej pojęta mitygacja zmian klimatu, decyzje powinna poprzedzić również **analiza śladu węglowego** (patrz Rozdział 1.3.1).

Realizacja inwestycji bez wstępnych analiz często prowadzi np. do izolowania obiektów zawilgoconych, co powoduje nieskuteczność ocieplenia oraz – w przypadku izolowania od zewnątrz – sprzyja zagrzybieniu ścian, a w przypadku izolowania od wewnątrz powoduje również niszczenie struktury elewacji w wyniku rozsadzania mrozowego. Zastosowanie styropianu i szczelnych okien przy braku odpowiedniej wentylacji wnętrz może doprowadzić do szybkiej degradacji obiektu poprzez zawilgocenie.

Warunkiem poprawnego zaprojektowania docieplenia jest przeprowadzenie pełnej oceny rozwiązania według następujących kryteriów:

- izolacyjności i rozszerzalności termicznej przegród zewnętrznych,
- dyfuzji pary wodnej,
- głębokości przemarzania,
- pojemności cieplnej ścian,
- mostków termicznych i miejsc powierzchniowej kondensacji wilgoci.

Jeżeli nie możemy lub nie chcemy ocieplać elewacji ze względu na jej wartości architektoniczne, najlepiej pozostawić ją bez żadnej ingerencji poza naprawą uszkodzeń. Mury w budynkach historycznych, zwłaszcza zbudowanych przed I wojną światową, są masywne, cechuje je bardzo duża pojemność cieplna i dobra izolacyjność termiczna (opór cieplny zależy m.in. od grubości przegrody). **Stare budynki, których grubość murów przekracza 40 cm, często nie wymagają docieplenia ścian zewnętrznych.** Należy natomiast rozważyć możliwość ingerencji w pozostałe elementy budynku: renowację okien i uszczelnienie ich osadzenia w ścianie (patrz Rozdział 3.3), likwidację mostków termicznych i docieplenie przegród poziomych, czyli stropu nad piwnicą, stropodachu albo dachu (patrz Rozdziały 3.4 i 3.5). Kolejnym krokiem znacząco ograniczającym zużycie energii, chociaż trudniejszym w realizacji, może być modernizacja systemu wentylacji, umożliwiająca odzysk energii z powietrza wywiewanego (patrz Rozdział 3.6). Korzystne może być wtedy docieplenie budynku od wewnątrz – ten zabieg jest bezpieczny tylko przy bardzo sprawnej wentylacji (poświęcamy temu dużo uwagi w Rozdziałach 3.2 i 3.3).

Zawsze należy rozważyć możliwości wymiany źródeł ciepła, tj. podłączenia do sieci ciepłowniczej albo modernizacji instalacji wewnętrznych z użyciem energii ze źródeł odnawialnych: zastosowania pompy ciepła, paneli fotowoltaicznych lub kolektorów słonecznych (patrz Rozdział 5).

Nie wszystkie rozwiązania, wpływające na oszczędności eksploatacyjne i ochronę klimatu, są możliwe do zastosowania w konkretnym budynku. Każdy obiekt posiada inne uwarunkowania konstrukcyjne i zewnętrzne, dlatego projektant powinien analizować problemy związane z ustaleniem zakresu prac termomodernizacyjnych indywidualnie. Zalecane jest, aby projekty opierać na **audycie energetycznym**, który powinien wykazać, jakie korzyści można uzyskać, stosując konkretne rozwiązania poprawiające właściwości użytkowe obiektu i ograniczające koszty finansowe i środowiskowe, w tym zużycie energii i ślad węglowy, przy jednoczesnym zachowaniu jego walorów historycznych i estetycznych.

Audyt energetyczny

Audyt energetyczny jest procedurą, która określa profil zużycia energii danego budynku lub zespołu budynków oraz optymalny zakres rozwiązań (technicznych, organizacyjnych i formalnych) racjonalizujących i ograniczających zużycie energii. Audyt sporządza się przed opracowaniem projektu termomodernizacji. Jest obiektywną opinią na temat opłacalności określonych rozwiązań.

Audyt powinien być przeprowadzany przez audytora energetycznego i zawierać następujące elementy:

- ocenę właściwości cieplnych budynku, inwentaryzację instalacji zużywających energię oraz określenie charakterystyki energetycznej budynku,
- wskazanie racjonalnych sposobów zmniejszenia zużycia energii,
- ocenę opłacalności każdego z tych rozwiązań,
- wskazanie, które z nich są optymalne dla badanego obiektu kosztowo, pod kątem zużycia energii albo emisji CO_2.

Procedura audytu jest dość skomplikowana, ale jego efektem jest zestawienie kosztów, zysków, czasu zwrotu kosztów i innych wskaźników opłacalności każdego rodzaju modernizacji.[7] Audyt stanowi więc dobrą podstawę do podjęcia świadomej decyzji dotyczącej sposobu modernizacji energetycznej. Przeprowadzenie audytu bywa też warunkiem otrzymania wsparcia finansowego, premii lub dotacji na modernizację budynku lub jego instalacji. Dotyczy to m.in. dofinansowań projektów w ramach Funduszy Europejskich.

7 Dz.U. 2009 nr 43 poz. 346, *Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 17 marca 2009 r. w sprawie szczegółowego zakresu i form audytu energetycznego oraz części audytu remontowego, wzorów kart audytów, a także algorytmu oceny opłacalności przedsięwzięcia termomodernizacyjnego.*

1.2. Zużycie energii i zapotrzebowanie na energię

Każdy budynek w czasie budowy, eksploatacji oraz rozbiórki przyczynia się do zużycia energii. Zużycie to opisuje się za pomocą następujących wskaźników:

- **Energia użytkowa (EU)** [kWh/m^2·rok] to wskaźnik energii niezbędnej do ogrzewania/chłodzenia, wentylacji i przygotowania ciepłej wody użytkowej (CWU). Oblicza się go z bilansu cieplnego zysków i strat ciepła przez przegrody zewnętrzne i wentylację. Wskaźnik EU nie uwzględnia rodzaju ani sprawności systemów grzewczych i wentylacyjnych. Jest wykorzystywany do oceny rozwiązań architektoniczno-budowalnych.
- **Energia końcowa (EK)** [kWh/m^2·rok] to wskaźnik energii bilansowanej na granicy budynku, czyli takiej, którą należy zakupić na potrzeby ogrzewania/chłodzenia, wentylacji i przygotowania CWU, a w budynkach użyteczności publicznej także oświetlenia wbudowanego. Wskaźnik EK określa **sprawność energetyczną budynku,** uwzględniając straty lub zyski wynikające zarówno z zastosowanych rozwiązań architektoniczno-budowalnych, jak i ze sprawności systemów instalacyjnych. Jeżeli wartość EK jest niewiele większa od EU, znaczy to, że w budynku zastosowano wysokosprawne systemy. EK może być niższa od EU, jeżeli w budynku zastosowano OZE. EK jest szczególnie istotna dla użytkownika budynku, gdyż wiąże się bezpośrednio z wydatkami na jego użytkowanie. Budynek o niskim EK jest tani w eksploatacji.
- **Nieodnawialna energia pierwotna (EP)** [kWh/m^{2}rok] to wskaźnik określający zapotrzebowanie budynku na energię nieodnawialną niezbędną do ogrzewania/chłodzenia, oświetlenia, wentylacji i przygotowania CWU. Wskaźnik ten uwzględnia straty przy wytwarzaniu i przesyle energii, a także rodzaj nośnika energii. EP może być większa od EK: od 10% w przypadku zasilania budynku gazem, do 300% przy wykorzystaniu prądu z sieci energetycznej. Niskie wartości EP wskazują na wysoką efektywność ogrzewania i wentylacji i nieznaczne zapotrzebowanie budynku na energię lub wytwarzanie w nim energii odnawialnej. Budynek o niskim EP jest przyjazny dla klimatu.
- **Energia wbudowana** to energia pierwotna, zużyta przy budowie na procesy związane z pozyskaniem surowców, produkcją materiałów, ich transportem, wznoszeniem budynku oraz na przeprowadzanie remontów i konserwacji.
- **Skumulowane zapotrzebowanie na energię (CED)** obejmuje też nakłady potrzebne przy demontażu lub utylizacji. Wskaźnik ten umożliwia projektowanie budynków ograniczające ich negatywny wpływ na środowisko w całym cyklu ich życia. Myślenie w kategoriach cyklu życia budynku najpełniej wspomaga decyzje środowiskowe, chociaż złożoność analizy cyklu życia (LCA – Life Cycle Assessment) utrudnia obecnie jej szerokie zastosowanie (LCA jest szerzej omówiona w Rozdziale 1.3).[8]

8 W literaturze technicznej można znaleźć wartości wskaźników skumulowanej energochłonności wyrobów oraz emisji CO_2 dla podstawowych materiałów budowlanych. Wskaźniki te nie są jednak stałe. Różnice wynikają z rozmaitych procesów produkcyjnych oraz różnych źródeł pochodzenia surowców i energii. Istnieje też gama programów komputerowych do obliczeń LCA, które posiadają swoje bazy danych. W większości są to programy pisane na konkretny rynek. Należy więc stosować przede wszystkim krajowe aplikacje i bazy danych, służące komputerowej optymalizacji projektowania z wykorzystaniem oceny LCA. Węglarz Arkadiusz, Ziembicki Piotr, *Optymalizacja projektowania budynków przyjaznych dla środowiska z wykorzystaniem oceny LCA*. [w] *Fizyka budowli w teorii i praktyce*, t.VII, nr 44/2015. W celu harmonizacji informacji o wpływie wyrobów oraz obiektów budowlanych na środowisko, UE wprowadziła dobrowolne Deklaracje Środowiskowe typu III (EPD – Environmental Product Declaration), które wykonuje się w oparciu o normy ISO 14025 i EN 15804.

Poprawę **sprawności energetycznej** budynku (dla ograniczenia zużycia **EU**) można uzyskać dzięki ograniczeniu strat energii poprzez:

- zwartą geometrię i strefowanie funkcji budynku,
- izolację termiczną przegród zewnętrznych i eliminację mostków cieplnych,
- zwiększoną pojemność cieplną budynku,
- szczelność powietrzną, pozwalającą eliminować niekontrolowane straty ciepła i zawilgocenie przegród,
- efektywność energetyczną przegród przezroczystych – izolacyjność termiczną i przepuszczalność energii słonecznej.

Poprawa **użytkowych parametrów energetycznych budynku** (w celu ograniczenia zużycia **EK** i **EP**) wymaga uwzględnienia kolejnych czynników:

- wysokosprawnego systemu grzewczego i ograniczenia potrzeby chłodzenia,
- wysokosprawnego systemu wentylacyjnego z odzyskiem energii,
- systemu zarządzania energią,
- energooszczędnego oświetlenia,
- wytwarzania lub pozyskiwania energii odnawialnej, umożliwiającej bilansowanie lub ograniczenie ilości energii pobieranej z sieci.

Ilość **energii wbudowanej** i **skumulowane zapotrzebowanie na energię (CED)** można zminimalizować, stosując zasady:[9]

- projektowania obiektów o długim okresie eksploatacji, z trwałych materiałów, niewymagających częstych napraw i remontów,
- zapewnienia łatwości oddzielania różnych elementów i materiałów,
- wykorzystywania materiałów dostępnych lokalnie i o wysokim stopniu recyklizacji,
- preferowania materiałów, przy produkcji których używa się energii odnawialnej,
- unikania materiałów generujących kłopotliwe odpady.

Poleca się przede wszystkim materiały naturalne, odnawialne i otwarte dyfuzyjnie, które są trwałe i dobrze regulują klimat we wnętrzach, takie jak zaprawy wapienne, glina, drewno, korek, celuloza, słoma, konopie i wełny z włókien naturalnych.

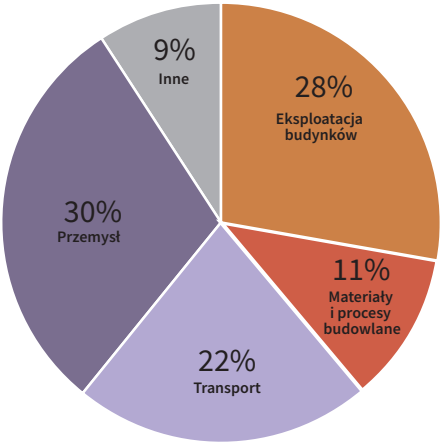
9 Architecture 2030, *Carbon Smart Materials Palette*. https://materialspalette.org/insulation/ (sierpień 2021).

1.3. Ślad węglowy i cykl życia budynku

Ślad węglowy jest to rodzaj śladu ekologicznego, który przekłada się na całkowitą sumę emisji gazów cieplarnianych, bezpośrednio lub pośrednio związanych z danym budynkiem, w całym cyklu jego życia. Ślad węglowy obejmuje emisje związane z:

- wydobyciem lub produkcją i transportem materiałów budowlanych oraz procesem budowy (wbudowany ślad węglowy),
- eksploatacją budynku (ślad fazy użytkowej),
- wyburzeniem lub rozbiórką (ślad poużytkowy/końca życia budynku).

Obecnie budowa nowych obiektów odpowiada globalnie za 11% rocznych emisji gazów cieplarnianych, a eksploatacja istniejących budynków (ślad fazy użytkowej) odpowiada za 28% globalnych emisji (il. 1).



Il. 1. Globalna Emisja CO_2 w podziale na sektory.[10]

Ślad fazy użytkowej można z czasem zmniejszyć dzięki poprawie sprawności energetycznej istniejących budynków lub wykorzystaniu w nich energii odnawialnej. W związku z planowaną masową modernizacją energetyczną (m.in. w programie Fali Renowacji[11]) podstawowym źródłem emisji stanie się budowa nowych obiektów. Już w okresie 2020–2050 wbudowany ślad węglowy będzie miał udział w **prawie połowie emisji pochodzących z sektora budowlanego**.[12]

Dlatego podstawową zasadą zrównoważonej urbanizacji i budownictwa jest zachowanie istniejących budynków i ograniczenie nowych budów. Większość istniejących budynków powinno się poddać starannej konserwacji lub rewaloryzacji (dotyczy to zabytków objętych ochroną) albo głębokiej modernizacji energetycznej, a w niektórych przypadkach adaptacji do nowych funkcji – swoistemu recyklingowi, dającemu zdegradowanym

10 Global Alliance for Buildings and Construction, International Energy Agency, *UN Environment Global Status Report 2017*. https://www.worldgbc.org/sites/default/files/UNEP%20188_GABC_en%20%28web%29.pdf (sierpień 2022).

11 UE, *Fala renowacji: KR i Komisja Europejska rozpoczynają współpracę w celu pobudzenia modernizacji budynków*, 18.03.2021. https://cor.europa.eu/pl/news/Pages/renovation-wave-CoR-and-Commission-launch-cooperation-to-boost-building-overhaul.aspx (sierpień 2021).

12 Architecture2030, *Embodied Carbon Actions*. https://architecture2030.org/newbuildings-embodied/ (sierpień 2021).

budynkom nowe życie. Ze wszystkich możliwych zabiegów zachowawcza konserwacja ma najmniejszy ślad węglowy, ale nawet w efekcie głębokich działań renowacyjnych, modernizacyjnych lub adaptacyjnych, wbudowany ślad węglowy rośnie stosunkowo nieznacznie, a zastosowanie rozwiązań redukujących wpływ budynku na środowisko pozwala istotnie ograniczyć zużycie EP i ślad węglowy fazy użytkowej. Unikamy zarazem lub odkładamy w czasie emisje związane z wyburzeniem lub rozbiórką.

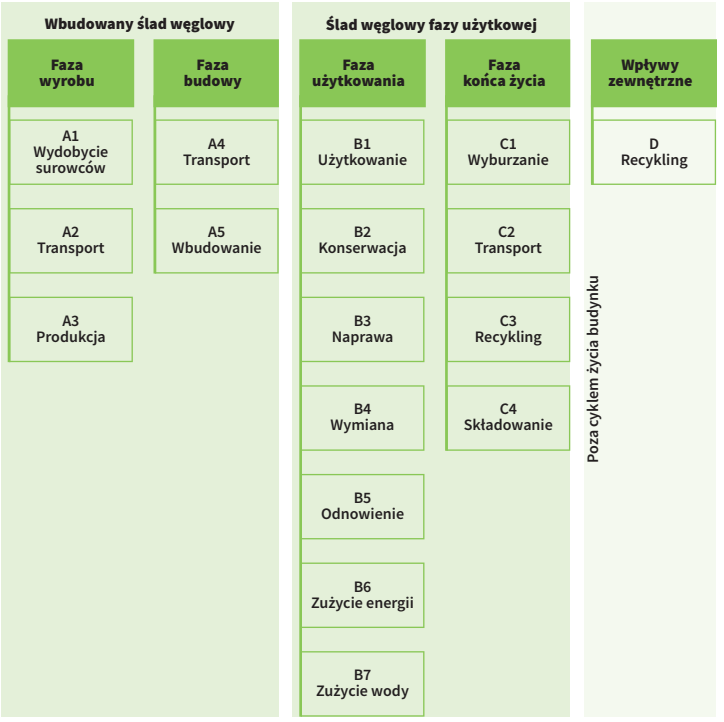
Nawet jeżeli z powodu ograniczeń konserwatorskich lub budżetowych głęboka modernizacja danego budynku okaże się niemożliwa, to ślad węglowy historycznego obiektu o niższym standardzie energetycznym będzie i tak zdecydowanie mniejszy niż ślad węglowy i ilość energii wbudowanej w obiekt nowy. Z podobnych powodów **nawet głęboka renowacja lub adaptacja starego budynku do nowych funkcji i standardów będzie miała dużo mniejszy negatywny wpływ na środowisko niż konstrukcja nowa**, choćby spełniająca najwyższe standardy techniczne i energetyczne. Dlatego tak ważne jest, aby **przed podjęciem decyzji o nowej budowie podjąć wszelkie starania w celu pełnego wykorzystania istniejących zasobów budowlanych**.

1.3.1. Analiza śladu węglowego

Do oceny wpływu budynków na środowisko służą dedykowane narzędzia. Najważniejszym jest analiza cyklu życia budynku lub jego głównych elementów (LCA – Life Cycle Assessment).

Zgodnie z normą PN-EN 15978:2012 analizowane są następujące etapy (fazy) cyklu życia (il. 2):

- **Faza wyrobu (A1 – A3)** – obejmuje emisje związane z pozyskiwaniem i transportem surowców oraz energii pierwotnej, wykorzystywanej do produkcji wszystkich materiałów, które wykorzystane są do wybudowania obiektu.
- **Faza budowy (A4 i A5)** – obejmuje procesy od bram fabryk wyrobów budowlanych do zakończenia prac budowlanych: transport materiałów i produktów, w tym magazynowanie i dystrybucję, a także procesy związane ze wznoszeniem i wyposażaniem budynku w instalacje i elementy stałe.
- **Faza użytkowania (B1 – B7)** – obejmuje okres od zakończenia prac budowlanych do rozbiórki, czyli szeroki zakres emisji związanych z eksploatacją budynku: wentylacją, ogrzewaniem, chłodzeniem, oświetlaniem, zaopatrzeniem w wodę i inne media oraz pracami konserwacyjnymi, remontami i adaptacjami.
- **Faza pożytkowa/końca życia (C1 – C4)** – obejmuje rozbiórkę oraz wszelkie oddziaływanie nią spowodowane, np. transport i utylizację elementów i materiałów rozbiórkowych.
- **Wpływy zewnętrzne (D)** – obejmują rozbiórkę jako źródło elementów i materiałów, które mogą być ponownie wykorzystane lub poddane recyklingowi.



II. 2. Fazy cyklu życia budynku.

Analiza poszczególnych faz powinna być przeprowadzona na etapie projektowania inwestycji budowlanej, rewaloryzacyjnej lub modernizacyjnej.[13] Pozwala to wdrażać rozwiązania długotrwale przeciwdziałające negatywnemu wpływowi budynku na środowisko.

13 Silva Vanessa Gomes, Pulgrossi Lizzie Monique, *When part is too little: cutoff rules' influence on LCA application to whole – building studies*, Conference Windsor 2020: Resilient Comfort, Windsor, UK. https://www.researchgate.net/publication/341494301_When_part_is_too_little_cutoff_rules'_influence_on_LCA_application_to_whole-_building_studies (wrzesień 2021).

1.3.2. Projektowanie dla redukcji śladu węglowego

Przy projektowaniu rewaloryzacji albo modernizacji, kluczem do ograniczenia emisji gazów cieplarnianych jest optymalizacja, czyli dobór najbardziej odpowiednich, dostępnych materiałów i elementów do potrzeb konkretnego projektu.

Ślad węglowy materiałów konstrukcyjnych

Jednym z zalecanych kierunków rozwoju rynku budowlano-remontowego jest projektowanie elementów konstrukcyjnych o zoptymalizowanych wymiarach względem zapewnianej nośności oraz redukcja udziału materiałów zawierających cement (głównie betonu i tynków cementowych) i zastępowanie ich materiałami o niskim śladzie węglowym.

Bardzo duży ślad węglowy ma też aluminium i stal, ale cement niechlubnie wyróżnia się wśród materiałów budowlanych, ponieważ jego produkcja odpowiada za aż 8% światowej emisji dwutlenku węgla. Jest to też materiał

o niekorzystnych właściwościach z punktu widzenia fizyki budowli, zwłaszcza w zastosowaniach konserwatorskich, gdzie zaprawy, spoiny i tynki cementowe powodują często nieodwracalne uszkodzenia substancji historycznej.

Najniższy ślad węglowy mają materiały pochodzenia naturalnego, nieprzetworzone lub niskoprzetworzone, których produkcja i transport nie pochłaniają dużo energii. Materiały takie mają również właściwości fizyczne szczególnie pożądane w zastosowaniach renowacyjnych i konserwatorskich (patrz Rozdział 3).

Aby wybrać rozwiązanie o najniższym całkowitym śladzie węglowym dla danego projektu, należy szukać materiałów niskoemisyjnych, porównując (na podstawie EPD – Deklaracji Środowiskowej Produktu)[14] ślad węglowy różnych materiałów, z uwzględnieniem ich właściwości konstrukcyjnych.

Przykładem może być porównanie właściwości drewna konstrukcyjnego (klejonego) z tarcicą wymiarową, albo płyt OSB ze sklejką. Produkty z drewna klejonego mają zazwyczaj wyższy ślad węglowy na jednostkę masy niż tarcica wymiarowa, ale są mocniejsze i wymagają zastosowania mniejszych przekrojów lub mniejszej liczby elementów, co może w ostatecznym rachunku skutkować mniejszą emisją gazów cieplarnianych. Płyty OSB mają porównywalne właściwości do poszycia ze sklejki, ale płyta OSB ma około dwukrotnie większy ślad węglowy niż sklejka.[15] Nowoczesne produkty, takie jak fornir klejony warstwowo (LVL) albo równoległa tarcica strukturalna (PSL), mają większy ślad węglowy niż zwykła tarcica, nawet biorąc pod uwagę ich większą wytrzymałość. [16]

Analizując w ten sposób dobór materiałów konstrukcyjnych pod kątem śladu węglowego, można znacząco ograniczyć wpływ inwestycji na klimat oraz osiągnąć efekt wymagany w specyfikacji zamówienia lub programu finansującego przedsięwzięcie modernizacyjne.

Ślad węglowy drewna i produktów drewnopochodnych

Drewno coraz częściej powraca do powszechnego zastosowania w budownictwie jako niskoemisyjna, odnawialna alternatywa dla betonu, stali i aluminium. Drzewa podczas swojego życia pochłaniają CO_2 i przechowują go w swojej masie. Materiały i budynki z drewna mogą mieć niski, a nawet ujemny ślad węglowy.

Kluczowe znaczenie dla wychwytywania i długotrwałego wiązania atmosferycznego dwutlenku węgla ma zrównoważona gospodarka leśna. Pozyskiwanie drewna z lasów zarządzanych wg standardów ekologicznych zapewnia zastępowanie ściętych drzew i zapobieganie degradacji lasów, dzięki czemu lasy utrzymują stały lub rosnący poziom sekwestracji CO_2.[17]

Najlepsze sposoby na dalsze obniżenie śladu węglowego produkcji budowlanej to korzystanie z drewna z odzysku, obróbka drewna bez użycia energii z paliw kopalnych i projektowanie długowieczności budynków z drewna. Im dłużej trwa drewniany budynek, tym później wbudowany w niego węgiel wróci do atmosfery.

14 Deklaracja Środowiskowa Produktu (EPD – Environmental Product Declaration) jest dokumentem szczegółowo opisującym oddziaływanie produktu na środowisko podczas jego całego cyklu życia (LCA). Jako deklaracja środowiskowa typu III jest zdefiniowana według normy ISO/PN-EN 14025, co powinno umożliwić porównanie produktów spełniających tę samą funkcję. Podstawową normę ISO/PN-EN 14025 (dla EPD) uzupełniono w 2012 r. o normę EN 15804 *Zrównoważone obiekty budowlane – Środowiskowe deklaracje wyrobu – Podstawowe zasady kategoryzacji wyrobów budowlanych,* która określa podstawowe procedury tworzenia EPD dla wyrobów budowlanych.

15 ASCE/SEI, *Sustainability Guidelines for the Structural* Engineer (patrz rozdział Wood/Timber). https://sites.google.com/site/seisustainabilitycommittee/resources/publications/guideline-toc (sierpień 2021).

16 Ibidem.

17 Rainforest Alliance, *What is Sustainable Forestry?.* https://www.rainforest-alliance.org/insights/what-is-sustainable-forestry/ (sierpień 2021).

Emisje gazów cieplarnianych powstają podczas transportu, przemiału i produkcji wyrobów z drewna. Należy wziąć pod uwagę, że transport drogowy zużywa kilkakrotnie więcej energii niż transport kolejowy i kilkadziesiąt razy więcej niż transport wodny. Jednak najskuteczniej emisje gazów cieplarnianych z transportu zmniejsza wykorzystywanie drewna pozyskiwanego lokalnie.

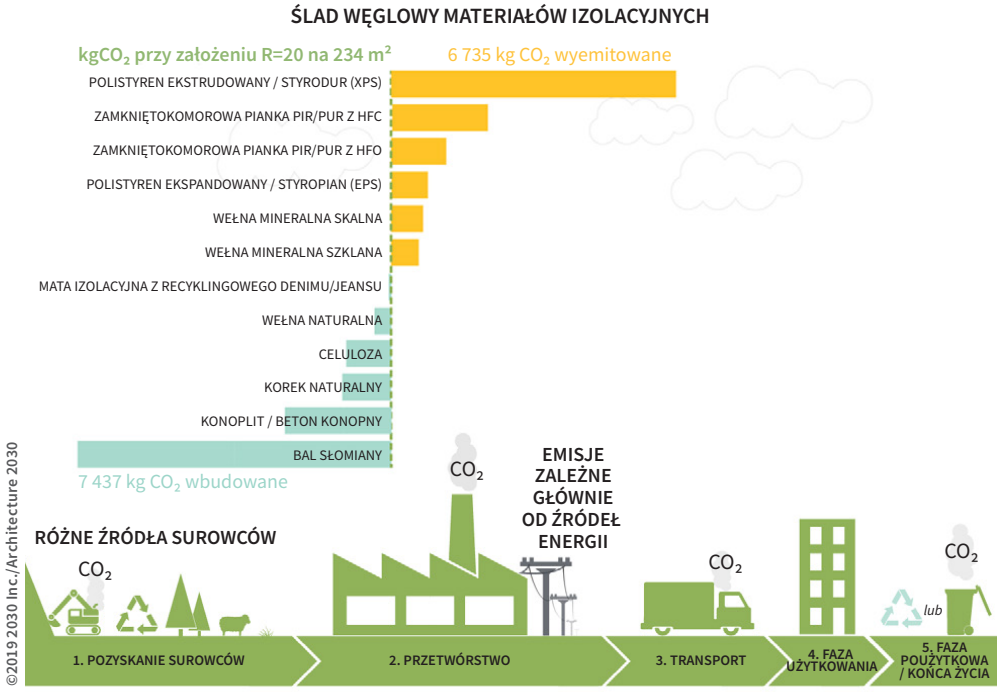
Znaczący wpływ na ślad węglowy produktów z drewna ma energia używana w tartaku. Jak największa część tej energii powinna pochodzić z biomasy pozyskiwanej na miejscu, z odpadów drzewnych. Należy też unikać drewna z suszarni, wybierając produkt częściowo lub całkowicie suszony na powietrzu albo, jako drugi wybór, drewno z suszarni zasilanej biomasą.

Większy ślad węglowy od tarcicy ma drewno modyfikowane. Odpowiedzialnie zarządzane tartaki i producenci wyrobów drzewnych i drewnopochodnych powinni prowadzić szczegółową inwentaryzację zużycia materiałów i energii. Certyfikacja łańcucha dostaw (CoC) pozwala śledzić drogę, którą przebywa drewno począwszy od lasu po produkt końcowy.

Ślad węglowy materiałów izolacyjnych

Wybierając system lub materiał izolacyjny, należy zrównoważyć względy wydajności operacyjnej (wydajność cieplna, wymagania klimatyczne, szczelność powietrzna, odporność na zawilgocenie) oraz emisje generowane w fazie produkcji, transportu, użytkowania i utylizacji materiału izolacyjnego.

Najpopularniejsze materiały izolacyjne, takie jak styropian, a w mniejszym (ale nadal znaczącym) stopniu wełna mineralna, cechują się największym śladem węglowym fazy produkcji. Tymczasem izolacje naturalne, z materiałów takich, jak celuloza, konopie i produkty ze słomy oraz wełna owcza i drzewna, akumulują więcej węgla niż emitują w całym cyklu życia. Ich zastosowanie w budynku zmniejsza jego całkowity ślad węglowy, nie tylko w fazie eksploatacji, ale też renowacji i końca życia (il. 3).



Il. 3. Ślad węglowy niektórych materiałów izolacyjnych na przykładzie przegrody docieplonej do standardu R=20.[18]

18 Ilustracja *Ślad węglowy materiałów izolacyjnych* (*Carbon Impacts of Insulation*) pochodzi z: Architecture2030, *Why the building sector?* https://architecture2030.org/buildings_problem_why/ (sierpień 2021). Źródło danych: *Builders for Climate Action – 2019 White Paper Low-Rise Buildings as a Climate Change Solution*.

Izolacje z wełny, np. mineralnej, a zwłaszcza celulozowej, mają znacznie mniejszy ślad węglowy, niż sztywne izolacje styropianowe i pianki natryskowe. Tam, gdzie to możliwe, należy więc wybierać niskoemisyjne alternatywy dla polistyrenu ekspandowanego (EPS), polistyrenu ekstrudowanego (XPS), poliizocyjanurów (PIR), paneli SIPS z izolacją piankową, a także pianki poliuretanowej (PUR). Wszystkie one (poza niektórymi poliuretanami wytwarzanymi z olejów roślinnych) są pochodnymi ropy naftowej, a ich produkcja wymaga znacznej ilości energii, co skutkuje wysokim śladem węglowym (polistyreny: 86,4–109,2 MJ/kg; poliuretan: 72,1 MJ/kg). Najniższy ślad energetyczny i węglowy mają materiały takie jak celuloza (0,94–3,3 MJ/kg), korek (4 MJ/kg) i wełna drzewna (10,8 MJ/kg).[19]

19 Hammond Geoffrey P., Jones Craig I., *Inventory of Carbon & Energy (ICE), version 1.6a*. University of Bath 2008. https://perigordvacance.typepad.com/files/inventoryofcarbonandenergy.pdf (sierpień 2021).

1.3.3. Kosztorysowanie cyklu życia

Polecaną alternatywą dla kryteriów cenowych, które zbyt często determinują wybór niskiej jakości, ale najtańszych materiałów i mało wydajnych technologii, jest **analiza kosztowa cyklu życia (LCCA/LCC)**. Jest to podejście, które pozwala ocenić wewnętrzne i zewnętrzne koszty oraz korzyści (w tym, ale nie wyłącznie, korzyści finansowe) i wartość danego rozwiązania lub całego budynku w całym cyklu jego życia.

LCCA może potwierdzić zasadność stosowania rozwiązań, które co prawda zwiększają koszty inwestycji kapitałowych, ale są trwalsze, dają większy zwrot i korzyści na etapie użytkowania, zarówno w zakresie korzyści środowiskowych, jak i finansowych, oraz zwiększają wartości rezydualne budynku. Przykładem jest zastosowanie oświetlenia LED, wielowarstwowego szklenia okien lub paneli fotowoltaicznych. Analiza może obejmować mniej oczywiste zależności, które pozwalają na zwiększenie trwałości i zrównoważenia budynku, w tym jego odporności na zagrożenia środowiskowe.

Należy również brać pod uwagę efekty zewnętrzne i niefinansowe, takie jak zachowanie zasobów kulturowych i historycznych, korzyści płynące z większego bezpieczeństwa zdrowotnego, wartości estetycznych i relacji przestrzennych.[20] Przykładem korzyści niefinansowej może być np. prestiżowa architektura budynku zabytkowego albo niższy poziom szumu/wibracji z grawitacyjnego systemu wentylacyjnego (którego skutkiem jest oczekiwana, ale trudna do oszacowania, zwiększona wydajność pracy wynikająca z wyższej jakości środowiska wewnętrznego). Efekty te są zewnętrzne w stosunku do standardowej LCCA i zazwyczaj są omawiane w *Ocenie oddziaływania na środowisko projektów budowlanych*. Jednakże, jeśli są znaczące (zarówno ilościowo, jak i jakościowo), to powinno się je uwzględnić w LCAA i w ostatecznej decyzji inwestycyjnej.[21]

20 WBDG Historic Preservation Committee, *Historic Preservation*, Updated: 23.08.2019, WBDG. https://www.wbdg.org/design-objectives/historic-preservation (wrzesień 2021).

21 WBDG Cost-Effective Committee, *Consider Non-Quantibale Benefits*, Updated: 31.07.2020, WBDG. https://www.wbdg.org/design-objectives/cost-effective/consider-non-monetary-benefits (wrzesień 2021).

1.4. Projektowanie uniwersalne

Równocześnie z aspektami energetycznymi, klimatycznymi i kulturowymi przy projektowaniu rewaloryzacji i modernizacji należy rozważyć inne aspekty związane z trwałością i użytecznością budynku, w tym przede wszystkim jego dostosowanie do użytkowania przez osoby ze specjalnymi potrzebami.

Podjazd dla wózków powinien być projektowany w sposób jednoznacznie zachowujący pełną widoczność, czytelność i integralność historycznej bryły budynku. Zaleca się zwykle konstrukcje ażurowe, nieprzylegające bezpośrednio do elewacji. W przypadku obiektów znajdujących się pod opieką służb konserwatorskich zaleca się wykończenie z materiałów szlachetnych, nawiązujących do zabytkowego charakteru budynku. Jeśli to możliwe i nie utrudnia dostępu, należy lokalizować podjazdy przy nieeksponowanych elewacjach.

Ewentualny montaż windy powinien uwzględniać ochronę kompozycyjnych wartości bryły, artykulację i materiał elewacji, detal architektoniczny w postaci gzymsów, fryzów itp., oraz kształt i kąt nachylenia dachu. Z powodu tych ograniczeń montaż windy zalecany jest zazwyczaj wewnątrz budynku, z zastrzeżeniem, że realizacja tego przedsięwzięcia nie może zasadniczo naruszać substancji zabytkowej, układu komunikacyjnego oraz historycznych elementów wyposażenia budynku.

Projektowanie uniwersalne (dla wszystkich) znosi ograniczenia dostępności, zatem zwiększa użyteczność budynku i przedłuża jego żywotność, zwłaszcza w kontekście starzejącego się społeczeństwa. Pozwala na pełniejsze wykorzystanie istniejących zasobów nieruchomości, zmniejsza więc zapotrzebowanie na nowe budynki, ograniczając w ten sposób ślad węglowy sektora budowlanego.

Bibliografia rozdziału 1.

Architecture2030, *Carbon Smart Materials Palette*. https://materialspalette.org/insulation/ (sierpień 2021).

Architecture2030, *Why the building sector?* https://architecture2030.org/buildings_problem_why/ (sierpień 2021).

ASCE/SEI, *Sustainability Guidelines for the Structural* Engineer (patrz rozdział Wood/Timber). https://sites.google.com/site/seisustainabilitycommittee/resources/publications/guideline-toc (sierpień 2021).

BIP, *Projekt uchwały Rady Ministrów w sprawie przyjęcia „Długoterminowej strategii renowacji budynków"*, MRPiT 09.06.2021. https://www.gov.pl/web/premier/projekt-uchwaly-rady-ministrow-w-sprawie-przyjecia-dlugoterminowej-strategii-renowacji-budynkow2 (wrzesień 2021).

Dz.U. 2008 nr 223 poz. 1459, *Ustawa z dnia 21 listopada 2008 r. o wspieraniu termomodernizacji i remontów oraz o centralnej ewidencji emisyjności budynków* (tekst jednolity: Dz.U. z 2018 r. poz. 966).

Dz.U. 2009 nr 43 poz. 346, *Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 17 marca 2009 r. w sprawie szczegółowego zakresu i form audytu energetycznego oraz części audytu remontowego, wzorów kart audytów, a także algorytmu oceny opłacalności przedsięwzięcia termomodernizacyjnego*.

Economidou Marina, *Energy renovation, European Energy Efficiency Platform (E3P).* https://e3p.jrc.ec.europa.eu/articles/energy-renovation (maj 2022).

Hammond Geoffrey P., Jones Craig I., *Inventory of Carbon & Energy (ICE), version 1.6a*, University of Bath 2008. https://perigordvacance.typepad.com/files/inventoryofcarbonandenergy.pdf (sierpień 2021).

Mańkowski Stanisław, Szczechowiak Edward (red.), *Opracowanie optymalnych energetycznie typowych rozwiązań strukturalno-materiałowych i instalacyjnych budynków*, Zamieszkane Budynki. Narodowy Spis Powszechny Ludności i Mieszkań 2011, GUS 2013.

PKN, PN-EN 15804, *Zrównoważone obiekty budowlane – Środowiskowe deklaracje wyrobu – Podstawowe zasady kategoryzacji wyrobów budowlanych*.

Rainforest Alliance, *What is Sustainable Forestry?* https://www.rainforest-alliance.org/insights/what-is-sustainable-forestry (sierpień 2021).

Silva Vanessa Gomes, Pulgrossi Lizzie Monique, *When part is too little: cutoff rules' influence on LCA application to whole – building studies*, Conference Windsor 2020: Resilient Comfort, Windsor, UK. https://www.researchgate.net/publication/341494301_When_part_is_too_little_cutoff_rules'_influence_on_LCA_application_to_whole-_building_studies (wrzesień 2021).

UE, *Fala renowacji: KR i Komisja Europejska rozpoczynają współpracę w celu pobudzenia modernizacji budynków*, 18.03.2021. https://cor.europa.eu/pl/news/Pages/renovation-wave-CoR-and-Commission-launch-cooperation-to-boost-building-overhaul.aspx (sierpień 2021).

UN Environment and International Energy Agency: Towards a zero-emission, efficient, and resilient buildings and construction sector. Global Status Report 2017, United Nations Environment Programme 2017. https://www.worldgbc.org/sites/default/files/UNEP%20188_GABC_en%20%28web%29.pdf (sierpień 2022).

WBDG Historic Preservation Committee, *Historic Preservation*, Updated: 23.08.2019, WBDG. https://www.wbdg.org/design-objectives/historic-preservation (wrzesień 2021).

Węglarz Arkadiusz, Ziembicki Piotr, *Optymalizacja projektowania budynków przyjaznych dla środowiska z wykorzystaniem oceny LCA* [w] *Fizyka budowli w teorii i praktyce*, t.VII, nr 44/2015.

WBDG Cost-Effective Committee, *Consider Non-Quantibale Benefits*, Updated: 31.07.2020, WBDG. https://www.wbdg.org/design-objectives/cost-effective/consider-non-monetary-benefits (wrzesień 2021).

2 Ochrona zabytków

Łukasz Konarzewski
· Śląski Wojewódzki Konserwator Zabytków

Tomasz Jeleński
· Politechnika Krakowska

2.1. Cele i zasady ochrony dziedzictwa architektoniczno-budowlanego

Mianem zabytku określa się wybitne dzieła architektoniczne oraz skromne obiekty, które z upływem czasu nabrały znaczenia kulturowego. Zabytkami są też nazywane zespoły zabudowy o doniosłym znaczeniu kulturowym oraz miejsca, które są świadectwem różnych cywilizacji, ewolucji lub wydarzeń. Celem ochrony zabytków jest zapewnienie im trwania i przekazanie ich następnym pokoleniom. Ochrona zabytków polega więc na ich badaniu, formułowaniu teorii i zasad konserwatorskich, tworzeniu odpowiedniego prawodawstwa, podejmowaniu czynności urzędowych i administracyjnych.

2.1.1. Rozwój myśli konserwatorskiej

Naukowe podejście do ochrony zabytków rozwija się przynajmniej od XVIII wieku. Wówczas rozpoczęto formułowanie pierwszych teorii ochrony materialnego dziedzictwa kulturowego oraz dyskusję nad sposobami zabezpieczenia i eksponowania zabytków, ich udostępniania oraz upowszechniania wiedzy o dziedzictwie. W wieku XIX powstały pierwsze urzędy konserwatorskie. Kraków był pierwszym miastem w Europie, w którym powołano urząd konserwatora (1820). Feliks Radwański – architekt, profesor Uniwersytetu Jagiellońskiego i senator Rzeczypospolitej Krakowskiej – otrzymał uprawnienia do opiniowania wszystkich projektów dotyczących budowli historycznych.

Dziewiętnastowieczna teoria konserwacji zabytków rozwijała się dzięki zderzaniu różnych idei – od purystycznych i funkcjonalistycznych poglądów Viollet-le-Duca po utopijną koncepcję nieinterwencji Ruskina, której stosowanie prowadziłoby do nieuchronnej destrukcji zabytkowej materii. W pracach konserwatorskich (m.in. przy odbudowie Krakowa po wielkim pożarze) coraz częściej dostrzegano wartość nawarstwień pochodzących z różnych epok historycznych. Camilo Boito, jeden z pierwszych konserwatorów w praktyce stosujących rzetelne badania i studia historyczne, docenił w budynkach zabytkowych złożoność ich struktur przestrzennych, funkcjonalnych i plastycznych, która jest skutkiem uzupełnień, przekształceń i modernizacji. Na przełomie XIX i XX w. uczestnicy Międzynarodowych Kongresów Architektów ustalili, że w restaurowaniu zabytków nie można trzymać się sztywnych zasad i należy indywidualnie poszukiwać optymalnych rozwiązań dla każdego obiektu (Kongres w Brukseli, 1897).

W 1903 r. ukazała się fundamentalna praca Aloisa Riegla, definiująca terminy: zabytek, ochrona zabytków i wartość zabytkowa. Teoria Riegla wskazuje subiektywność oceny wartości, która ulega zmianom w czasie, posiada

różne konotacje kulturowe i narodowe, a także jest różna dla specjalistów i publiczności. Aby uniknąć konfliktów interpretacyjnych, Riegl uznał, że zabytek konstytuują tylko wartości historyczne, starożytnicze i pomnikowe. W efekcie naczelną zasadą konserwatorską stało się poszanowanie historycznej formy i substancji.[22] Teorię tę rozwinął Walter Frodel, doceniając też wartości użytkowe zabytku. Wartość użytkowa umożliwia ochronę starego budynku dzięki jego integracji ze współczesnym środowiskiem kulturowym, społecznym i ekonomicznym.

22 Szmygin Bogusław, *Teoria zabytku Aloisa Riegla*, Ochrona Zabytków, nr 3/4 2003, ISBN 0029-8247, 148–153.

W XX wieku wysiłki na rzecz ochrony zabytków nabrały charakteru międzynarodowego. W 1931 r. na konferencji w Atenach określono uniwersalne zasady działań konserwatorskich. Karta Ateńska podnosiła m.in. dwie ważne kwestie:

- integrację zabytków ze światem współczesnym, czyli takiego użytkowania obiektów zabytkowych, które zapewnia ciągłość ich istnienia,
- zachowania charakteru miast historycznych, poprzez ochronę całych zespołów i widoków.

Od tego czasu powstało kilkadziesiąt międzynarodowych dokumentów, sygnowanych głównie przez UNESCO i ICOMOS, precyzujących zasady i wytyczne ochrony i konserwacji materialnego dziedzictwa kulturowego – budynków, zespołów zabudowy i krajobrazów kulturowych.[23]

23 Szmygin Bogusław, *Vademecum konserwatora zabytków: międzynarodowe normy ochrony dziedzictwa kultury*, Polski Komitet Narodowy ICOMOS Międzynarodowej Rady Ochrony Dziedzictwa Kultury, Warszawa 2015.

2.1.2. Podstawowe zasady ochrony zabytków

Pomimo zmian, jakie z czasem pojawiają się w definiowaniu zabytków, oraz sporów metodologicznych dotyczących zakresu i form ochrony, podstawową zasadę konserwacji można sprowadzić do prostej sentencji: *lepiej zachowywać niż naprawiać, lepiej naprawiać niż restaurować, lepiej restaurować niż konstruować*.

Istotne jest też rozumienie konserwacji jako procesu, który wymaga myślenia perspektywicznego, a nie skupienia na dzisiejszych potrzebach. Naczelnym celem jest trwałość i pozostawienie zabytków kolejnym pokoleniom. Teoria ochrony zabytków jest więc w pewnym sensie prekursorem zrównoważonego myślenia o gospodarowaniu zasobami. Wyzwaniem pozostaje znalezienie takich metod, które pozwolą skutecznie chronić dziedzictwo kulturowe, z poszanowaniem autentyzmu i zachowaniem zasady minimalnej interwencji, utrzymując równocześnie użyteczność budynków zabytkowych, ograniczając ich negatywny wpływ na środowisko naturalne i klimat, oraz wzmacniając ich odporność na zagrożenia. Do najważniejszych zagrożeń zalicza się wstrząsy sejsmiczne oraz gwałtowne zjawiska pogodowe, wywołane zmianami klimatu – od powodzi błyskawicznych po gwałtowne katastrofy.[24]

24 DW, *How can we prepare for extreme flooding?* https://www.dw.com/en/germany-belgium-floods-climate-crisis-adaptation/a-58318340 (sierpień 2021).

Zasady ochrony budynków zabytkowych można rozważać także z perspektywy użytkowej lub technicznej. Z użytkowego punktu widzenia lepiej chroniony jest zazwyczaj budynek posiadający wartość estetyczną i użytkową (aktualną funkcję). Obiekty piękne i użyteczne są z reguły bardziej zadbane. Piękno bywa wartością względną, o zachowaniu budynków decyduje więc przede wszystkim ich użyteczność. Dlatego jednym z dopuszczalnych

z perspektywy konserwatorskiej działań jest dostosowanie budynków historycznych do współczesnych funkcji oraz standardów użytkowych, w tym obniżanie kosztów ich utrzymania i użytkowania, np. poprzez redukcję zapotrzebowania na energię nieodnawialną.

W ujęciu bardziej technicznym, budynki należy przede wszystkim utrzymywać w dobrym stanie poprzez zabiegi konserwacyjno-restauratorskie, ewentualnie wzmacniające i chroniące ich oryginalną substancję przed czynnikami chemicznymi, szkodnikami, mikroorganizmami, a przede wszystkim przed wodą i wilgocią.

2.1.3. Podstawowe zagrożenia i potrzeby ochrony

Woda, w jakiejkolwiek postaci, jest głównym zagrożeniem dla każdego budynku. Wilgoć może powodować znaczne osłabienie integralności strukturalnej i powodować rozmaite rodzaje uszkodzeń, niszczenie wyposażenia, rozwój pleśni i zagrożenie zdrowia. Wilgoć obniża też skuteczność ochrony termicznej budynku.

Na obszarach aktywnych sejsmicznie, a także na terenach górniczych, czynnikiem wymagającym prewencyjnych i rekonstrukcyjnych działań konserwatorskich są trzęsienia ziemi i wstrząsy pochodzenia górniczego. Podobny charakter mają dla zabytków zagrożenia wojenne oraz zmiany klimatu. Ochrona przed wszelkiego rodzaju katastrofami może polegać na badaniach, inwentaryzacji, tworzeniu dokumentacji, która umożliwi poprawne rekonstrukcje po zniszczeniach.[25]

Rekonstrukcje mogą mieć charakter czysto odtworzeniowy albo zawierać modyfikacje podnoszące odporność budynku na przyszłe zdarzenia (np. wstrząsy lub zmiany klimatu), a także podnoszące funkcjonalność budynku i obniżające koszty jego użytkowania, w tym negatywne oddziaływanie na środowisko, zużycie energii i ślad węglowy.

Obiekt użyteczny jest łatwiejszy w utrzymaniu, ponieważ nie grozi mu opuszczenie, które zawsze skutkuje szybką degradacją substancji budowlanej. Ciągłości użytkowania przede wszystkim zagrażają wysokie koszty utrzymania starych budynków, zwłaszcza ogrzewania i napraw, oraz rosnące wymagania użytkowników, np. w zakresie urządzeń sanitarnych, wind, metrażu i komfortu wnętrz (tzw. starzenie moralne i zużycie funkcjonalne budynków).

Najpowszechniejszym rodzajem zagrożenia dla zabytku jest zaniedbanie. Przeciwdziałać mu można podnosząc społeczną świadomość wartości zabytkowych oraz kierując do właścicieli oraz zarządców starych budynków programy wsparcia, zachęcające do działań konserwacyjnych.

25 Jeleński Tomasz, *Practices of Built Heritage Post-Disaster Reconstruction for Resilient Cities*, Buildings 8, no. 4: 53, 2018. DOI:10.3390/buildings8040053.

2.2. Specyfika ochrony obszarowej

Budynki, które współtworzą zabytkowe zespoły urbanistyczne, ruralistyczne i miejsca historyczne, same w sobie nie muszą mieć wysokiej wartości architektonicznej. Powinny być jednak chronione nie ze względu na cechy, które je wyróżniają, ale przede wszystkim na te, które wiążą je organicznie w przestrzenne całości.

Ochrona konserwatorska powinna odnosić się również do miasta lub wsi jako części szerszego środowiska i krajobrazu. Wymaga więc zintegrowania różnorodnych typów działań, dotyczących aspektów przestrzennych, społecznych, ekonomicznych i środowiskowych. Jeżeli miasto historyczne, niebędące skansenem czy rezerwatem, ma stale służyć ludziom, to musi podlegać transformacji materii, z której jest zbudowane. Interwencje są nieuniknione, do rozstrzygnięcia pozostaje tzw. stopień interwencji, czyli jej skala i zasięg.

Jeżeli trwanie historycznego zespołu urbanistycznego albo ruralistycznego jest związane z procesem zmian i przekształceń, to działania konserwatorskie oznaczają przede wszystkim kontrolę i zarządzanie zmianami. Równie ważna jest identyfikacja ryzyka i plany działań w sytuacjach kryzysowych. Dotyczy to m.in. zagrożeń sejsmicznych, wojennych oraz wynikających ze zmiany klimatu.

2.3. System ochrony zabytków w Polsce

Krajobraz kulturowy jest dobrem publicznym, które podlega licznym przekształceniom. Podstawowym celem ochrony jest zachowanie zabytków w formie możliwie niezmienionej względem pierwotnej i w jak w najlepszym stanie architektoniczno-materialnym. W tym właśnie kontekście zaznaczają się: szczególna odpowiedzialność właścicieli, posiadaczy lub zarządców za stan poszczególnych zabytków oraz prawne umocowanie służb konserwatorskich.

Obiekty zabytkowe nieruchome, a więc budynki i budowle posiadające jednocześnie wartości historyczne i artystyczne (architektoniczne) bądź naukowe, są chronione na kilka sposobów. Najczęściej spotykanymi formami ochrony prawnej są:

- wpis do **rejestru zabytków** (ochrona ścisła formy zewnętrznej i wnętrz – jeśli te się zachowały i ujęto ich elementy w treści decyzji o wpisie do rejestru zabytków)[26],
- ujęcie w wojewódzkiej i równolegle gminnej **ewidencji zabytków** (ochrona zewnętrznej formy obiektów)[27].

Innym sposobem ochrony zabytków są **wpisy obszarowe**, obejmujące głównie tereny z zabudową historyczną miast i wsi oraz zespoły pałacowo-parkowe. Nie wszystkie budynki, które tworzą zabytkowe zespoły lub miejsca historyczne, mają wysoką wartość architektoniczną. Podlegają jednak ochronie ze względu na cechy, które wiążą je organicznie w całości przestrzenne.

Najważniejszym elementem systemu ochrony zabytków w Polsce są Wojewódzkie Urzędy Ochrony Zabytków. Głównym celem ich działania, zgodnie z tytułem kierunkowej ustawy[28], jest ochrona zabytków i nadzór nad sposobem sprawowania opieki nad nimi. **Opieka nad zabytkowym budynkiem jest natomiast powinnością jego właściciela, dzierżawcy lub użytkownika**.[29]

Osoba, która posiada tytuł prawny do korzystania z zabytku, może zwrócić się do Wojewódzkiego Konserwatora Zabytków (WKZ) z prośbą o wydanie zaleceń dotyczących zagospodarowania obiektu, jego użytkowania, prac konserwatorskich, remontowych, zabezpieczenia, itp. Z drugiej strony WKZ może wydać decyzję nakazującą osobie posiadającej tytuł prawny do zabytku przeprowadzenie prac konserwatorskich lub robót budowlanych, jeżeli ich wykonanie jest niezbędne ze względu na zagrożenie zniszczeniem lub istotnym uszkodzeniem obiektu.

Pozycja wojewódzkiego konserwatora jest wyjątkowa na tle innych instytucji administracji publicznej. Chroniąc zabytki i krajobraz kulturowy, WKZ musi wpływać na formy architektoniczne oraz elementy plastyczne, ingerujące

26 Art. 7 Ustawy z dnia 23 lipca 2003 r. o ochronie zabytków i opiece nad zabytkami (Dz. U. z 2021 r. poz. 710).

27 Art. 22 Ustawy z dnia 23 lipca 2003 r. o ochronie zabytków..., op.cit.

28 Ustawa z dnia 23 lipca 2003 r. o ochronie zabytków..., op.cit.

29 Art. 5. Ustawy z dnia 23 lipca 2003 r. o ochronie zabytków..., op.cit.

w całokształt przestrzeni publicznej. Zgody WKZ lub konserwatora samorządowego wymagają m.in.:

- wszelkie działania renowacyjne, rewaloryzacyjne, adaptacyjne, remontowe i modernizacyjne,
- wykonywanie działań, które mogłyby prowadzić do naruszenia substancji lub wyglądu zabytku, np. umieszczanie na nim urządzeń technicznych, takich jak panele i kolektory słoneczne, urządzenia wentylacyjne lub klimatyzacyjne,
- podział, zmiana przeznaczenia lub zmiana sposobu korzystania z zabytku,
- prowadzenie robót remontowo-budowlanych w otoczeniu zabytku,
- usunięcie drzew lub krzewów z terenu nieruchomości wpisanej do rejestru zabytków.

Konserwator jest zobowiązany do zajęcia stanowiska w formie decyzji lub postanowienia, które określają zazwyczaj zakres prac, sposób ich prowadzenia, termin oraz wykonawcę. Konieczność konsultacji z WKZ może dotyczyć też nieruchomości niezabytkowej, ale położonej na terenie wpisanym do rejestru zabytków lub wynikać z ustaleń planu miejscowego.

Złożoność zadań podejmowanych przez służby konserwatorskie powoduje, że prawo jest przez nie (w sensie merytorycznym) wypełniane w dużym stopniu intuicyjnie. Nie sposób bowiem zapisać w prawie wszystkich kryteriów ochrony wartości historycznych, naukowych, a szczególnie artystycznych poszczególnych zabytków i krajobrazu kulturowego. Ochrona zabytków nie jest nauką ścisłą, w której hipotezy można weryfikować za pomocą doświadczeń i dowodów matematycznych, ale opiera się na wartościach humanistycznych i wymaga zrozumienia, dlaczego dany obiekt ma wartość społeczną, więc wymaga szczególnej ochrony.

Dobór kryteriów wynika więc z wiedzy w zakresie estetyki, historii architektury, konserwatorskiego doświadczenia zawodowego, a w ostateczności także intuicji historyczno-estetycznej. Każdy przypadek jest inny, wymaga indywidualnego rozpatrzenia, ale też prowadzenia negocjacji z właścicielami oraz użytkownikami zabytków. Na ten aspekt konserwatorzy zwracają szczególną uwagę. Inwestorzy powinni częściej korzystać z możliwości uzgadniania z urzędem rozwiązań już na etapie projektowania przyszłych ingerencji w substancję lub wygląd zabytkowego budynku.

Konserwatorzy wojewódzcy działają bezpośrednio przy pomocy kierowanych przez siebie Urzędów Ochrony Zabytków i pośrednio – poprzez samorządowych konserwatorów zabytków, z którymi tworzą służby konserwatorskie w poszczególnych województwach. Samorządowi konserwatorzy nierzadko pełnią rolę pośredników między WKZ a właścicielem bądź posiadaczem zabytku, planującym jego modernizację. Rolę pośredników uzgadniających szczegółowe rozwiązania powinny pełnić również osoby zajmujące się praktyczną konserwacją danego obiektu, odpowiadające za przebieg prac oraz architekci projektujący działania rewaloryzacyjne lub modernizacyjne. Ważne jest, aby projektanci mieli odpowiednią wiedzę i doświadczenie w pracy z zabytkami.

2.4. Podstawowe definicje i zakresy zabiegów konserwatorskich oraz interwencji modernizacyjnych

Wbrew uproszczonemu, a czasem dominującemu obrazowi relacji konserwatorsko-modernizacyjnych, między podejściem konserwatorskim (skupionym na celu ochrony dziedzictwa) a modernizacyjnym (skupionym na celu poprawy dobrostanu, komfortu, oszczędności energii i ochrony klimatu) nie ma zasadniczych sprzeczności aksjologicznych. Dziedzictwo architektoniczno-budowlane ma wartość społeczną i jest jednym z zasobów nieodnawialnych, dlatego wymaga uważnej ochrony. Skuteczna ochrona konserwatorska pozwala zachować budynki zabytkowe w dobrym stanie technicznym, umożliwiając ich dalsze użytkowanie i ograniczając potrzebę nowych inwestycji budowlanych. Ochrona, konserwacja i rewaloryzacja zabytków mają więc istotny potencjał mitygacyjny. W większości przypadków nie wykluczają też działań ograniczających zużycie energii i śladu węglowego fazy użytkowej (il. 4).

Fot. Jan Piotrowski

Il. 4. Budynek Nadleśnictwa w Elblągu, z początku XIX w., wpisany do rejestru zabytków. Po modernizacji w latach 2017–2019 uzyskano spadek zużycia energii o 992,82 GJ/rok (90–95% oszczędności energii pierwotnej). Zastosowano m.in. wentylację mechaniczną z odzyskiem ciepła, nowe okna drewniane, pompy ciepła (gruntową i powietrzną) i ogrzewanie podłogowe.[30]

30 Stowarzyszenie Ochrony Narodowego Dziedzictwa Materialnego, *Konkurs Modernizacja Roku*. https://www.modernizacjaroku.org.pl/pl/edition/1691/object/1836/budynek-biurowy-nadlesnictwa-elblag (lipiec 2022).

Problemy pojawiają się w podejściu praktycznym, kiedy wypaczane mogą być niektóre pojęcia, wokół teorii konserwatorskich narastają nieporozumienia, a w praktyce remontowo-budowlanej rutynowo powiela się rozwiązania błędne, a nawet szkodliwe. Jednym ze szkodliwych mitów jest domniemana kosztowność zabiegów konserwatorskich. Tymczasem konserwatorski paradygmat minimalnej interwencji powoduje zasadnicze ograniczenie zabiegów i zarazem kosztów. Znacznie bardziej kosztowna, a do tego nietrwała lub szkodliwa, może być renowacja, realizowana przy zastosowaniu popularnych, szeroko reklamowanych „nowoczesnych" metod i materiałów.

Pomiędzy podejściem ortodoksyjnie konserwatorskim a głęboką termomodernizacją istnieje kontinuum metod, które pozwala na dobór właściwych działań, odpowiednich do zastosowania w konkretnych przypadkach budynków zabytkowych i niezabytkowych. Te działania opisujemy szerzej w Rozdziałach 3–7.

Aby uniknąć niepotrzebnych wydatków i kosztownych błędów, warto na etapie projektu i przed zleceniem prac wykonać analizy i porównać kosztorysy działań w różnych wariantach, od nowoczesnych rozwiązań renowacyjnych, po rozwiązania ortodoksyjnie konserwatorskie. **Doświadczenia pokazują, że zachowawczy wariant konserwatorski, który jest zawsze rozwiązaniem najbardziej bezpiecznym i estetycznym, może też okazać się zdecydowanie najmniej kosztowny**.[31]

Do opisu różnych zakresów konserwacji albo modernizacji stosuje się konkretne terminy. Konieczne jest ich jednoznaczne zdefiniowanie, aby unikać nieporozumień w wielostronnych relacjach pomiędzy inwestorami, urzędnikami, architektami i konserwatorami. W niniejszym rozdziale przedstawiamy krótkie definicje, w celu uporządkowania terminologii konserwatorskiej i architektonicznej. Opisane tu pojęcia są ułożone w kolejności odpowiadającej całemu spektrum interwencji, od zachowawczej konserwacji po adaptację i gruntowną modernizację.[32]

Ochrona

Celem ochrony jest utrzymanie istniejącego stanu budynku, konserwacja i zachowanie całej jego historycznej tkanki i formy, która ewoluowała w czasie. Naprawy podejmowane są w sytuacji konieczności powstrzymania czynników niszczących, przede wszystkim wody w każdej postaci, czynników chemicznych, szkodników i mikroorganizmów. Muszą one być eliminowane w celu zachowania struktury obiektu w dobrym stanie technicznym i zdrowotnym.[33] Proces ochrony obiektu polega też na wydobywaniu jego walorów, dzięki zastosowaniu w szerokim zakresie metod konserwacji, stabilizacji, a także przez edukację i upowszechnianie wiedzy.[34]

Konserwacja

Termin ten, zwłaszcza w tradycji krajów środkowoeuropejskich, jest powszechnie stosowany do określania wszelkich działań i zabiegów mających na celu ochronę dóbr kultury. Jest tu znaczeniowo tożsamy z terminem **konserwacja-restaurowanie,** przyjętym w ramach międzynarodowych porozumień i oznaczającym wszelkie działania związane z ochroną i rewaloryzacją

31 Tę obserwację potwierdzają analizy prowadzone przez prof. Bogumiłę J. Roubę. Przykład: wyliczenia kosztów prac wykonano dla zabytkowej budowli, w której całkowita powierzchnia tynku wynosi ok. 1000 m², w tym 20% tynku jest nieodwracalnie zniszczone. Wyliczenia, przygotowane przez profesjonalnego kosztorysanta, uwzględniły wszystkie koszty (rusztowań, zabezpieczeń, materiałów, sprzątania, utylizacji odpadów itd.) oraz różnice cen usług w kilku polskich miastach. Koszty prac zostały obliczone dla trzech wariantów realizacji prac: Wariant A – radykalnie modernizacyjny – zakładał skucie całości starego tynku, położenie nowego, malowanie współczesnymi farbami, np. silikatowymi. Wariant B – modernizacyjny, ogólnie zgodny z teorią konserwacji – wymiana tynków tylko w obszarze zniszczeń na systemowe, malowanie całości współczesnymi farbami, np. silikatowymi. Wariant C – zachowawczy, w pełni zgodny z teorią konserwatorską – wymiana tynków tylko w obszarze zniszczeń na tradycyjne (wapienno-piaskowe lub szlachetne), uzupełnienie kolorystyki tylko w obszarze rekonstruowanych tynków, z ewentualną korektą estetyki całości. Wariant C – konserwatorski zachowawczy (najbezpieczniejszy i najtrwalszy) okazał się, wbrew powszechnie panującym przesądom, dwukrotnie tańszy od Wariantu B i czterokrotnie tańszy od Wariantu A. Źródło: Rouba, Bogumiła J., Materiał niepublikowany.

32 Bogdanowska Monika et al., *Interdyscyplinarny słownik wielojęzyczny konserwacji i restauracji dzieł sztuki i zabytków*, NCN i PK, Kraków – Bielefeld 2016. http://www.imd.pk.edu.pl (sierpień 2021) passim.

33 Feilden Bernard M., *Conservation of Historic Buildings*, Architectural Press, 1997, 9.

34 Bucher Ward (red.), Madrid Cristine (red. il.), *Dictionary of Building Preservation*, Preservation Press, John Wiley & Sons, New York 1996.

dziedzictwa kulturowego. W odniesieniu do budynku pojęcie to oznacza zachowanie integralności jego substancji i poszanowanie jego znaczenia kulturowego, historycznego, estetycznego lub artystycznego.

Konserwacja w węższym znaczeniu ma charakter zachowawczy i nie obejmuje np. uzupełniania brakujących fragmentów budynku. Jej celem jest wyłącznie spowolnienie procesu degradacji oryginalnych elementów zabytkowych.

Dla konserwacji zabytków fundamentalne są dwie zasady:
- minimalnej interwencji, czyli stosowania jak najskromniejszych środków wpływających na tkankę zabytkową,
- odwracalności interwencji, czyli zachowania możliwości powrotu do stanu sprzed interwencji.

Konserwację przeprowadza się po dokładnym zinwentaryzowaniu obiektu, przeprowadzeniu badań archiwalnych, historycznych i technicznych, mających na celu ustalenie stanu dzieła, wieku i wartości zabytkowej poszczególnych jego elementów. Następnie określa się zakres prac i zabiegów konserwatorskich, niezbędnych dla realizacji celów projektu.

Renowacja

Termin obejmuje przede wszystkim bieżącą interwencję. Polega na podtrzymaniu stanu technicznego i przywróceniu oraz utrzymaniu estetycznego wyglądu obiektu zabytkowego. Powinna być prowadzona z uwzględnieniem aktualnej wiedzy o historycznym wyglądzie i formie obiektu. Typowymi pracami renowacyjnymi jest odmalowanie elewacji albo wnętrz budynku zabytkowego lub uzupełnienie zieleni niskiej w zabytkowym zespole.[35]

Pojęcie renowacji jest jednak często stosowane w znaczeniu znacznie szerszym, obejmującym poprawę funkcjonalności budynku i zmniejszenie jego zapotrzebowania na energię. Wg części konserwatorów jest to terminologiczny błąd. Pojęcia takie jak *termorenowacja* albo *renowacja energetyczna* są znaczeniowo najbliższe terminom rewaloryzacji albo *modernizacji* (patrz dalej).

W żadnym przypadku renowacja nie może prowadzić do istotnego naruszenia substancji zabytkowej lub doprowadzenia obiektu do wyglądu ahistorycznego.

35 Narodowy Instytut Dziedzictwa, *Podstawowe pojęcia z zakresu konserwacji i rewitalizacji*. https://samorzad.nid.pl/baza_wiedzy/podstawowe-pojecia-z-zakresu-konserwacji-i-rewitalizacji (czerwiec 2022).

Restaurowanie

To zespół działań, zmierzających do przywrócenia uszkodzonej lub zmienionej budowli jej dawniejszej formy architektonicznej oraz wartości artystycznej i użytkowej. Prace restauratorskie mogą obejmować **rekonstrukcję** lub **rozbudowę**, ale przede wszystkim polegają na wydobyciu wartości zachowanych w formie autentycznej. Prowadzi się je na podstawie kwerendy materiałów archiwalnych i z zachowaniem ocalałych fragmentów budowli. Nowe elementy powinny harmonizować z całością, ale należy zadbać o możliwość odróżnienia nowych elementów dodanych do zabytkowej tkanki.

Restaurowanie może też oznaczać przywracanie budynku do stanu z określonego etapu jego historii, przy użyciu materiałów i technik konstrukcyjnych

i oryginału. Zazwyczaj wybierana jest epoka o największym znaczeniu historycznym albo taka, w której obiekt był najbardziej spójny estetycznie. Zachowywana jest więc substancja z najważniejszego okresu w historii, a późniejsze nawarstwienia są dokumentowane i ewentualnie usuwane.[36]

36 Weeks Kay D., *Historic Preservation Treatment: Toward a Common Language*, Cultural Resources Management, 19 (1), 1996, 32–35.

Rewaloryzacja

Rozumiemy przez nią wyeksponowanie, a nawet przywrócenie wartości artystycznych i kulturowych zabytku, a w szczególności jego walorów użytkowych. Służy podtrzymaniu pierwotnego sposobu użytkowania zabytku albo przystosowaniu go do pełnienia nowej funkcji, przy spełnieniu potrzeb współczesnych użytkowników, w sposób nienaruszający najważniejszych wartości zabytkowych.

Odnowienie, remont

Terminy te oznaczają proces takiej naprawy i zmiany istniejącego budynku, aby pod względem użytkowym odpowiadał nowemu obiektowi. Dostosowanie obiektu do współczesnych potrzeb może obejmować większe przekształcenia, ale nie obejmuje modernizacji, rozbudowy, nadbudowy czy przebudowy.

W budynkach zabytkowych remont zazwyczaj polega na naprawach lub wymianie elementów wtórnych albo intensywnie użytkowanych, które nie mają wartości zabytkowej lub jest ona niewielka, a w obecnym stanie technicznym negatywnie wpływają na estetykę i funkcjonalność obiektu. Najczęstsze remonty w budynkach zabytkowych obejmują elementy dachów i więźby dachowe, wnętrza mieszkań pozbawionych detalu architektonicznego, klatki schodowe niewymagające prac konserwatorskich, instalacje oraz izolacje przeciwwilgociowe.[37]

37 Narodowy Instytut Dziedzictwa, *Podstawowe pojęcia*... op.cit.

Adaptacja

Oznacza przystosowanie obiektu do nowych funkcji. Z konserwatorskiego punktu widzenia warunkiem zgody na adaptację jest maksymalne zachowanie charakterystycznych cech materii i struktury zabytku, które są nośnikami wartości artystycznych i historycznych.

Modernizacja

Oznacza modyfikację, unowocześnienie budynku, czyli poprawę jego stanu technicznego, podniesienie standardu użytkowego, poszerzenie funkcjonalności a także zmianę jego cech i właściwości poprzez np. montaż nowych instalacji, adaptację do nowej funkcji, rozbudowę lub przystosowanie do nowych warunków funkcjonowania.

Modernizacja może też oznaczać przekształcenie budynku w celu nadania mu wyglądu obiektu nowego lub odpowiadającego współczesnej stylistyce. W takim sensie modernizacja jest przeciwieństwem konserwacji i rewaloryzacji.

Retrofit

Termin ten nie jest stosowany w teorii konserwacji zabytków, ale stał się popularny m.in. w środowisku architektów i urbanistów.

Celem tego rodzaju działania jest poprawa funkcjonalności budynku poprzez wymianę lub dodanie wyposażenia, systemów, instalacji w nowej technologii. Retrofit polega często na instalowaniu nowoczesnych systemów grzewczych, dodatkowej izolacji przegród, stosowaniu wieloszybowych przeszkleń, służy więc zmniejszeniu zużycia energii użytkowej, śladu węglowego i emisji zanieczyszczeń. Najczęściej zachowuje się przy tym, a nawet eksponuje, charakterystyczne cechy budynku historycznego (il. 5).

Retrofit wydłuża oczekiwaną żywotność obiektu i zapewnia mniejsze koszty użytkowania. Retrofit sejsmiczny poprawia odporność konstrukcji na trzęsienia ziemi.

Fot. IMage Produkcija

Fot. IMage Produkcija

Fot. Tomasz Jeleński

Il. 5. Zamek w Zaboku, Chorwacja, wybudowany w 1889 r., wpisany do rejestru zabytków, obecnie pełni funkcję Centrum Energetycznego Bračak. Zrujnowany budynek został poddany rewaloryzacji, a jego instalacje zmodernizowano zgodnie ze standardami niskoenergetycznymi. Zużycie energii na ogrzewanie zmniejszono o niemal 70%, z początkowych 213,0 kWh/m² do 64,0 kWh/m². Zmieniło to klasę efektywności energetycznej z E na poziom niskoenergetyczny B z udziałem 88% odnawialnych źródeł energii. Budynek osuszono i ocieplono od wewnątrz. Zainstalowano m.in. kocioł na pelet o mocy 80 kW i sprawności do 94,9%, wysokosprawny system VRF o mocy zainstalowanej 95,2 kW, wentylację z odzyskiem ponad 90% ciepła, mikrokogenerator na gaz ziemny do CWU o mocy zainstalowanej elektrycznej 6 kW i cieplnej 14,9 kW, energooszczędne oświetlenie LED i T5, centralny system monitoringu i sterowania zarządzający ogrzewaniem, wentylacją i klimatyzacją oraz oświetleniem wewnętrznym, stację szybkiego ładowania dla dwóch pojazdów elektrycznych (2 × 22 kW) i system spłukiwania toalet wodą deszczową.

2.5. Termomodernizacja budynków zabytkowych w praktyce

Mitygacja zmian klimatu poprzez termomodernizację obiektów zabytkowych jest z perspektywy urzędów konserwatorskich trudna, ale niewykluczona. Jeśli wprowadzane rozwiązania techniczne nie kolidują z celami ochrony i opieki nad zabytkami, służby konserwatorskie je akceptują. Co więcej – jeśli rozwiązania te pozwalają na lepsze wykorzystanie obiektów zabytkowych, a tym bardziej na przedłużenie ich istnienia – są one nie tylko akceptowalne, ale też zalecane. Podobnie jak akceptuje lub zaleca się zmianę funkcji, czyli sposobu użytkowania, jeśli przyczyni się do poprawy stanu i przedłużenia żywotności zabytku.

Warto więc odpowiedzieć na pytanie, jakie są najczęściej spotykane problemy i trudności z działaniami mitygacyjnymi z perspektywy konserwatorskiej.

2.5.1. Ochrona wnętrz historycznych

Przy wprowadzaniu do budynków zabytkowych innowacji technicznych większość zmian dotyczy wnętrz. Jeśli wnętrza i elementy ich wyposażenia zostały już w całości lub w części przekształcone i brak jest materiałów umożliwiających ich całkowite lub choćby częściowe odtworzenie, a dla istnienia zabytku istotne znaczenie ma jego funkcjonalne zagospodarowanie,

Fot. Ewa Waryś

Fot. © Jan – stock.adobe.com

II. 6. Pałac Tiele-Wincklerów w Bytomiu-Miechowicach, wybudowany w 1817 r., wpisany do rejestru zabytków jako element dawnego założenia pałacowo-parkowego. Po lewej: ruina oficyny pałacowej, widok od strony zachodniej, stan obiektu w 2018 r. Po prawej: pałac odrestaurowany, stan obecny.

zasadniczo nie ma trudności z akceptacją nowych technologii. Za przykład mogą posłużyć odrestaurowane w ostatnich latach: skrzydło pałacu Tiele-Wincklerów w Bytomiu-Miechowicach (il. 6) oraz pałac Donnersmarcków (Mieroszewskich) w Siemianowicach Śląskich. W obu tych obiektach, na skutek przekształceń oraz istotnych uszkodzeń, historyczne wnętrza praktycznie nie zachowały się. Skąpe informacje ikonograficzne nie pozwoliły na ich odtworzenie. Zmiana funkcji uzasadniała konieczność zainstalowania urządzeń technicznych, odpowiadających współczesnym standardom.

W Bytomiu-Miechowicach pojawiła się potrzeba urządzenia sali konferencyjnej, pomieszczeń ekspozycyjnych i biur. Zastosowano wewnętrzne docieplenie i wprowadzono klimatyzację, a wewnątrz klatki schodowej udało się bez istotnych strat architektonicznych wbudować szyb windowy. Także bez uszczerbku dla wnętrz zamontowano instalację wodno-kanalizacyjną i urządzono sanitariaty. W całym budynku funkcjonuje system teleinformatyczny i monitoring telewizyjny.

W pałacu siemianowickim oprócz sal konferencyjnych, ekspozycyjnych, miejsc spotkań i pomieszczeń gospodarczych wprowadzono urządzenia browarnicze oraz pomieszczenia gastronomiczne i handlowe wraz z potrzebnym zapleczem. Wszystko to pociągnęło za sobą określone potrzeby instalacyjne. Docieplenie zespołu budynków objęło górny strop i połacie dachowe. We wnętrzach pałacu siemianowickiego częściowo zachowała się jedynie stolarka drzwiowa, którą w małym stopniu udało się odrestaurować, a w pozostałej części zrekonstruowano ją według zachowanych form.[38] Zgoda WKZ na wszystkie wymienione działania poprzedzona była kwerendą archiwalną oraz badaniami architektonicznymi i stratygraficznymi na ewentualną obecność polichromii.

38 Dokumentacja w archiwum Śląskiego Wojewódzkiego Urzędu Ochrony Zabytków, passim.

Te przykłady wskazują, że kiedy mamy do czynienia z wnętrzem pozbawionym oryginalnego wystroju, niezbędne staje się rozważenie w pierwszej kolejności rodzajów i metod wprowadzenia nowych technologii, w tym proekologicznych i oszczędzających energię, a dopiero w kolejnym kroku realizowana jest rekonstrukcja, bądź (jeśli determinuje to brak materiałów źródłowych) waloryzacja wnętrza np. w formie harmonijnie dobranej nowej kreacji, albo w nawiązaniu do stylu epoki, z której budynek pochodzi.

Również tam, gdzie w znacznym stopniu zachowane są oryginalne wnętrza i elementy ich wyposażenia, nie wyklucza się możliwości wprowadzenia nowych technologii. Wzrasta natomiast skala trudności i koszty takich działań.

Duże, a nieraz determinujące znaczenie dla możliwości wprowadzania nowych technologii ma ranga zabytku. Choć pojęcie to nie funkcjonuje już w obrocie prawnym (niegdyś funkcjonowały tak zwane klasy zabytków – od 0 do 4 albo 5), to oczywiste jest, że standard działań będzie wyższy np. w Muzeum Zamkowym w Pszczynie niż w przeciętnej kamienicy mieszczańskiej z przełomu XIX i XX wieku.

2.5.2. Ochrona historycznych elewacji

Potrzeba ingerencji w wygląd zewnętrzny budynku podlegającego ochronie wynika najczęściej z chęci zastosowania dodatkowej izolacji ścian zewnętrznych, instalacji ogniw fotowoltaicznych oraz innych urządzeń oszczędzających lub produkujących energię. Jeśli chodzi o przegrody termiczne (ocieplenia budynków), rozwiązaniem może być stosowanie dociepleń na wewnętrznej stronie ścian, stropów i połaci dachowych, jeśli oczywiście pozwala na to brak lub bardzo zły stan zachowania elementów historycznego wystroju wnętrz. Nie jest akceptowalne, z konserwatorskiego punktu widzenia, stosowanie z zewnątrz izolacji wpływających na zmianę stereometrii budynków, a tym bardziej zasłaniających detale architektoniczne.

Nieakceptowane są również wyraźne ingerencje, np. duże urządzenia wentylacyjne lub ogniwa fotowoltaiczne na widocznych połaciach dachowych budynku zabytkowego albo będącego w strefie ochrony obszarowej. Przykładem może być wpisana do rejestru zabytków (wpis obszarowy) zabudowa centrum Miasteczka Śląskiego (powiat tarnogórski), gdzie właśnie ze względów widokowych nie wydano zgody na montaż paneli na kilku obiektach. Decyzje w tej sprawie poprzedziła analiza widokowa oparta na punktach obserwacji z poziomu otoczenia. Nie brano pod uwagę analizy widokowej z wyższych poziomów, ponieważ w okolicy nie ma istotnych dominant wysokościowych, a duża cześć budynków to zabudowa współczesna, choć na terenie wpisanym obszarowo do rejestru zabytków. Jeśli więc pozwalają na to warunki historyczno-architektoniczne i techniczne, panele można montować tam, gdzie nie będą widoczne bądź staną się praktycznie niezauważalne.

Obecnie rynek konserwatorski oczekuje na ogniwa fotowoltaiczne zbliżone wyglądem do tradycyjnych pokryć dachowych, takich jak różne rodzaje dachówki, łupek, gont lub blacha na rąbek.

2.5.3. Najczęściej popełniane błędy

Największym problemem z perspektywy służb konserwatorskich są samowolne i nieudolne próby modernizacji obiektów historycznych, których celem jest m.in. poprawa komfortu cieplnego i oszczędność energii, a częstym efektem są zagrożenia dla zdrowia ludzi i fizyczna degradacja zabytkowej substancji.

Najczęściej popełniane błędy dotyczą:

- skuwania i wymiany starych, oryginalnych tynków,
- stosowania zapraw zawierających dodatki cementu w miejscach, w których nie stosowano zapraw cementowych lub cementowo-wapiennych; stosowane zaprawy tynkarskie muszą odpowiadać, parametrami i składem, historycznym oryginałom ustalonym w badaniach,
- wymiany starych elementów zabytku na nowe, bez analizy naprężeń, np. wynikających z innej rozszerzalności cieplnej, innej kapilarności itp., które następnie powodują degradację substancji oryginalnej,
- malowania wnętrz farbami dyfuzyjnie zamkniętymi (lamperie) albo o niskiej paroprzepuszczalności,
- stosowania nowoczesnych barier przeciwwilgociowych, styropianu, folii i membran paroizolacyjnych, które są standardem w nowoczesnym budownictwie, ale ograniczają zdolność starego budynku do „oddychania" (nie pozwalają na naturalne odparowanie wilgoci),
- wymiany oryginalnej stolarki okiennej na nową, wykonaną w nowych technologiach (nawet w formie naśladującej oryginał), która może prowadzić do zmiany mikroklimatu wnętrza i w rezultacie do niszczenia jego substancji i wyposażenia oraz pojawienia się zagrożeń dla zdrowia użytkowników,
- wymiany oryginalnych posadzek lub stosowania klejów z dodatkiem cementu; dawne posadzki ceramiczne i kamienne były układane na podsypce z piasku, niekiedy z dodatkiem chudej zaprawy wapiennej lub gliny; zarówno położenie posadzki nowej, jak i posadzki oryginalnej, ale przy zastosowaniu nowych technologii klejenia, szczelnie izoluje podłoże i uniemożliwia odparowanie wody, co w rezultacie wpływa na podniesienie poziomu zawilgocenia ścian budynku wskutek podciągania kapilarnego.

Na zachowanie budynku i jego wartości znaczny wpływ mają również działania prowadzone w jego otoczeniu. Bliskie otoczenie budynku stanowi integralną część obiektu dziedzictwa, wymagającą takiej samej dbałości i ochrony, jak sam zabytkowy budynek. Szczególną uwagę należy zwrócić na właściwą pielęgnację drzewostanu, odtwarzanie zabytkowej kompozycji zieleni, oraz zachowanie i prawidłowe utrzymanie nawierzchni. Usunięcie drzew lub innych nasadzeń oraz uszczelnienie nawierzchni wokół budynku może prowadzić do zmian wilgotności gruntu i zawilgocenia budynku.

Więcej o typowych błędach przy termomodernizacji obiektów historycznych oraz jak ich unikać piszemy w kolejnych rozdziałach.

Bibliografia rozdziału 2.

Bogdanowska Monika, Komodziński Andreas W. et al., *Interdyscyplinarny słownik wielojęzyczny konserwacji i restauracji dzieł sztuki i zabytków*, NCN i PK, Kraków – Bielefeld 2016. http://www.imd.pk.edu.pl (sierpień 2021).

Bucher Ward (red.), Madrid Cristine (red. il.), *Dictionary of Building Preservation*, Preservation Press, John Wiley & Sons, New York 1996.

DW, *How can we prepare for extreme flooding?* https://www.dw.com/en/germany-belgium-floods-climate-crisis-adaptation/a-58318340 (sierpień 2021).

Dz.U. 2003 nr 162 poz. 1568, Ustawa z dnia 23 lipca 2003 r. o ochronie zabytków i opiece nad zabytkami.

Feilden Bernard M., *Conservation of Historic Buildings*, Architectural Press, 1997.

Jeleński Tomasz, *Practices of Built Heritage Post-Disaster Reconstruction for Resilient Cities*, Buildings 8, no. 4: 53, 2018. https://doi.org/10.3390/buildings8040053 (sierpień 2021).

Narodowy Instytut Dziedzictwa [NID], *Podstawowe pojęcia z zakresu konserwacji i rewitalizacji.* https://samorzad.nid.pl/baza_wiedzy/podstawowe-pojecia-z-zakresu-konserwacji-i-rewitalizacji (czerwiec 2022).

Stowarzyszenie Ochrony Narodowego Dziedzictwa Materialnego, *Konkurs Modernizacja Roku.* https://www.modernizacjaroku.org.pl/pl/edition/1691/object/1836/budynek-biurowy-nadlesnictwa-elblag (lipiec 2022).

Szmygin Bogusław, *Teoria zabytku Aloisa Riegla*, Ochrona Zabytków, nr 3/4 2003, 148–153.

Szmygin Bogusław, *Vademecum konserwatora zabytków: międzynarodowe normy ochrony dziedzictwa kultury*, Polski Komitet Narodowy ICOMOS Międzynarodowej Rady Ochrony Dziedzictwa Kultury, Warszawa 2015.

Weeks Kay D., *Historic Preservation Treatment: Toward a Common Language,* Cultural Resources Management, 19 (1), 1996, 32–35.

3 Elementy budynku: problemy i rozwiązania

Tomasz Jeleński
· Politechnika Krakowska

Cezary Czemplik
· Ogólnopolskie Stowarzyszenie Budownictwa Naturalnego

Anna Zaręba
· Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu

Robert Wójcik
· Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

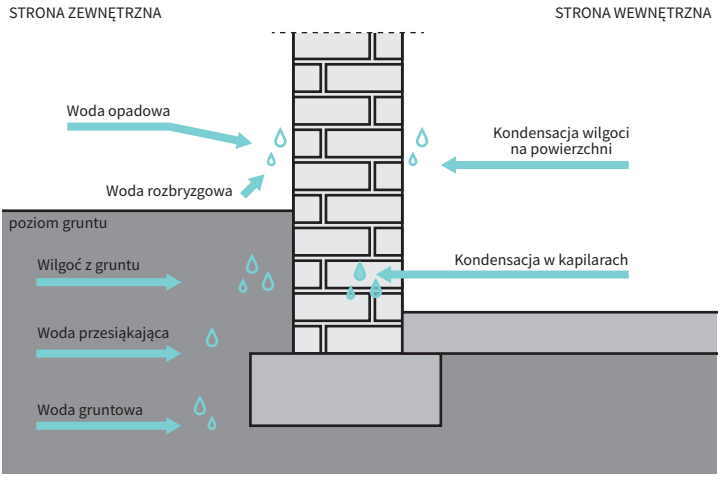
Piotr Kosiński
· Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

3.1. Fundamenty, piwnice i przyziemie

Tomasz Jeleński · Politechnika Krakowska

3.1.1. Zawilgocenie strefy podziemnej i przyziemia

Fundamenty, ściany fundamentowe, piwnice oraz podłogi na gruncie są zagrożone wilgocią gruntową, a także wodami gruntowymi, jeśli występują one na małej głębokości. Najczęstszą przyczyną problemów w tej strefie są jednak wody opadowe, rozbryzgowe i kondensacja wilgoci (il. 7).



Il. 7. Źródła zawilgocenia piwnic i przyziemia.

Zawilgocenie zagraża nie tylko podziemnym częściom budynku. Może ono zostać przeniesione wyżej, wskutek podciągania kapilarnego – zjawiska polegającego na nasiąkaniu wodą materiału niemającego bezpośredniego kontaktu ze źródłem wilgoci.

Podciąganie kapilarne z fundamentów i piwnic może być powodem zawilgocenia ścian do wysokości kilku metrów. Wysokość ta zależy od materiału budowlanego – bardziej spoiste materiały, np. ceramika, unoszą wodę wyżej niż materiały makroporowate. Zjawisko to należy do najczęstszych i najtrudniejszych do wyeliminowania przyczyn uszkodzeń budynków. Widocznym efektem podciągania kapilarnego są odpadające tynki, ubytki w materiale i spoinach, wykwity solne i rozwój mikroorganizmów.

Skutkami oddziaływania wilgoci są także:[39]

- Obniżenie **izolacyjności cieplnej** materiałów

  Już kilkuprocentowy wzrost zawilgocenia powoduje zwiększenie strat ciepła i możliwość przemarzania zawilgoconych przegród. Np. cegła

39 Trochonowicz Maciej, *Wilgoć w obiektach budowlanych. Problematyka badań wilgotnościowych*, Budownictwo i Architektura vol. 7, nr 2/2010, 131–144. http://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-article-BPL2-0019-0023 (czerwiec 2022).

ceramiczna w warunkach średniowilgotnych ma współczynnik przewodzenia ciepła λ = 0,77 W/(m·K), a dla wilgotności 15% wynosi on około 1,6 W/(m·K). Ponad dwukrotny wzrost λ przegrody powoduje analogiczne obniżenie jej oporu cieplnego.

- Obniżenie **wytrzymałości materiałów i nośności elementów konstrukcyjnych**

  Zawilgocenie powoduje degradację materiałów wykończeniowych: wymalowań, tynków, materiałów okładzinowych oraz elementów drewnianych i drewnopochodnych. Na skutek ich niewielkiej odporności na wilgoć dochodzi do nieodwracalnych zniszczeń. Jeszcze groźniejszy może być wpływ zawilgocenia na elementy konstrukcyjne obiektu. Niektóre materiały budowlane pod wpływem zawilgocenia rozmiękają, czemu towarzyszy spadek ich wytrzymałości. Przemieszczanie się wilgoci powoduje rozpuszczanie substancji wiążących mury i obniżenie nośności przegród. Zawilgocone materiały ulegają niszczeniu również na skutek cyklicznego zamrażania i odmrażania wody zawartej w porach i kapilarach. Zjawisko to jest szczególnie widoczne na zewnątrz przyziemia.

- Zagrożenie **korozją biologiczną**

  Podwyższona wilgotność bardzo często prowadzi do powstania korozji biologicznej, czyli procesów destrukcji powodowanych przez grzyby domowe, pleśniowe, owady – szkodniki drewna, oraz glony, mchy, porosty i bakterie. Korozja biologiczna zmienia i niszczy strukturę materiałów budowlanych i wykończeniowych. Oddziałuje też na ludzi przebywających w porażonych pomieszczeniach; może powodować schorzenia dróg oddechowych, narządów wzroku, stawów oraz osłabienie odporności organizmu.

- Procesy **niszczenia związane z działaniem soli**

  Sole rozpuszczalne w wodzie należą do najgroźniejszych czynników niszczących obiekty budowlane, zwłaszcza w obrębie przyziemia budynku. Ich wysokie stężenia mogą prowadzić do całkowitego zniszczenia zasolonych partii budynku. Nośnikiem soli w materiałach budowlanych jest woda, a zniszczenia powstają na skutek procesów krystalizacji soli podczas jej odparowywania i działania tzw. ciśnienia krystalizacyjnego.

3.1.2. Osuszanie i ochrona przed wilgocią

Jednym z pierwszych zadań przy konserwacji, rewaloryzacji albo modernizacji zawilgoconych budynków jest ich osuszenie, rozumiane jako skoordynowany zespół działań mających na celu trwałe obniżenie poziomu zawilgocenia (zazwyczaj do poziomu 3–6% wilgotności masowej).[40] Samo osuszenie prowadzi do obniżenia strat energii i zapotrzebowania energetycznego budynku, a także umożliwia prowadzenie ewentualnych dalszych prac termomodernizacyjnych.

Podstawowym etapem procesu osuszania jest usunięcie źródła zawilgocenia, co w budynkach niezabytkowych pochodzących z XX w. może wymagać wykonania wtórnych izolacji przeciwwilgociowych lub wodochronnych. Wykonanie hydroizolacji w budynku, który w wyniku uszkodzenia lub technicznego zużycia uległ zawilgoceniu, jest zagadnieniem na tyle złożonym, że

40 Monczyński Bartłomiej, *Wtórna hydroizolacja przyziemnych części budynków*, Izolacje 4/2019. https://www.izolacje.com.pl/artykul/fundamenty/190197,wtorna-hydroizolacja-przyziemnych-czesci-budynkow (czerwiec 2022).

praktycznie każdy przypadek należy rozpatrywać indywidualnie. Nie istnieją uniwersalne metody wtórnych zabezpieczeń istniejącego budynku przed wilgocią. Ważne jest nie tylko przeciwdziałanie konkretnym przyczynom zawilgocenia, ale również **ograniczanie działań zbędnych**.[41]

Wtórna hydroizolacja jest zabiegiem inwazyjnym i kosztownym. Przed jej zaplanowaniem należy się upewnić, czy zawilgocenie budynku częściowo lub w całości nie wynika z defektów instalacji budynku czy specyfiki jego użytkowania. Należy również ocenić warunki gruntowo-wodne: rodzaj i właściwości gruntu, występujące w nim obciążenie wodą oraz możliwość zmiany istniejących warunków.

Stosowanie nowoczesnych metod hydroizolacji nie zawsze jest racjonalne i skuteczne, szczególnie w obiektach zabytkowych i o konstrukcji tradycyjnej. Budynki dawniej nie posiadały izolacji przeciwwilgociowej w postaci folii lub membran bitumicznych, a były dobrze chronione przed wilgocią. Do ochrony podziemnych części budynków stosowano naturalne materiały izolujące o niskim współczynniku infiltracji, np. glinę wymieszaną z iłem (tzw. tłustą glinę). Masa ta była klejona do fundamentów i ścian fundamentowych, stanowiąc doskonałą izolację przeciwwodną i przeciwwilgociową.[42]

Profilowanie terenu, łagodnie wznoszącego się w stronę budynku, skutecznie odprowadzało wody opadowe. Wokół obiektów wolnostojących teren był porośnięty trawą, która tłumiła rozbryzg deszczu i przyspieszała odparowanie nadmiaru wody z gruntu (ewapotranspirację).[43] W warunkach miejskich urządzano tzw. przedogródek. Intensywność ewapotranspiracji znacząco zwiększały nasadzenia drzew.

Rozwiązania te były skuteczne i trwałe. Wtórne problemy z wilgocią w strefie fundamentów i przyziemia starych budynków pojawiają się głównie za sprawą podnoszenia i uszczelniania przyległego terenu. Niezwykle niebezpieczne jest też prowadzenie wykopów blisko ścian fundamentowych. Wykop może uszkodzić oryginalną izolację przeciwwilgociową, natomiast podniesienie zewnętrznego poziomu gruntu i jego uszczelnienie powoduje zalewanie budynku wodą opadową.[44]

3.1.3. Typowe przyczyny strukturalnego zawilgocenia

Zawilgocenie struktury budynku może być wynikiem przenikania wód opadowych, napływowych, gruntowych lub wewnętrznej kondensacji pary wodnej.

Woda opadowa może przenikać do budynku przez dach, ściany i otwory w przegrodach zewnętrznych. Typowymi miejscami przenikania wilgoci są uszkodzenia dachu i elewacji (np. brakujące lub pęknięte fugi), uszkodzone uszczelnienia wokół drzwi i okien, zatkane otwory odpływowe (np. z pustek powietrznych w murach) oraz źle uszczelnione przejścia instalacyjne.

Wszystkie te wady mogą przyczyniać się do zawilgocenia budynku, ale najczęstszymi problemami powodującymi zawilgocenie strefy przyziemia jest wadliwe orynnowanie, uszkodzone, zatkane lub ślepe rury spustowe i nieodpowiedni drenaż. Woda deszczowa zalewająca cokół i ściany fundamentowe

41 Monczyński Bartłomiej, *Przyczyny zawilgacania budynków*, Izolacje 1/2020. https://www.izolacje.com.pl/artykul/fundamenty/194437,przyczyny-zawilgacania-budynkow (czerwiec 2022).

42 Krause Paweł, Szymanowska-Gwiżdż Agnieszka, *Sposoby uszczelnień i metody renowacji zawilgoconych ścian piwnic*. Izolacje 6/2018. https://www.izolacje.com.pl/artykul/sciany-stropy/186228,sposoby-uszczelnien-i-metody-renowacji-zawilgoconych-scian-piwnic (czerwiec 2022).

43 Rouba Bogumiła J., *Zawilgocenie jako problem w ochronie obiektów budowlanych i zbiorów muzealnych*, MNRiPR-S, Szreniawa 2017, 42-44.

44 The Society for the Protection of Ancient Buildings, *Historic Floors Guidance Note*, SPAB, London 2007. https://www.spab.org.uk/sites/default/files/documents/MainSociety/Advice/Historic%20Floors%20Guidance%20Note.pdf (czerwiec 2022).

wnika w strukturę przyziemia, a wskutek podciągania kapilarnego może wsiąkać w ściany parteru.

Bezpośrednie przenikanie wód opadowych przez przegrody zewnętrzne nie występuje w budynkach, których dach i elewacje utrzymywane są w dobrym stanie technicznym. Ewentualne nieszczelności mogą być łatwo usunięte podczas typowych prac konserwacyjnych. Najwięcej problemów z usunięciem przyczyn zawilgocenia dotyczy zmian w otoczeniu budynku oraz błędów popełnianych przy próbach wtórnego zabezpieczenia budynku przed wodą i wilgocią.

Problemy trwałego zawilgocenia budynków historycznych zaczęły pojawiać się masowo w drugiej połowie XIX wieku, wraz z modernizacją miast, uszczelnianiem nawierzchni, likwidacją przedogródków i upowszechnieniem cementu używanego do renowacji i remontów. Zarówno zmiany w otoczeniu budynków, jak i wprowadzanie szczelnych spoin i tynków, zaburzyły równowagę wilgotnościową gruntów, piwnic i przyziemi. Kolejnym błędem było stosowanie pionowych izolacji bitumicznych (skutecznych w przypadku nowych budynków) również do starych struktur, a także uszczelnianie podłóg w piwnicach i parterach oraz malowanie ścian paroszczelnymi farbami. W tak uszczelnionej strukturze jedyną drogą migracji nadmiaru wody są mury, które podciągają wodę kapilarnie.[45]

45 Historic England, *Energy Efficiency and Historic Buildings: Insulating Solid Ground Floors*, English Heritage, London 2016.

Stosowane od początku XX w. betonowe opaski wokół murów przyspieszały procesy zawilgocenia, a także zwiększały zasolenie murów. Założenie, że przykrycie ziemi betonem sprawi, że deszcz w nią nie będzie wsiąkał i pod spodem będzie sucho, okazało się całkowicie błędne. W ten sposób uniemożliwiano odparowanie namiaru wilgoci i zintensyfikowano moczenie cokołów wodą rozbryzgową.

Zawilgocenie dodatkowo pogarsza się na skutek ograniczania naturalnej wentylacji suteren i piwnic oraz ogrzewania wnętrz dotąd nieogrzewanych. Ciepłe powietrze powoduje intensyfikację kondensacji pary wodnej na powierzchni i w strukturze przegród zewnętrznych.

3.1.4. Próby rozwiązań technicznych i typowe błędy

Próbą likwidacji problemu strukturalnego zawilgocenia było wprowadzenie równocześnie z izolacją pionową również izolacji poziomej, odcinającej podciąganie kapilarne.[46] Izolacje poziome murów zaczęto wykonywać na terenie Polski na początku XX wieku.[47] Ich trwałość zależy od właściwego utrzymania i konserwacji.

46 Rouba Bogumiła J., op.cit., 46.

47 Adamowski Józef, Hoła Jerzy, Matkowski Zygmunt, *Skuteczność zabezpieczeń przeciwwilgociowych wykonanych w obiekcie zabytkowym*, Materiały Budowlane 3/2010.

Aż do lat 1980. naukowcy starali się wyjaśniać mechanizmy powstawania zawilgoceń i ich skutków, a inżynierowie pracowali nad doskonaleniem technicznych metod walki z wilgocią. Jako rozwiązanie alternatywne dla betonowych opasek polecano drenaż. W latach 1990. powszechnie zaczęto w Polsce stosować tynki renowacyjne i systemowe działania „osuszające" – pakiet produktów jednej firmy, pozwalający zrealizować kompleksową izolację: wytworzenie przepony, uszczelnienie i zaizolowanie fundamentów.

Fot. Bogumiła J. Rouba

Il. 8. Fundamenty kościoła zbudowane z dużych głazów narzutowych owinięto sztywną folią. Folia uniemożliwi parowanie wody i zatrzyma wilgoć, a jeśli spoiny wypełniono zaprawą, to stworzy ona warunki do kapilarnego podciągania wody i zwiększy zawilgocenie budynku.

Rozwiązania realizowane pod okiem wyspecjalizowanego doradcy miały swoje zalety, ale często i fatalne następstwa, wynikające z wyeliminowania wiedzy konserwatorskiej i stosowania technologii nie zawsze dostosowanej do problemów danego budynku, przede wszystkim do konkretnych przyczyn zawilgocenia (il. 8).[48]

48 Rouba Bogumiła J., op.cit., 52.

Obecnie dostępna jest naukowa i empiryczna wiedza budowlano-konserwatorska, umożliwiająca skuteczne rozwiazywanie nawet bardzo trudnych przypadków. Utrwalił się jednak schemat stosowania rozwiązań typowych, często drogich, a nieskutecznych albo wręcz szkodliwych. Nadal powszechnie wykonuje się szczelne izolacje, a także drenaże, również w miejscach, gdzie jest to niepotrzebne i stwarza zagrożenie rozpulchnienia gruntu. Zdarzają się sytuacje, kiedy drenaż, zamiast odprowadzać wodę, zaczyna dodatkowo nawilżać dolną strefę budynku, szczególnie w sytuacji, kiedy trafia do niego woda z dachu. Wykonywane w sposób nieprzemyślany drenaże i osuszenia zachwiały statykę wielu cennych budowli.[49]

49 Rouba Bogumiła J., *Projektowanie konserwatorskie*. Ochrona Zabytków 56/1 (240), 57–78: 61.

3.1.5. Identyfikacja przyczyn zawilgocenia

Osuszanie może być zabiegiem długotrwałym, skomplikowanym i kosztownym, a mimo to nieskutecznym. Często podejmowane objawowe leczenie zawilgoceń prowadzi do ukrywania wilgoci, co wystarcza na okres pięcioletniej gwarancji udzielanej przez wykonawców. Środki techniczne stosowane doraźnie, bez odtworzenia historii obiektu i ustalenia, jaka była chronologia i zakres kolejnych remontów i modernizacji, nie doprowadzą do usunięcia niekorzystnych zmian, skutkujących zawilgoceniem.

Poszukiwanie przyczyn strukturalnego zawilgocenia strefy fundamentowej należy zacząć od eliminacji problemów najbardziej typowych, do których należą:

- podwyższenie przyległego terenu ponad punkt „0" budynku,[50]
- nieprawidłowe ukształtowanie terenu – brak właściwego spadku albo wręcz spadek odwrotny, w stronę budynku, lub bariery uniemożliwiające szybkie odprowadzenie wody, np. wysokie krawężniki,
- utwardzenie nawierzchni wokół budynku, aż do bezpośredniego styku z elewacją, i wywołane tym moczenie cokołu wodą rozbryzgową,
- infiltracja wód z dachu do gruntu bezpośrednio przy budynku,
- niewłaściwie wykonane przekopy (np. po zakładaniu instalacji, po ułożeniu drenażu).

50 Uwaga: Pojęcie punktu „0" ma znaczenie inne niż używany przez architektów poziom „0" – zazwyczaj poziom progu wejściowego lub posadzki parteru. Pojęcie punktu „0" wprowadziła w swych badaniach B. J. Rouba dla oznaczenia miejsca styku dwóch struktur o różnych właściwościach fizycznych: nienasiąkliwych (zwykle kamiennych) fundamentów i nasiąkliwych murów. Rozpoznanie położenia punktu „0" w stosunku do otaczającego budowlę gruntu pozwala ustalić, czy istnieje problem infiltracji bocznej wody w mury.

Szczególnie trudne są przypadki zawilgocenia spowodowanego uszczelnieniem nawierzchni, zwłaszcza w połączeniu z błędami ukształtowania terenu. Im wyższy od pierwotnego jest poziom gruntu, tym więcej wody dostaje się do muru i tym wyższa będzie strefa jego zawilgocenia. Wysokość ta zależy też od budulca – materiały bardziej spoiste, np. ceramiczne, wyżej podciągają wodę niż szerokoporowe.[51]

51 Rouba Bogumiła J., *Zawilgocenie…*, op.cit., 39.

Stosunkowo rzadsze są przypadki zawilgocenia spowodowanego zaburzeniem stosunków hydrologicznych. Do zmiany poziomu wód gruntowych dochodzi najczęściej w wyniku różnego typu ingerencji w środowisko – budowy tam, regulacji rzek, ekstensywnych instalacji i budowli podziemnych. [52]

52 Ibidem, 40.

W praktyce bardzo pomocne mogą być proste metody identyfikacji przyczyn zawilgocenia, przede wszystkim możliwe do wykonania przez każdego pomiary wysokości poziomu gruntu na zewnątrz i poziomu posadzki parteru. Warto fotografować lub filmować to, co dzieje się z wodą podczas deszczu – czy jest prawidłowo i szybko odprowadzana, czy raczej rozbryzgiwana na ściany lub zalega przy obiekcie w kałużach. Takie obserwacje często pozwalają na natychmiastowe podjęcie skutecznych działań.[53]

53 Ibidem, 55.

3.1.6. Eliminacja przyczyn zawilgocenia

Podstawową zasadą przy osuszaniu budynków historycznych jest rozkładanie suszenia w czasie i eskalacja metod (od najprostszych do bardziej złożonych). Unikać należy metod inwazyjnych: dziurawienia ścian, głębokiego rozgrzebywania gruntu, zwłaszcza przy obiektach zabytkowych, zgodnie z zasadą minimalnej, niezbędnej ingerencji. Najbezpieczniejsze jest przyjęcie zasad poszanowania integralności technicznej obiektu i powrotu do bezpiecznego stanu początkowego.

Dla przywrócenia pierwotnej (odpowiedniej) wilgotności przegród zagłębionych w gruncie należy wykonać nowe lub odtworzyć istniejące pierwotnie spadki otaczającego terenu. Podstawowym zabiegiem pozwalającym zmniejszyć obciążenie przyziemia wodą jest więc przede wszystkim reprofilacja terenu, aby intensywny opad powierzchniowo swobodnie spływał od budynku. Należy m.in. usunąć krawężniki blokujące odpływ wody (il. 9).[54]

54 Ibidem, 54–57.

Fot. Bogumiła J. Rouba

Il. 9. Wadliwe ukształtowanie terenu: chodnik powyżej poziomu „0" budynku, opaska żwirowa, na której rozbryzgiwać będzie się padający deszcz, i krawężnik, który zatrzyma wodę przy ścianie budynku.

Do uszkodzeń spowodowanych destrukcyjnym działaniem wody deszczowej, rozbryzgowej, oraz zalegającego i topniejącego śniegu najczęściej dochodzi w strefie cokołowej. Częstym błędem jest utwardzanie, a nawet uszczelnianie gruntu wokół budynku. Nawet powszechnie stosowane opaski żwirowe nie eliminują skutecznie efektu rozbryzgu wody. Jeśli na cokole widać łuszczącą się farbę, wykwity solne, a nawet odspojenie tynków, pod cokołem należy wykonać miękką, zieloną opaskę. Zieleń zapobiegnie rozbryzgiwaniu się wody deszczowej i zwiększy odparowanie wilgoci z gruntu (ewapotranspirację) (il. 10) (o tym i podobnych rozwiązaniach zielonych piszemy więcej w Rozdziale 4).[55]

55 Ibidem, 54.

Fot. Bogumiła J. Rouba

Il. 10. Ten budynek ilustruje destrukcyjny efekt rozbryzgu wody deszczowej po odbiciu od twardej betonowej powierzchni. Trwale zawilgocona okładzina klinkierowa ściany jest oderwana na dużej powierzchni. Druga elewacja, do której zamiast betonu przylega trawnik, jest w doskonałym stanie.

Jeżeli podziemne części budynku były lub będą poddane hydroizolacji, to warunkiem wykonania prawidłowej renowacji strefy cokołowej jest staranne połączenie wtórnego uszczelnienia cokołu (albo istniejącej wodoodpornej powierzchni cokołu) z izolacją pionową.[56]

Budynek można dodatkowo zabezpieczyć za pomocą drenażu zewnętrznego, ale powinno to być poprzedzone badaniem wód gruntowych. Stosowanie drenażu rurowego w sytuacji występowania wody związanej lub wody kapilarnej jest bezcelowe, ponieważ nie da się ich odprowadzić za pomocą rur drenarskich.[57]

Jeżeli drenaż okaże się uzasadniony, powinien być odsunięty od istniejących budynków, aby uniknąć konieczności odsłaniania fundamentów. Rury drenarskie powinno się umieszczać w odległości nawet kilku metrów od ław fundamentowych. Gdy dysponujemy odpowiednio dużą przestrzenią, a grunt jest odpowiednio chłonny, powinno się rozważyć rozprowadzenie wody z drenażu po powierzchni działki.

Ważnym elementem ochrony przed zawilgoceniem jest zieleń, która reguluje wilgotność gruntu. Znane są przypadki bardzo szybkiej fizycznej degradacji historycznych budynków, spowodowanej wycinką pobliskich drzew. Duże drzewo może transpirować z gruntu setki litrów wody w ciągu doby. Skutkiem jego usunięcia jest zaburzenie gospodarki wodnej. Również pnącza, krzewy, a nawet byliny i trawy przyczyniają się do naturalnej regulacji wilgotności gruntu (il. 11), o czym szerzej piszemy w Rozdziale 4.

W przypadkach poważnych zaburzeń równowagi wilgotnościowej w budynkach historycznych trwałą poprawę można uzyskać tylko w wyniku połączenia wiedzy technicznej (statyki, badań wytrzymałościowych, optymalizacji metod i materiałów umożliwiających osiągnięcie celu) i wiedzy konserwatorskiej (znajomości dawnych technik, zasad bezpieczeństwa

Fot. © LOGORYTM – stock.adobe.com

Fot. © Frans – stock.adobe.com

Il. 11. Ogródki fasadowe przy historycznych budynkach pełnią ważną funkcję, chroniąc cokół przed wodą rozbryzgową i osuszając grunt przy ścianach fundamentowych. Po lewej ogródek fasadowy w Katowicach-Nikiszowcu, po prawej w Rotterdamie.

56 Monczyński Bartłomiej, *Uszczelnianie i renowacja cokołów w istniejących budynkach*, Izolacje 10/2020. https://www.izolacje.com.pl/artykul/fundamenty/222347,uszczelnianie-i-renowacja-cokolow-w-istniejacych-budynkach (czerwiec 2022).

57 Monczyński Bartłomiej, *Przyczyny zawilgacania budynków*, Izolacje 1/2020. https://www.izolacje.com.pl/artykul/fundamenty/194437,przyczyny-zawilgacania-budynkow (czerwiec 2022).

obiektu, gospodarki wodnej, klimatu, naturalnej wentylacji, wzmacniania tradycyjnych materiałów, zasad łączenia starej substancji z nowymi materiałami oraz estetyki).

Przed zastosowaniem rozwiązań technicznych należy przeprowadzić ocenę stopnia zawilgocenia w odniesieniu do dopuszczalnych wartości wilgotności przegród dla poszczególnych materiałów. W literaturze można spotkać różne wartości dopuszczalnej wilgotności dla tego samego materiału lub przegrody. Metody badania wilgotności często opierają się więc na doświadczeniu osób wykonujących badania. Jednym z rozwiązań jest stosowanie pomiarów łączonych, pozwalających na szybkie mapowanie badanych elementów miernikami, a następnie wybór punktów, z których pobrany zostanie materiał do badań laboratoryjnych.[58]

58 Trochonowicz Maciej, *Wilgoć w obiektach budowlanych. Problematyka badań wilgotnościowych*, Budownictwo i Architektura vol. 7, nr 2/2010, 131–144. http://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-article-BPL2-0019-0023 (sierpień 2021).

3.1.7. Warunki stosowania izolacji przeciwwilgociowych i przeciwwodnych

Dobór technologii wykonania izolacji powinien uwzględniać uwarunkowania wewnętrzne i zewnętrzne budynku: materiał, z którego zbudowane są fundamenty, poziom wód gruntowych, rodzaj gruntu (przepuszczalny/nieprzepuszczalny) i ukształtowanie terenu wokół budynku. Projekt powinien uwzględniać też kwestie odgrzybiania, odsalania oraz osuszania murów.

Zabiegiem często polecanym w przypadku zawilgocenia budynku, ale budzącym poważne kontrowersje, jest wykonanie izolacji pionowej ścian fundamentowych i izolacji poziomej podłóg w piwnicach lub przyziemiu. Do wykonania takich prac należy podchodzić z daleko idącą ostrożnością. Doświadczenia pokazują, że izolacja podziemnych części budynku bez bardzo wnikliwego zbadania przyczyn zawilgocenia może prowadzić do pogłębienia problemu, zamiast do jego rozwiązania. Po założeniu nieodpowiedniej izolacji przeciwwilgociowej lub przeciwwodnej wilgoć lub woda nadal wnikają w strukturę budynku, a nowe izolacje nie pozwalają na ich naturalne odprowadzanie.[59]

Podstawową zasadą jest więc niestosowanie szczelnej izolacji fundamentów tam, gdzie pierwotnie ona nie występowała. Decyzja o konieczności zaizolowania fundamentów i ścian piwnic powinna być zawsze poprzedzona analizą stanu zachowania obiektu, ustaleniem przyczyn zaobserwowanych zniszczeń i oceną, czy planowana inwestycja faktycznie jest niezbędna i stanowić będzie rozwiązanie problemu.

Jeżeli stan ścian budynku wskazuje na kapilarne podciąganie wilgoci, skuteczną metodą może być odtworzenie izolacji poziomej (przepony), która odcina możliwość wnikania wilgoci w ścianę. Przed podjęciem takich działań konieczna jest diagnostyka, na podstawie której należy potwierdzić zasadność stosowania przepony. Następnie opracowuje się koncepcję prac osuszeniowych: lokalizację przepony, metodę, materiały, działania towarzyszące (dodatkowe) oraz koniecznie sposób długoterminowej weryfikacji skutków działań po ich wykonaniu.[60]

59 Bajno Dariusz, Rawska-Skotniczny Anna, *Wybrane zagadnienia dotyczące zabezpieczeń podziemnych części istniejących budynków przed wilgocią*, Izolacje 7–8/2017. https://www.izolacje.com.pl/artykul/fundamenty/180430,wybrane-zagadnienia-dotyczace-zabezpieczen-podziemnych-czesci-istniejacych-budynkow-przed-wilgocia (sierpień 2021).

60 Monczyński Bartłomiej, *Mechaniczne metody wykonywania wtórnych hydroizolacji poziomych*, Izolacje 9/2019. https://www.izolacje.com.pl/artykul/fundamenty/192946,mechaniczne-metody-wykonywania-wtornych-hydroizolacji-poziomych (sierpień 2021).

3.1.8. Zastosowanie izolacji

Pozioma izolacja przeciwwilgociowa

Izolację poziomą można wykonać przy wykorzystaniu tzw. metod mechanicznych albo w technologii iniekcji chemicznej. Metody mechaniczne odtwarzania przepon w murze są sprawdzone w praktyce od dziesięcioleci i są uważane za najpewniejszy sposób zahamowania podciągania kapilarnego.[61] Ich wadą jest jednak konieczność bardzo poważnej ingerencji w strukturę muru, co wiąże się zazwyczaj z wprowadzeniem dodatkowych obciążeń. Metoda ta nie jest zalecana do izolowania starszych, masywnych ścian, ze względu na ryzyko spękań, a nawet utraty stateczności muru.

61 WTA Merkblatt 4–7-15/D, *Nachträgliche mechanische Horizontalsperre*, Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e.V., München 2015, 11.

Stosunkowo prostym i skutecznym, ale również inwazyjnym i kosztownym sposobem odtworzenia izolacji poziomej jest wykonanie iniekcji. Jeżeli w ścianie występują pęknięcia lub puste przestrzenie, wypełnia się je za pomocą odpowiedniej zaprawy iniekcyjnej lub płynu na bazie krzemianowej. Jeżeli ściana nie ma pęknięć ani pustych przestrzeni, można od razu przystąpić do wykonania przepony poziomej w technice iniekcji grawitacyjnej albo ciśnieniowej.

Iniekcję ciśnieniową można zastosować tylko do murów o dużej wytrzymałości mechanicznej. Aby przyspieszyć osuszanie i wykonanie przepony hydrofobowej, można przeprowadzić również termoiniekcję. Pozwala ona osuszać mur z cegły pełnej do 3% wilgotności masowej na dobę. W budynkach historycznych zaleca się jednak przede wszystkim techniki małoinwazyjne. Dla murów silnie zawilgoconych gwałtowne osuszanie może być niebezpieczne z powodu naprężeń skurczowych, powodujących pękanie, rozwarstwienie, odpadanie i łuszczenie się tynków, polichromii itp.

Nową technologią tworzenia przepony są pręty przeciwwilgociowe. Wykorzystywane są w nich składniki chemiczne podobne do tych, które stosuje się przy iniekcjach, ale metoda aplikacji przepony wymaga tylko wsunięcia prętów do otworów o niewielkiej średnicy (ok. 12 mm), wywierconych w zaprawie.

Przed przystąpieniem do działań tak poważnie ingerujących w strukturę budynku i kosztownych, warto rozważyć zastosowanie bezinwazyjnych technik opartych na wykorzystaniu elektroosmozy. Polega ona na wytworzeniu elektromagnetycznej bariery, odwracającej kierunek migracji wody w kapilarach. Technologia elektroosmozy przez wiele lat była przez konserwatorów traktowana z rezerwą. Najnowsze rozwiązania, potwierdzone nielicznymi jeszcze badaniami, wydają się skutecznie i bezpiecznie osuszać budynek bez ingerencji w jego strukturę i przy znikomym zużyciu energii elektrycznej.[62]

62 Ekodocieplenia, *Elektrosmoza – osuszanie budynków z 30 letnią gwarancją*. https://ekodocieplenia.com/elektroosmoza-osuszanie (wrzesień 2021) a także Aquapol, *Rozwiązanie: Zasada działania systemu*, https://www.aquapol.pl/zasada-dzialania-systemu (lipiec 2022).

Ściany piwnic i przyziemia

W przypadku ścian o niewielkim poziomie zawilgocenia i zasolenia, podstawową czynnością jest usunięcie zniszczonych tynków. Jest to szczególnie uzasadnione, jeżeli mamy do czynienia z nieprzepuszczalnymi tynkami na bazie cementu. Zastąpić je można tanimi tynkami wapienno-piaskowymi,

traktowanymi jako tzw. tynki tracone, albo tynkami renowacyjnymi, które cechuje bardzo dobra paroprzepuszczalność i hydrofobowość. Umożliwiają one bezpieczne wysychanie i odsalanie murów. Dzięki wysokiej porowatości tynków wapienno-piaskowych i renowacyjnych, sole krystalizujące podczas wysychania ściany odkładają się w porach tynków, nie powodując wykwitów na ścianach i uszkodzenia farb.

Ogrzewane przyziemie i piwnice warto zabezpieczyć przed nadmierną utratą ciepła. Dla podniesienia izolacyjności termicznej ścian fundamentowych można stosować od wewnątrz tynki ciepłochronne o wysokiej paroprzepuszczalności.

Dla dodatkowej ochrony termicznej podziemnych pomieszczeń, w których mają przebywać ludzie, ściany można wyłożyć płytami mineralnymi. Płyty te regulują wilgotność powietrza i mikroklimat wnętrz, a dzięki własnościom termoizolacyjnym redukują możliwość występowania zjawiska kondensacji pary wodnej. Wysoka alkaliczność i szybkie wysychanie powierzchni dodatkowo hamują rozwój pleśni. Jeżeli powierzchnia ściany ma być malowana, należy zastosować farbę (ew. gładzie) o wysokim współczynniku paroprzepuszczalności.

Zabiegiem towarzyszącym docieplaniu piwnic musi być odpowiednie usprawnienie wentylacji. Piwnice dawniej nie były ogrzewane, ale naturalnie wentylowane. Piwnice użytkowe, ogrzewane, wymagają bardzo sprawnej wentylacji, zazwyczaj mechanicznej, szczególnie jeżeli ich ściany są narażone na zawilgocenie nie tylko w wyniku kondensacji z powietrza, ale także wodą przenikającą z zewnątrz.

Izolowanie i ogrzewanie podłóg na gruncie

Sens izolowania podłóg na gruncie zależy przede wszystkim od sposobu użytkowania pomieszczeń. Jeśli ich przeznaczeniem są funkcje przechowawcze, wówczas izolowanie podłogi jest zbędne, a nawet szkodliwe. Należy wziąć pod uwagę, że izoterma gruntu pod budynkiem jest zazwyczaj dodatnia i wynosi w środkowej części budynku ok. 8°C.

Nieizolowanych termicznie podłóg nie wolno uszczelniać. Tradycyjne posadzki na gruncie umożliwiają odparowanie nadmiaru wilgoci, co pozwala zachować równowagę cieplno-wilgotnościową. Niedopuszczalne jest więc stosowanie zarówno paroszczelnych materiałów posadzkowych, uszczelnień bitumicznych, membran, jak i klejów i fug na bazie cementu.[63]

63 Historic England, *Energy efficiency and Historic Buildings: Insulating Flat Roofs*, English Heritage, London 2012, 20.

W przypadku pomieszczeń ogrzewanych można rozważyć ocieplenie podłóg na gruncie. Należy stosować materiały nienasiąkliwe. Zazwyczaj stosuje się polistyren ekstrudowany XPS o dużej twardości, ale można zastąpić go izolacją ze szkła piankowego. Jest to materiał o znacznie mniejszym śladzie węglowym, z recyklingu, chemicznie obojętny i trwały. Grubość warstwy należy dobrać tak, aby spełnić aktualne wymagania dotyczące wartości współczynnika przenikania ciepła dla posadzek na gruncie.

Na tak izolowanej podłodze można zastosować ogrzewanie podłogowe, które poprawia warunki termiczne pomieszczeń. Zalecane jest ogrzewanie niskotemperaturowe, zwłaszcza we wnętrzach zawierających wartościowe

wyposażenie. Należy jednak pamiętać, że betonowe elementy konstrukcyjne stosowane wraz z ogrzewaniem podłogowym są sztywne i reagują na przemieszczenia oraz naprężenia strukturalne inaczej, niż konstrukcje tradycyjne, które cechuje większa elastyczność. To może mieć nieoczekiwane i niezamierzone konsekwencje dla zachowania konstrukcyjnej integralności budynku, dlatego nie zaleca się takich rozwiązań do stosowania w obiektach zabytkowych.[64]

64 The Society for the Protection of Ancient Buildings, *Historic Floors Guidance Note*, SPAB London 2007. https://www.spab.org.uk/sites/default/files/documents/MainSociety/Advice/Historic%20Floors%20Guidance%20Note.pdf (czerwiec 2022).

3.2. Ściany zewnętrzne

Tomasz Jeleński · Politechnika Krakowska
Cezary Czemplik · Ogólnopolskie Stowarzyszenie Budownictwa Naturalnego

Elewacja jest elementem budynku, którego konserwacja, renowacje i modernizacje budzą najwięcej kontrowersji i wymagają uwzględnienia różnych aspektów efektywności energetycznej i mitygacji zamian klimatu, fizyki budowli oraz potrzeby zachowania walorów estetycznych lub zabytkowych. W niektórych przypadkach najlepszym rozwiązaniem może być pozostawienie elewacji bez zmian lub wykonanie tylko niezbędnych napraw. W innych przypadkach docieplenie ścian może nie tylko poprawić stan techniczny i trwałość budynku, podnieść komfort i zmniejszyć zużycie energii, ale też przyczynić się do przywrócenia świetności elewacji, odtwarzając jej pierwotny wygląd (il. 12).

Ściany zewnętrzne są statystycznie drugim albo trzecim elementem budynku – po wentylacji i ewentualnie dachach – gdzie dochodzi do największych strat energii. Ważnym problemem jest więc utrata ciepła, ale różne warunki klimatyczne po dwóch stronach ściany zewnętrznej powodują, że zachodzą w niej złożone procesy fizyczne związane z migracją ciepła i wilgoci. Zawilgocenie i różnice temperatur są z kolei powodem kondensacji i wykraplania się wody na powierzchni oraz wewnątrz ściany.[65]

Wilgoć jest największym zagrożeniem dla budynku i jego użytkowników. Jest głównym powodem tzw. syndromu chorego budynku oraz fizycznej degradacji jego struktur. Zwiększona wilgotność przegrody zmienia też jej

65 Monczyński Bartłomiej, *Przyczyny zawilgacania budynków*, Izolacje 1/2020. https://www.izolacje.com.pl/artykul/fundamenty/194437,przyczyny-zawilgacania-budynkow (lipiec 2021).

Fot. Ana Šenhold

Il. 12. Wieżowiec przy ul. Laginjina 7–9 w Zagrzebiu, zaprojektowany przez Ivana Viticia, jednego z najwybitniejszych architektów chorwackich, wybudowany w latach 1957–1960, wpisany do rejestru dóbr kultury Chorwacji. Renowacja energetyczna budynku w latach 2016–2017 przyniosła 68% oszczędności energii pierwotnej i zmianę klasy energetycznej z E na C, przy rocznym obliczeniowym zapotrzebowaniu na energię cieplną na poziomie 60,62 kWh/m^2.

właściwości izolacyjne. Upraszczając, przez zawilgoconą ścianę szybciej traci się ciepło. Rozważając budowę ścian i ich poszczególnych warstw, mówimy więc nie tylko o ich właściwościach cieplnych, ale o bardziej złożonych zjawiskach cieplno-wilgotnościowych, zwracając uwagę na przenikanie przez przegrodę wody lub pary wodnej, kondensację pary, jej wykraplanie oraz możliwości odprowadzenia wilgoci.

Drugim zasadniczym zagadnieniem do rozważenia w kontekście możliwości poprawy izolacyjności ścian zewnętrznych jest wygląd i substancja elewacji, która posiada walory estetyczne, a czasem również wartość zabytkową. W wielu przypadkach nie dopuszcza się do ingerencji w wygląd i materię elewacji, ponieważ spowodowałoby to utratę jej wartości estetycznych i kulturowych. Dlatego czasem nie można zastosować optymalnej metody docieplenia ściany, jaką jest ocieplenie od zewnątrz (patrz Rozdział 3.2.3). W takich przypadkach należy zaniechać ocieplania ścian, skupiając się na innych elementach budynku, albo rozważyć rozwiązania alternatywne, np. ocieplenie ścian od wewnątrz lub aplikację dopuszczonych przez konserwatorów ciepłochronnych tynków i farb, które poprawiają fizyczne parametry przegrody, bez istotnej zmiany wyglądu elewacji i proporcji budynku.

Istnieją też typy budynków, w których docieplenie ścian może być nieracjonalne, nie tylko ze względu na ochronę wartości zabytkowych, ale też ze względu na bilans energetyczny i rachunek ekonomiczny. Dotyczy to np. obiektów użytkowanych okresowo, o dużej kubaturze, i takich, w których dopuszcza się brak pełnego komfortu cieplnego (+20°C) – np. w kościołach, halach wystawowych, targowych, sportowych itp. Pomimo docieplenia, początkowe wygrzanie kubatury i utrzymanie podwyższonej temperatury w ich wnętrzu może nadal wymagać bardzo dużych nakładów energetycznych. Lepszym rozwiązaniem może być lokalne zapewnienie komfortu cieplnego, np. za pomocą niskotemperaturowej podczerwieni z paneli IR-C lub mat grzewczych ułożonych pod ławkami i stanowiskami pracy.[66]

3.2.1. Izolowanie ścian a fizyka budowli

Z właściwościami izolacyjnymi przegród ściśle powiązana jest problematyka konwekcji, dyfuzji i kondensacji pary wodnej. Woda w przegrodzie zewnętrznej pojawia się w wyniku opadów atmosferycznych, podciągania kapilarnego, a także w postaci pary, która jest w powietrzu i przenika strukturę budynku. Najtrudniejsze jest zabezpieczenie ścian właśnie przed przenikaniem dużej ilości wilgoci z powietrza. Jest to zjawisko powszechne zwłaszcza w okresach jesienno-zimowych.

Przy schładzaniu się powietrza część zawartej w nim pary wodnej przekształca się w wodę (kondensat pary wodnej). Do tego zjawiska może dochodzić na zimnych powierzchniach ścian lub okien.[67] Kondensat może pojawić się również wewnątrz ściany z powodu dyfuzji pary między różnymi warstwami materiału oraz różnic temperatur.[68] W obu przypadkach zawilgocenie powoduje poważne zagrożenia, w tym rozwój pleśni.

66 W przypadku budynków zabytkowych należy zadbać o ochronę historycznej substancji budynku i wyposażenia przed miejscowym przegrzewaniem. Może ono prowadzić do szkodliwych naprężeń, których skumulowane skutki mogą prowadzić do uszkodzeń mechanicznych. Niskotemperaturowe ogrzewanie płaszczyznowe lub panele IR-C są w tym kontekście najbardziej bezpieczne i, w przeciwieństwie do ogrzewania konwekcyjnego, nie wysuszają powietrza, ani nie zwiększają jego pojemności wilgotnościowej (patrz rozdział 3.7.2).

68 „Kondensacja wewnętrzna może wystąpić, gdy wilgoć gromadzi się w porach materiału lub gdy para migrująca przez przegrodę dochodzi do warstwy o temperaturze niższej niż punkt rosy". Brambilla Arianna, Sangiorgio Alberto, *3 – Durability, condensation assessment and prevention*, [w] Brambilla Arianna, Sangiorgio Alberto (red.), *Woodhead Publishing Series in Civil and Structural Engineering, Moisture and Buildings*, Woodhead Publishing 2021, 27–62. DOI:10.1016/B978-0-12-821097-0.00006-0.

67 Przy dużej wilgotności powietrza ryzyko rozwoju pleśni występuje jeszcze przed pojawieniem się kondensatu. Do oceny wpływu wilgotności powietrza na procesy kondensacji wody i rozwoju pleśni wykorzystuje się parametr wilgotności względnej.

Przy projektowaniu przegród budowalnych posługujemy się więc wartościami fizycznymi opisującymi zarówno opór i przewodzenie ciepła, jak i opór dyfuzyjny pary wodnej. Są to:

- **λ (lambda)** [W/(m·K)] – współczynnik przewodzenia ciepła charakterystyczny dla każdego materiału budowlanego. Niska wartość λ oznacza słabą przewodność cieplną i możliwość uzyskania względnie wysokiego oporu cieplnego.
- **R = d/λ** – opór cieplny warstwy materiału, gdzie d to grubość warstwy. Im mniejsza jest wartość λ, a większa grubość warstwy, tym większy ma ona opór cieplny.
- **U = 1/∑R** [W/(m²·K)] – współczynnik przenikania ciepła, który charakteryzuje izolacyjność cieplną całej przegrody budowlanej. Wskazuje ilość energii, jaka przenika przez przegrodę, w odniesieniu do powierzchni tejże przegrody i różnicy temperatur po obu jej stronach. Dla budynków spoza rejestru zabytków, w przypadku ich przebudowy lub zmiany użytkowania, wymagane jest dostosowanie przegród zewnętrznych do standardu współczesnych przepisów budowlanych (U = 0,15 W/(m²·K))[69]. Powinien to być docelowy standard także w przypadku remontów czy modernizacji niepodlegających pozwoleniu na budowę.
- **μ** (bezwymiarowy) – współczynnik oporu dyfuzyjnego pary wodnej, określający dyfuzyjność, czyli ruch pary wodnej w materiale wynikający z różnicy temperatur.
- **sd = μ·d** [m] – współczynnik oporu dyfuzyjnego. Określa opór dyfuzyjny materiałów, membran i powłok malarskich o określonym współczynniku (μ) i ustalonej grubości warstwy (d).

Przegroda **szczelna dyfuzyjnie** to taka przegroda, do której nie wnika dyfuzyjnie para wodna, a rodzaj i układ warstw tej przegrody gwarantuje, że nie jest ona zagrożona wewnętrzną kondensacją, czyli skraplaniem się pary wodnej przy obniżonej temperaturze. Szczelność dyfuzyjna, czyli zdolność do regulowania przenikalności pary wodnej przez przegrody, ma decydujące znaczenie dla większości nowoczesnych technologii izolacyjnych oraz przy projektowaniu i realizacji docieplеń od wewnątrz.

W budynkach historycznych stosowano odwrotną strategię, polegającą na budowaniu przegród **otwartych dyfuzyjnie** (popularnie zwanych „oddychającymi"), które mają stawiać minimalny opór dla pary wodnej. Otwartość dyfuzyjna pozwala, by nadmiar pary wodnej mógł wydostać się poza przegrodę, zapobiegając trwałemu zawilgoceniu i biologicznej korozji ściany. Otwartość dyfuzyjna charakteryzuje większość tradycyjnych technik budowalnych wykorzystujących np. drewno, ceramikę, zaprawy wapienne i gliniane oraz naturalne włókna jako izolację.

Kolejnym ważnym parametrem opisującym właściwości przegrody lub całego budynku jest **szczelność powietrzna** wyrażana przy pomocy współczynnika n50. W przepisach techniczno-budowlanych zawarto następujące zalecenia dotyczące szczelności powietrznej budynku:[70]

- budynek z wentylacją grawitacyjną lub hybrydową: n50 ≤ 3,0 h–1,
- budynek z wentylacją mechaniczną lub klimatyzacją: n50 ≤ 1,5 h–1.

69 Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane, za Pawłowski Krzysztof, *Projektowanie cieplno-wilgotnościowe przegród zewnętrznych i ich złączy*, Materiały Budowlane 6 '2018 (nr 550): 48–51, DOI:10.15199/33.2018.06.14.

70 Ministerstwo Rozwoju, *Szczelność dyfuzyjna*, Budowlane ABC. https://budowlaneabc.gov.pl/charakterystyka-energetyczna-budynkow/informacje-poradnik/okreslenie-oplacalnych-sposobow-poprawy-efektywnosci-energetycznej-wlasciwych-dla-typow-budynkow/szczelnosc-dyfuzyjna (lipiec 2021).

Zapewnienie szczelności powietrznej przegród zewnętrznych jest więc przede wszystkim warunkiem skutecznego zastosowania systemów wentylacyjnych z rekuperacją (patrz Rozdział 3.6.2). Zaleca się, aby ten parametr osiągał przy próbach szczelności (*blower door test*) wartości jeszcze niższe niż wymagają przepisy (n50 = 0,5 h–1).[71] Dostosowanie ścian do takich poziomów szczelności wymaga likwidacji przecieków powietrza wokół okien i drzwi oraz izolacji przepustów technicznych.

71 Badanie stopnia szczelności przegród zewnętrznych budynku służy określeniu stopnia zabezpieczenia budynku przed niekontrolowaną infiltracją powietrza. Aby przeprowadzić tę ocenę, budynek poddawany jest kontrolowanym różnicom ciśnienia i temperatury.

Test szczelności powietrznej warto wykonać po uszczelnieniu stolarki, a przed ociepleniem ścian. Pozwoli to na identyfikację miejsc przeciekania powietrza w zastanej strukturze budynku. Test wykonany po instalacji warstw izolacyjnych będzie pomocny w określeniu precyzji wykonania izolacji, co jest ważne szczególnie w przypadku wewnętrznych izolacji zamkniętych dyfuzyjnie. Wynik testu jest też elementem oceny charakterystyki energetycznej obiektu po termomodernizacji.

Test szczelności powietrznej może być połączony z termografią w podczerwieni[72] i pomiarami ręcznymi anemometrami w celu precyzyjnej lokalizacji miejsc wycieku powietrza.[73]

72 Ostańska Anna, *Thermal Imaging for Detection of Defects in Envelopes of Buildings in Use: Qualitative and Quantitative Analysis of Building Energy Performance*, Periodica Polytechnica: Civil Engineering Vol. 62 No. 4 (2018), 939–946. DOI:10.3311/PPci.12148.

73 Troi Alexandra, Bastian Zeno (red.), *Energy Efficiency Solutions for Historic Buildings: A Handbook*, Birkhäuser, Basel 2015, 253.

Szczelność budynku jest ściśle związana z izolacyjnością, ale nie jest jej równoznaczna. Niektóre strategie termomodernizacyjne wymagają wysokiej szczelności powietrznej, której towarzyszyć musi wentylacja mechaniczna z odzyskiem ciepła. Dotyczy to np. standardu budynku pasywnego (*Passive House*, 15 kWh/m²·rok)) oraz jego odpowiednika dla budynków historycznych – EnerPHit (*Energy Retrofit With Passive House Components*, 20–25 kWh/m²·rok).[74] Należy jednak pamiętać, że jest to tylko jedna z metod termomodernizacji i dobrze ocieplony budynek nie musi być bardzo szczelny (zwłaszcza, kiedy jest wentylowany grawitacyjnie), a bardzo szczelny budynek może nadal tracić energię bez odpowiedniej izolacyjności cieplnej przegród lub wskutek zawilgocenia.

74 Efficient Energy for EU Cultural Heritage, funded within FP7, GA No. 260162, https://www.3encult.eu/en/project/welcome/default.html (sierpień 2021).

3.2.2. Materiały ścienne

Dobór sposobu docieplenia ścian zależy od materiałów, z których je zbudowano. Większość obiektów zabytkowych w Polsce ma ściany z cegły (83,43%). Co dziesiąty ma konstrukcję drewnianą: wieńcową/inną (9,44%) albo szkieletową, wypełnioną różnymi materiałami (1,85%). Ok. 3% to budynki z kamienia. Pozostałe budynki ukrywają pod warstwą tynków różnorodną konstrukcję, od betonowej i silikatowej, po ziemną, z cegły niewypalanej i glinobitą. Glina w ścianach zazwyczaj połączona jest ze słomą lub drewnianymi zrębkami dla podniesienia izolacyjności cieplnej.[75]

75 Rozbicka Małgorzata (red.), *Raport o stanie zachowania zabytków nieruchomych w Polsce: Zabytki wpisane do rejestru zabytków* (księgi rejestru A i C), NID, Warszawa 2017, 52.

Właściwości ścian, decydujące o stratach energii i komforcie cieplnym we wnętrzach, wynikają z fizycznej struktury materiałów. Materiały lekkie, porowate i włókniste cechują się zazwyczaj lepszą izolacyjnością cieplną (niskim współczynnikiem λ). Wynika to z zawartego w ich strukturze powietrza, które jest dobrym izolatorem. Materiały ciężkie, takie jak kamień, cegła ceramiczna i silikatowa, cechuje wyższe przewodnictwo cieplne (wyższa λ), co powoduje większe straty energii.

Ściany murowane nieocieplone pozwalają na szybszą transmisję ciepła na zewnątrz, wypromieniowują więc stosunkowo duże ilości energii do otoczenia, ale też mają zdolność akumulacji energii w swojej masie. Duża pojemność cieplna ścian murowanych stabilizuje klimat we wnętrzach, co jest cechą bardzo pożądaną, ponieważ latem ogranicza konieczność chłodzenia wnętrz. Ciężkie materiały ścienne (o większej masie właściwej) mają również inne zalety, takie jak wysoka wytrzymałość na ściskanie i większa zdolność pochłaniania dźwięku.

Izolacyjność termiczna murów jest funkcją grubości ich warstwy i parametru izolacyjności cieplnej. Uzyskanie dobrej izolacyjności ścian w budynku murowanym bez dodatkowych warstw izolacyjnych wymaga bardzo grubych murów i dużej ilości energii do wstępnego ogrzania budynku w sezonie jesienno-zimowym. Obecnie bardzo rzadko stawia się mury o grubości wystarczającej do osiągnięcia dobrych parametrów energetycznych, ale jest coraz więcej dowodów na to, że poziom efektywności energetycznej niektórych budynków tradycyjnych, np. obiektów użyteczności publicznej budowanych w Europie pod koniec XIX w., jest bardzo wysoki i co najmniej dorównuje, a czasem nawet przewyższa efektywność najbardziej wyrafinowanych technologicznie budynków nowoczesnych.[76] Wynika to m.in. z braku potrzeby ich mechanicznego wentylowania i chłodzenia w okresie letnim.

76 Giraud-Labalte Claire et al. (red.), Cultural Heritage Counts for Europe: Full Report, International Cultural Centre, Krakow 2015.

Aby osiągnąć jak najlepsze parametry przegród zewnętrznych, stosuje się różne rodzaje ścian warstwowych. Od XIX w. często stosowano konstrukcję murowaną z wentylowaną pustką powietrzną pomiędzy dwiema warstwami muru. Jej główną funkcją było ograniczenie przenikania wilgoci do wnętrza budynku. Otwory w warstwie zewnętrznej umożliwiają wymianę powietrza i usuwanie wilgoci oraz kondensatu z pustki.[77]

77 Matthys John H., *Masonry: components to assemblages*, ASTM, Philadelphia 1990.

Aby poprawić parametry termiczne takiej ściany, pustkę często wypełnia się materiałem izolacyjnym ograniczającym konwekcję powietrza wewnątrz ściany. Wypełnienie pustki wentylowanej wdmuchiwaną izolacją z włókien lub granulatu zmniejsza straty ciepła, ale z ostrożnością należy dobierać materiał izolacyjny i technikę jego aplikacji tak, aby zapewnić równomierne wypełnienie całej szczeliny i nie zmniejszyć dyfuzyjności przegrody. Nieprawidłowe wykonanie takiej izolacji powoduje, że wilgoć gromadzi się w warstwie izolacji, obniżając jej parametry termiczne, nawilżając mur i grożąc korozją biologiczną. Rekomendowane materiały do wypełnień to hydrofobizowany perlit, celuloza oraz „zielona" (o niskim śladzie węglowym) pianka poliuretanowa o opóźnionej reakcji spieniania.

Naprawa ewentualnych błędów popełnianych przy izolowaniu pustek powietrznych jest bardzo inwazyjna i kosztowna, dlatego wykonanie takich izolacji nie jest zalecane w obiektach zabytkowych, a w innych przypadkach ważny jest dobór wykonawców dających długoterminową gwarancję jakości i trwałości ocieplenia.

Obecnie najczęściej stosowanym typem ścian zewnętrznych są ściany trójwarstwowe, w których warstwa izolacji termicznej jest oddzielona od pustki wentylacyjnej paroprzepuszczalną membraną, oraz ściany dwuwarstwowe,

pozwalające na optymalne połączenie właściwości fizycznych (zalet) materiałów ciężkich (o wysokim współczynniku λ, ale o bardzo dobrej nośności i izolacyjności akustycznej) i lekkich (docieplenowych, o niskim współczynniku λ). Kluczową decyzją jest lokalizacja warstwy docieplenia.

3.2.3. Wybór lokalizacji docieplenia

Docieplenie od wewnątrz umożliwia zachowanie oryginalnego wyglądu elewacji, ale powoduje zmianę wystroju wnętrz i zmniejszenie ich powierzchni użytkowej. Głównym jednak zagrożeniem występującym przy dociepleniach wewnętrznych jest takie ograniczenie przepływu energii cieplnej z wnętrza budynku do zewnętrznych warstw elewacji, które naraża je na przemarzanie (patrz Rozdział 3.2.8 i 3.4).

Z punktu widzenia fizyki budowli docieplenie z zewnętrz jest lepszym wyborem, ponieważ warstwa izolacyjna zabezpiecza oryginalną ścianę przed wodami opadowymi i przemarzaniem oraz ogranicza wahania temperatury, czyli ryzyko kondensacji wilgoci w przegrodzie. Przy dociepleniu z zewnątrz łatwiej jest też osiągnąć ciągłość izolacji. Oryginalna struktura jest dobrze chroniona przed wilgocią, mrozem i stresem termicznym. Tego typu ocieplenie pozwala na zachowanie oryginalnych wnętrz.

Termomodernizacja wykorzystująca powszechnie dostępne systemy docieпleń zewnętrznych może natrafiać na ograniczenia wynikające z ochrony wartości estetycznej lub zabytkowej historycznych elewacji: oryginalnych proporcji, dekoracji, szlachetnych tynków, wątków muru i spoin. Z tego powodu większość budynków zabytkowych, a także niezabytkowych na terenach objętych ochroną obszarową, nie może być poddana docieplaniu od zewnątrz. Jeśli elewacja nie jest widoczna z przestrzeni publicznej lub nie ma szczególnej wartości architektonicznej, izolacja zewnętrzna może być dopuszczona pod warunkiem jej paroprzepuszczalności i odwracalności ingerencji, dlatego preferowane są np. suche izolacje z włókien drzewnych/celulozowych, klejone gliną.

Izolację zewnętrzną poleca się zawsze przy renowacji lub modernizacji budynków nieposiadających elewacji o określonej wartości zabytkowej lub przy rekonstrukcjach zniszczonych elewacji historycznych. Należy wtedy zadbać o zachowanie albo rekonstrukcję oryginalnej kompozycji elewacji. Wysunięcie okien o grubość docieplenia pozwala zachować głębokość zewnętrznych wnęk okiennych. Takie osadzenie okien zwiększa też ilość światła docierającego do wnętrza i pomaga zredukować mostki termiczne, ponieważ w nowym położeniu okno znajduje się w warstwie ocieplenia. W celu odtworzenia utraconego charakteru historycznej elewacji (np. na budynkach pozbawionych dekoracji w XX w.) można wykonać wierne oryginałom repliki elementów dekoracyjnych w tradycyjnej technice sztukatorskiej, ewentualnie w technice druku 3D, a w ostateczności z polistyrenu, i zamocować na warstwie ocieplenia (il. 13).[78]

78 Sobotka Anna, Linczowski Kazimierz, Radziejowska Aleksandra, *Substitution of Building Components in Historic Buildings*, Sustainability 13, no. 16: 9211, 2021. DOI:10.3390/su13169211, a także Przetakiewicz Jacek, *Sztukateria styropianowa na* ścianę, Lider budowlany, https://www.liderbudowlany.pl/artykul/wyposazenie-wnetrz/sztukateria/sztukateria-styropianowa-na-sciane (lipiec 2021).

Fot. Jacek Przetakiewicz

Fot. Jacek Przetakiewicz

Il. 13. Rekonstrukcja historycznej elewacji przy użyciu profili polistyrenowych.

3.2.4. Docieplanie a dyfuzyjność – dobór materiałów

Dla dokonania wyboru izolacji, odpowiedniej ze względów technicznych, ważne jest w pierwszej kolejności określenie budowy istniejącej przegrody i ocena jej paroprzepuszczalności (sumy oporów dyfuzyjnych jej poszczególnych warstw). Warto zauważyć, że wilgoć będzie przenikać przede wszystkim w miejscach o relatywnie najmniejszym współczynniku oporu dyfuzyjnego np. przez zaprawę wapienną lub niedostateczną izolację połączeń okiennych.

Dla ścian o wyższym oporze dyfuzyjnym, np. żelbetowych, otynkowanych zaprawą cementową lub licowanych cegłą klinkierową na zaprawie cementowo-wapiennej, możliwe jest zastosowanie izolacji o wyższym oporze dyfuzyjnym. Natomiast dla ścian z materiałów bardziej otwartych dyfuzyjnie, np. z drewna, gliny, silikatów i zapraw wapiennych, do dociepleń zewnętrznych należy stosować systemy o mniejszym oporze dyfuzyjnym, zapewniając równocześnie hydrofobowość wykończeniowych warstw zewnętrznych, które zabezpieczą ścianę przed wnikaniem wilgoci do przegrody.

Zawsze należy przeanalizować rozkład wilgoci w przegrodzie, np. metodą stanów ustalonych, zgodnie z Normą PN-EN ISO-13788-2003, albo bardziej zaawansowanymi metodami numerycznymi.[79] Umożliwiają one określenie ryzyka kondensacji/wykroplenia wilgoci w przegrodzie, rozpatrując przepływy wynikające z różnicy ciśnień i temperatur dla granicznych miesięcznych. Na tej podstawie można obliczyć czas odparowania wilgoci i zagrożenie kumulowania się jej w okresie rok do roku.

Dla materiałów organicznych można określić (np. z pomocą programu *WUFI® Mould*) ryzyko rozwoju pleśni i grzybów.[80] W praktyce ryzyko to jest największe w przypadku wstępnego zawilgocenia i w okresie odparowywania

79 Do oceny symulacyjnej rozwiązań przegród konieczne są rozszerzone dane dotyczące charakterystyki fizycznej materiałów. WUFI-Materialmessung EN, https://wufi.de/de/service/downloads/ (lipiec 2021).

80 Vereecken Evy, Roels Staf, *Review of mould prediction models and their influence on mould risk evaluation*, Building Physics Section, Building and Environment, Volume 51, 05.2012: 296-310.

wilgoci budowlanej, oraz w okresie jesienno-wiosennym, zwłaszcza przy zwiększonej wilgotności materiałów po zimie.

Warto zadbać, by wybrane technologie docieplеń dawały możliwość odprowadzenia wilgoci z docieplanych ścian. Jakiekolwiek ryzyko zawilgocenia powinno decydować o wyborze technologii otwartych dyfuzyjnie, które (po usunięciu źródeł zawilgocenia i zapewnieniu prawidłowej wentylacji) z czasem pozwalają na zmniejszenie poziomu wilgoci w ścianach. Zawsze jednak należy dążyć do usunięcia nadmiaru wilgoci przed przystąpieniem do docieplania.

Jeżeli chodzi o warunki sprzyjające tworzeniu się zagrzybienia na wewnętrznej powierzchni ściany, zależą one nie tylko od materiałów stosowanych do docieplenia, ale przede wszystkim od sprawności wentylacji. Często popełnianym błędem jest próba osuszania ścian samym dogrzaniem wnętrz przy braku aktywnego usuwania wilgoci poprzez wentylację lub wietrzenie. Odpowiednio intensywna wymiana powietrza jest zawsze konieczna, a przy osuszaniu potrzebne jest dodatkowe zwiększenie cyrkulacji przez wentylatory lub zastosowanie profesjonalnych osuszaczy.

3.2.5. Przygotowanie ścian do docieplenia

Niezależnie od lokalizacji warstwy docieplenia, w pierwszej kolejności należy zabezpieczyć ściany przed wnikaniem wody:

- w miejscach połączeń różnych elementów elewacji: okapów, balkonów, parapetów, rynien i rur spustowych,
- od fundamentów (jeżeli stwierdzone jest zjawisko podciągania kapilarnego – patrz Rozdział 3.1.7).

Jest to szczególnie istotne przy izolowaniu od wewnątrz, ze względu na zwiększone ryzyko przemarzania zewnętrznych warstw elewacji. Zamarzające w niej cząsteczki wody mogą powodować mikrouszkodzenia, prowadzące do destrukcji zapraw tynkarskich, murarskich, a nawet do uszkodzeń elewacji ceramicznych i kamiennych. Dlatego równocześnie z izolowaniem od wewnątrz zaleca się dokładne usunięcie wszelkich ubytków w elewacji. Naprawioną powierzchnię warto pokryć powłoką hydrofobową, ale musi to być wysokiej jakości produkt do impregnacji i hydrofobizacji fasad, o wysokiej paroprzepuszczalności, który uchroni ścianę przed wnikaniem wody opadowej i rozbryzgowej, jednocześnie umożliwiając migrację wilgoci ze ściany na zewnątrz (odparowanie). Niskiej jakości środki do hydrofobizacji mogą zatrzymać wilgoć w ścianie i przyspieszyć jej degradację.

W ścianach **murowanych** należy zwrócić uwagę na obecność pustki powietrznej. Należy zadbać o **drożność otworów wentylacyjno-odpływowych**, które zapewniają odpowiednią wymianę powietrza w szczelinie i usuwanie ewentualnego kondensatu.

Ocieplane ściany muszą charakteryzować się podstawową stabilnością konstrukcyjną i stabilnością warstw tynkarskich oraz brakiem spękań, przez które może przenikać ciepło wraz z wilgocią. Dla elewacji krzywych i o nieregularnej fakturze należy dobrać taką metodę docieplenia, która nie

pozwoli na pozostawienie pustych przestrzeni pomiędzy oryginalną ścianą a warstwą docieplenia.

Elewacje budynków **drewnianych** pokryte są często powłokami malarskimi o różnych właściwościach. Przed termomodernizacją zasadne jest zdjęcie powłok ograniczających dyfuzję i zabezpieczenie zastanego drewna środkami ochrony grzybo- i owadobójczej.

Dużym wyzwaniem może być spełnienie wymogów pożarowych konstrukcji lub konieczne niekiedy zabezpieczenie elewacji drewnianej do klasy nierozprzestrzeniania ognia, co jest szczególnie trudne w przypadku ścian z pustką wentylowaną. Odpowiednie preparaty tworzą zazwyczaj powłokę zmniejszającą dyfuzję. Problem ten jest charakterystyczny szczególnie dla polskiego rynku ze względu na krajową specyfikę oceny badań NRO, która ogranicza stosowanie farb uznanych za granicą, a nieposiadających krajowych badań przeprowadzonych na konkretnych systemach elewacyjnych.

3.2.6. Docieplenie zewnętrzne

Zewnętrzne docieplenie należy zastosować na całej powierzchni elewacji. Pozostawienie odsłoniętych fragmentów, np. w celu pozostawienia widocznych dekoracji, nie tylko deformuje elewację, ale również prowadzi do powstawania mostków termicznych, zwiększających straty ciepła i penetrację wilgoci przez odsłonięte fragmenty.

Równie ważne, zwłaszcza przy docieplaniu z wełny mineralnej, jest zapewnienie szczelności ścian od wewnątrz i wiatroszczelności z zewnątrz. W przypadku stałej infiltracji powietrza zewnętrznego temperatura w warstwie ocieplenia może spaść, co grozi wewnętrzną kondensacją. Wiatroszczelność uzyskuje się stosując membrany zewnętrzne lub szczelne systemy tynków, z równoczesną dbałością o szczelność montażu okien i drzwi (patrz Rozdział 3.3.3).

ETICS (dawniej BSO, metoda lekka-mokra)

ETICS jest obecnie najpopularniejszą metodą ocieplania ścian. Na rynku dostępne są różne systemy składające się z warstw izolacji, elementów montażowych, zbrojeniowych i wykończeniowych. Właściwości konkretnego systemu zależą od zastosowanych w nim materiałów izolacyjnych, klejów i tynków. Przy wyborze należy więc zwracać uwagę na:

- współczynnik przewodzenia ciepła λ,
- gęstość objętościową izolacji,
- izolacyjność akustyczną,
- współczynnik oporu dyfuzyjnego μ wszystkich warstw systemu,
- wrażliwość na czynniki biologiczne i chemiczne,
- klasę odporności pożarowej i ogniowej.

Do ocieplania budynków historycznych zasadniczo lepiej nadają się systemy o mniejszym oporze dyfuzyjnym (μ). Decyduje on o zdolności oddawania wilgoci, czyli wysychania. Gęstość objętościowa izolacji przekłada się na

pojemność cieplną i izolacyjność akustyczną. Kolejnym ważnym parametrem jest poziom wilgotności, przy której materiał traci swoje właściwości termoizolacyjne. Np. niektóre wełny mineralne tracą je już przy zawilgoceniu na poziomie 2% wilgotności masowej, tymczasem wełna owcza, a także drzewna i celulozowa utrzymują własności termoizolacyjne nawet przy wilgotności na poziomie kilkudziesięciu procent. Materiały te, ze względu na pochodzenie naturalne, charakteryzują się też znacznie mniejszym śladem węglowym.

Izolacje pochodzenia roślinnego zmniejszają ślad węglowy budynku poprzez akumulację dwutlenku węgla w materiale. Poleca się je zwłaszcza, ale nie wyłącznie, do izolowania budynków drewnianych, szkieletowych i wykonanych w tradycyjnych technologiach glinianych i wapiennych. Wymagają zastosowania zewnętrznych warstw (tynków, gładzi, farb) równocześnie wodoodpornych i otwartych dyfuzyjnie.

Jeżeli nie stosujemy rozwiązań systemowych, należy odpowiednio dobrać wszystkie kolejne warstwy wraz z farbami, gdyż każda warstwa będzie wpływać na możliwość odprowadzenia wilgoci ze ściany. Należy o tym pamiętać także podczas renowacji wcześniej ocieplanych budynków. Do powłok najbezpieczniejszych – o najmniejszym oporze dyfuzyjnym – zalicza się tynki i farby mineralne (silikatowe).

Ewentualne błędy polegające na połączeniu tynków otwartych dyfuzyjnie z warstwą wykończeniową (gładzią, farbą) o większym oporze dyfuzyjnym mogą skutkować kumulowaniem się wilgoci w warstwach tynkarskich, ich przemarzaniem i szybszą degradacją.

Estetyka docieplenia również zależy w dużym stopniu od rodzaju tynku lub farby. Tynki i farby mineralne, silikatowe, silikonowe i akrylowe charakteryzują się bardzo różnymi parametrami odporności na promieniowanie słoneczne, uszkodzenia mechaniczne, odbicia światła, mają różne tekstury i faktury.[81] Mogą niekiedy posiadać specjalne właściwości ograniczające rozwój alg lub mchu, samoczyszczące, a nawet rozbijające zanieczyszczenia powietrza i gazy cieplarniane, takie jak tlenki azotu (NO_x).

81 Chłądzyński Sławomir, Zalewski Sławomir, *Farby elewacyjne – rodzaje, właściwości i zastosowanie*, Izolacje 3/2010. https://www.izolacje.com.pl/artykul/sciany-stropy/155410,farby-elewacyjne-rodzaje-wlasciwosci-i-zastosowanie (wrzesień 2021).

Przy izolowaniu elewacji budynków zabytkowych należy pamiętać o konieczności odwracalności wszelkich rozwiązań. Zastosowanie otwartej dyfuzyjnie izolacji mocowanej przy pomocy kleju na bazie gliny umożliwia jej zdjęcie bez pozostawienia śladów, jeśli będzie to potrzebne w przyszłości.

Do zastosowań specjalnych można rozważyć produkty o szczególnych właściwościach, np.:

- płyty krzemianowo-wapienne, o podwyższonej ognioodporności,
- płyty z pianki rezolowej, XPS i poliuretanowe o wysokich parametrach izolacyjności cieplnej,
- płyty ze szkła spienionego o właściwościach odcinających podciąganie kapilarne,
- izolacje aerożelowe (otwarte dyfuzyjnie) – światłoprzepuszczalne, o wysokiej izolacyjności $\lambda = 0{,}012 – 0{,}030$ WmK, ze względu na swoje parametry stosowane np. w obróbce detali okiennych i do zabezpieczenia innych mostków cieplnych.

Metoda lekka-sucha: ściany z pustką wentylowaną

Lekkie-suche izolacje zewnętrzne nawiązują do tradycyjnych technik elewacyjnych, takich jak oblicówki, czyli deskowania na podkonstrukcji. Obecnie stosowane rozwiązania polegają na dodaniu warstwy z otwartych dyfuzyjnie materiałów izolacyjnych: wełny mineralnej albo mniej popularnych, ale wartych uwagi, produktów wytworzonych z włókien konopnych, lnianych, celulozowych, albo miękkiej wełny drzewnej (il. 14).

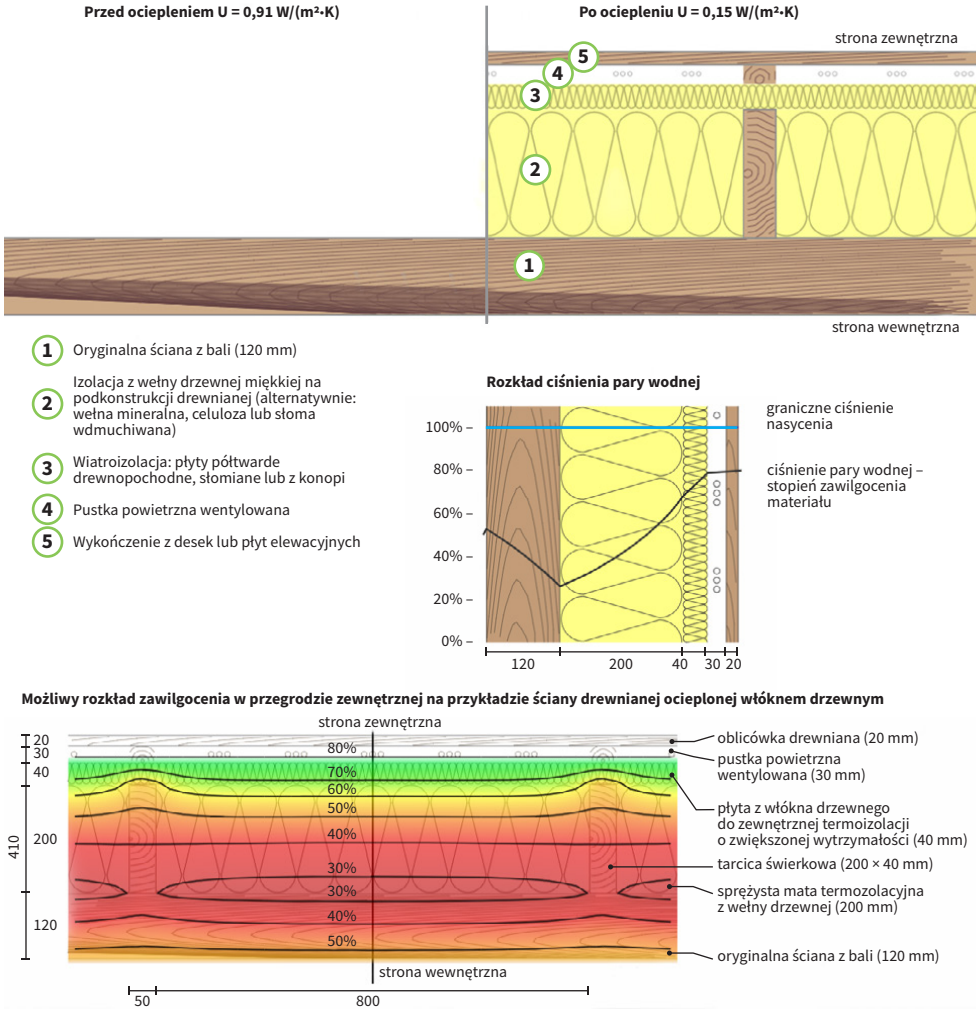
Pomiędzy warstwą izolacji a warstwą wykończeniową zewnętrzną stosuje się wiatroizolację i wentylowaną pustkę powietrzną, co gwarantuje szczelność powietrzną przegrody i równoczesne ograniczenie transmisji wilgoci z otoczenia do warstw izolacyjnych, przy zachowaniu możliwości odparowania wilgoci z ocieplonej ściany. Jest to konieczne zwłaszcza w przypadku ścian zbudowanych z materiałów o małym oporze dyfuzyjnym: drewnianych, szachulcowych, z zachowaną polepą glinianą, wapienną, lub ścian z glinobitki.

Uzyskanie korzystnych właściwości ściany z pustką wentylowaną wymaga zastosowania materiałów o kontrolowanym oporze dyfuzyjnym także w detalach, np. uszczelnieniach montażu stolarki otworowej. Najbezpieczniejszym rozwiązaniem są taśmy z pianki rozprężnej, zastępujące popularne materiały na bazie poliuretanu, oraz zalecane nie tylko do zastosowań konserwatorskich wełny (owcza, lniana) lub włókna konopne.

Przy metodzie lekkiej-suchej można stosować m.in. ocieplenia wdmuchiwane i natryskowe – polecane szczególnie do izolowania ścian o nieregularnych powierzchniach. Alternatywą dla popularnych materiałów do izolacji wdmuchiwanych, czyli wełny mineralnej i celulozy, może być wełna drzewna albo włókna słomiane. Odporność na korozję biologiczną izolacji organicznych gwarantuje obecność bezpiecznych dla zdrowia impregnatów: sodu amonowego albo kwasów borowych. Przy wyborze konkretnego produktu warto zwrócić uwagę na klasę osiadania materiału (S dla wełny mineralnej i SH dla celulozy), odpowiadającą granicznej możliwości osiadania w okresie 50 lat użytkowania.

Jako okładziny zewnętrzne, oprócz drewna, można w budynkach o bardziej nowoczesnej formie stosować inne materiały o stosunkowo niskim śladzie węglowym, jak np. płyty gipsowo-włóknowe do użytku zewnętrznego, twarde płyty lignocelulozowe drewnopochodne albo na bazie słomy lub innych włókien roślin jednorocznych. Do tej grupy produktów elewacyjnych należą np. laminaty wysokociśnieniowe HPL, składające się z warstw papierów impregnowanych żywicami termoutwardzalnymi. Niektórzy producenci gwarantują, że materiał ten składa się w 30% z nietoksycznych żywic i prawie w 70% z drewna przerobionego na papier, czyli naturalnego surowca sekwestrującego CO_2.

Jako wiatroizolację można alternatywnie zastosować odpowiednią wysokoparoprzepuszczalną membranę z włókniny albo papieru budowlanego, a jako warstwę wykończeniową – tynk wapienny, gliniany, albo perlitowy, zabezpieczający przeciwpożarowo.



Il. 14. Docieplenie budynku drewnianego za pomocą technologii charakterystycznych dla otwartego dyfuzyjnie budownictwa szkieletowego. Oprócz poprawy izolacyjności, zmniejsza zawilgocenie istniejącej konstrukcji i utrzymuje warstwy konstrukcyjne w temperaturach powyżej 0°C.[82]

82 Ilustracja pochodzi z: U-wert.net, *Ubakus*. www.ubakus.de (lipiec 2021).

3.2.7. Materiały i techniki izolacyjne stosowane w budownictwie naturalnym

Nurt budownictwa naturalnego pomaga w przywróceniu stosowania materiałów lokalnych, popularyzując ich wykorzystanie, zgodnie ze sztuką budowlaną, na własny użytek. Rozwój budownictwa naturalnego polega na oddolnych innowacjach, które następnie wdrażane są w produktach certyfikowanych, możliwych do zastosowania również przy renowacji

i termomodernizacji obiektów użyteczności publicznej lub mieszkalnych wielorodzinnych.

Materiały naturalne mają kilka podstawowych cech, pożądanych w kontekście ochrony klimatu. Są niskoenergetyczne i niskowęglowe (często mają ujemny ślad węglowy), ponieważ bazują na nieprzetworzonych surowcach organicznych. Te łączy się z łatwymi do pozyskania lokalnie materiałami na bazie wapna lub gliny o niskim oporze dyfuzyjnym. Łączenie materiałów organicznych z zaprawami wapiennymi i glinianymi możliwe jest dzięki ich niskiemu oporowi dyfuzyjnemu i wysokiej pojemności wilgotnościowej, zapewniającej brak wykroplenia poza strukturą materiału.

Pożądaną dla ochrony klimatu cechą materiałów organicznych jest brak konieczności obróbki termicznej i zwiększona możliwość akumulacji CO_2 w materiale, którego zasób się szybko odnawia. Słomę i konopie do produkcji paździerza można pozyskiwać jako odpad rolniczy. Istnieją niecertyfikowane rozwiązania, umożliwiające użycie tych materiałów w postaci nieprzetworzonej do dociepleń w budownictwie jednorodzinnym, możliwe do zastosowania na podstawie wprowadzenia wyrobu jednostkowego zastosowania.[83]

Trwałość materiałów organicznych potwierdzają wielowiekowe tradycje ich użytkowania w trudnych warunkach klimatycznych. Słoma i inne materiały roślinne były tradycyjnie używane do wypełnień strychulcowych konstrukcji szachulcowych o dobrych właściwościach cieplnych. Powrozy oblepione tynkiem glinianym zapewniały szczelność przegród budowanych z drewna, słomy, gliny i wykończeń wapiennych. Już na początku XX wieku w zastosowaniach profesjonalnych dostrzeżono potencjał organicznych surowców izolacyjnych w postaci słomy kostkowanej maszynowo, a w latach osiemdziesiątych XX w. także budynków z konoplitu (betonu konopnego/*hempcrete*).[84]

Znaną alternatywą dla pian do izolacji natryskowych jest celuloza produkowana z makulatury, ale podobnie można stosować izolacje z paździerza konopnego i wapna hydraulicznego, zapewniające wyższą odporność na wilgoć i czynniki biologiczne, przy lepszych parametrach izolacyjności ($\lambda = 0{,}066$ W/(m·K)) niż konoplit w szalunkach ($\lambda = 0{,}08$ W/(m·K)). Podobną charakterystykę posiada tzw. tynk ormiański, wytwarzany na bazie wiórów drzewnych, cementu i wapna albo gliny. Materiały te można stosować z zewnątrz i od wewnątrz.

Do materiałów bazujących na surowcach organicznych, w tym pochodzących z recyklingu, które poprzez nurt budownictwa naturalnego weszły do szerszej produkcji i dystrybucji, zalicza się także:

- izolacje z wełny owczej, w postaci miękkich płyt i powrozów używanych w detalach, np. przy montażu stolarki,
- izolacje z płyt słomianych,
- izolacje z paneli słomianych w konstrukcji drewnianej,
- maty słomiane i trzcinowe,
- płyty z konopi (włókien i paździerza),
- izolacje miękkie z konopi – jako alternatywa dla wełny drzewnej i mineralnej ($\lambda = 0{,}04$ W/(m·K)),
- izolacje z korka,

83 Gruber Herbert, Santler Helmuth, BuildStrawPro-Team, *STEP, Strawbale building Training for European Professionals – U4 Handbuch Wrapping*, ASBN – Austrian Strawbale Network 2017. https://issuu.com/herbertgruber/docs/u4-handbuch-de-web_48699ea3f6068c (lipiec 2021).

84 Brzyski Przemysław, *Historia – budynki z konopi*. http://budynkizkonopi.pl/technologia-budowy/historia/ (lipiec 2021).

- maty bawełniane z przetworzonego jeansu.

Jako zewnętrzną warstwę wykończeniową docieplеń z materiałów naturalnych i recyklingowych stosuje się:

- tradycyjne tynki gliniane, zabezpieczane farbami nanokrzemianowymi albo kazeinowymi,
- mieszankę warstwowych tynków glinianych z domieszkowanym zacieranym wapnem, niewymagającą powłok malarskich,
- nakładane warstwowo tradycyjne tynki wapienno-piaskowe, z możliwymi dodatkami, np. barwione w masie.

Indywidualny charakter można nadać budynkom poprzez zastosowanie farb dyspersyjno-krzemianowych albo rzemieślniczych farb dedykowanych dla budownictwa naturalnego, pozbawionych zazwyczaj dodatków biobójczych. Tradycyjne rozwiązania rzemieślnicze pozwalają na przywrócenie charakterystycznego „historycznego" wyglądu ręcznie kładzionych tynków.

3.2.8. Tynki izolacyjne zewnętrzne i wewnętrzne

Korzystnym rozwiązaniem dla ścian, które nie mogą być izolowane grubymi warstwami docieplenia, są tynki izolacyjne na bazie perlitu, wermikulitu, keramzytu albo trocin, wiązanych zazwyczaj zaprawą wapienną stabilizowaną cementem. Ich izolacyjność cieplna jest gorsza niż typowych materiałów izolacyjnych, ale tynki takie są otwarte dyfuzyjnie ($\mu \leq 7–10$) i można je stosować w warstwach o grubości od 1 do 6 cm. To pozwala na stosowanie ich na obiektach zabytkowych, przy odtwarzaniu fasad historycznych, bez powiększania kubatury dodatkową warstwą ocieplenia. Mogą też być traktowane jako uzupełnienie ciągłości izolacji, ograniczające występowanie mostków cieplnych. Dzięki plastyczności i możliwości różnicowania grubości materiału możliwe jest nawiązanie do historycznego wyglądu budynku – organicznej nieregularności wykończenia lub rustyki.

Tynki izolacyjne podwyższają temperaturę murów w zimie, zapobiegając przemarzaniu ściany, dzięki czemu możliwe jest równoczesne zastosowanie grubszych izolacji wewnętrznych. Ta zależność izolacji zewnętrznej i wewnętrznej wymaga jednak w każdym przypadku oceny cieplno-wilgotnościowej skutków termomodernizacji.

Tynki izolacyjne stosowane są także jako izolacja wewnętrzna, m.in. pomiędzy wnętrzami ogrzewanymi i nieogrzewanymi. Ich właściwości przeciwpożarowe wykorzystywane są przy ocieplaniu zarówno ścian, jak też stropów, zwłaszcza w przestrzeniach komunikacyjnych i klatkach schodowych.

Tynki izolacyjne, które wymagają wykończenia, muszą być pokryte materiałami (gładziami lub farbami) o odpowiednio wysokiej paroprzepuszczalności.

3.2.9. Docieplenia wewnętrzne

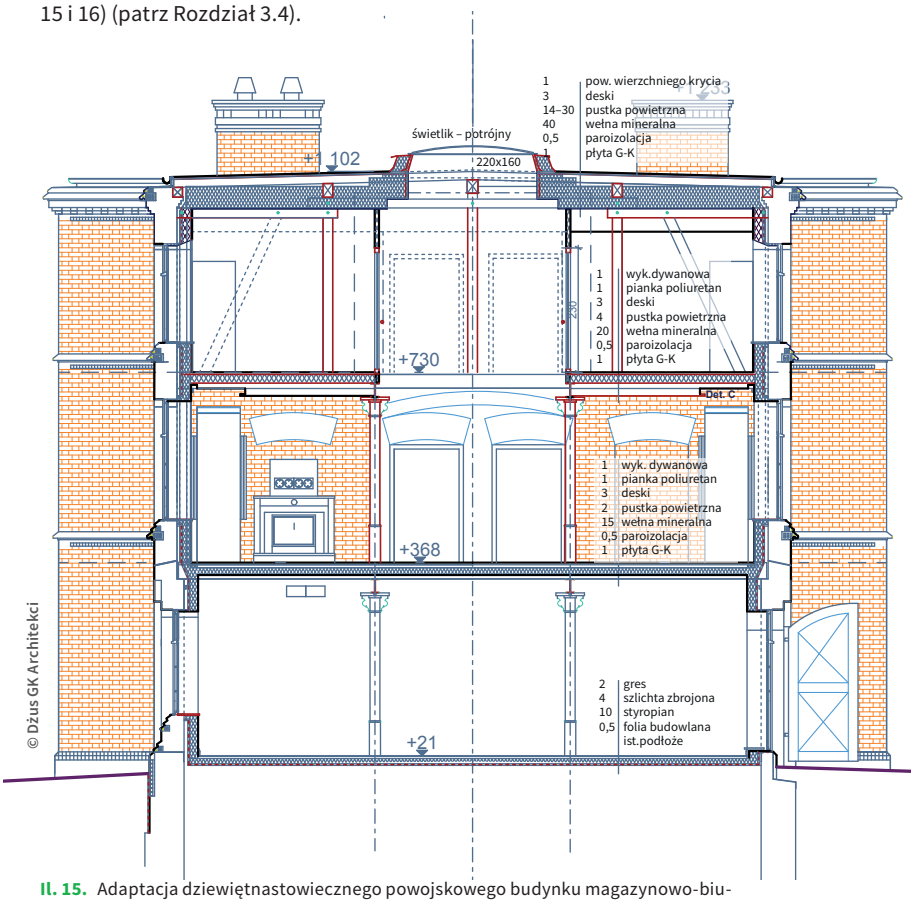
W przypadku braku możliwości wykonania termoizolacji zewnętrznej, np. z powodu ograniczeń konserwatorskich, można zmniejszyć straty energii

i podnieść komfort cieplny za pomocą izolacji wewnętrznych. Ocenia się, że ocieplenie ściany od wewnątrz warstwą 4–6 cm naturalnej wełny może zmniejszać straty ciepła o 55%.[85]

Ocieplenie takie jest bezpieczne pod warunkiem **zabezpieczenia elewacji przed wnikaniem deszczu**. Po ociepleniu ściany od wewnątrz (zwłaszcza, jeżeli będzie to gruba warstwa izolacji) oryginalna ściana będzie w okresie zimowym narażona na spadek temperatury poniżej 0°C, a warstwy zewnętrzne, a nawet głębsze (patrz Rozdział 3.4), będą narażone na przemarzanie. Ściana musi zatem pozostawać sucha, a jej warstwa zewnętrzna bezwzględnie i całkowicie wodoszczelna (ale nie paroszczelna), chroniąc ścianę przed wnikaniem wilgoci. Równie ważne jest staranne zabezpieczenie takiej ściany przed podciąganiem kapilarnym (patrz Rozdział 3.1).

Docieplenie wewnętrzne zwiększa zagrożenie pojawieniem się **mostków termicznych** w miejscach połączenia ścian ze stropami i stolarką otworową. Należy więc zapewnić w tych wrażliwych miejscach pełną ochronę przed wnikaniem wilgoci z wnętrza i przylegających przegród wewnętrznych (il. 15 i 16) (patrz Rozdział 3.4).

85 *Claytec: rozwiązania z gliny dla izolacji wnętrz*, Handout Innendämmung Layout 08.05.2009. https://docplayer.pl/9257392-Izolacji-wnetrz-claytec-rozwiazania-z-gliny-dla-regulacje-techniczne-wykladnia-sily-izolacji-wspolczynnik-u-oraz-wartosc.html (lipiec 2021).



Il. 15. Adaptacja dziewiętnastowiecznego powojskowego budynku magazynowo-biurowego w Olsztynie, ul. Artyleryjska 3H, na budynek usługowo-mieszkaniowy: fragment projektu – przekrój poprzeczny z widocznym ociepleniem od wewnątrz.

Na ryzyko akumulacji wilgoci w przegrodzie ma wpływ głównie **wilgotność powietrza we wnętrzach**, dlatego izolacje wewnętrzne stosuje się przede wszystkim w pomieszczeniach suchych. Ryzyko zawilgocenia ścian docieplonych od wewnątrz znacznie wzrasta w pomieszczeniach ze stałym źródłem wilgoci: łazienkach, kuchniach, salach lekcyjnych, w których systemy wentylacyjne nie są wystarczająco wydajne, aby odprowadzić nadmiar wilgotnego powietrza, zwłaszcza w okresie zimowym.

Warto też zauważyć, że zastosowanie izolacji wewnętrznych pozwala szybciej nagrzewać wnętrza i ograniczyć moc źródeł ciepła, jednak zmniejsza naturalną zdolność **ochrony wnętrz przed przegrzewaniem** w okresie letnim.[86] Jest to szczególnie ważne w kontekście zmian klimatu i wysokich kosztów klimatyzacji.

86 Kisilewicz Tomasz, *Pojemność cieplna a komfort termiczny w budynkach energooszczędnych. Heat capacity versus thermal comfort in low energy buildings*, Materiały Budowlane 9/2014 (nr 505). https://www.materialybudowlane.info.pl/images/2014/09/s51-55.pdf (lipiec 2021).

Fot. Jakub Obarek

Fot. Dżus GK Architekci

Il. 16. Adaptacja dziewiętnastowiecznego powojskowego budynku magazynowo-biurowego w Olsztynie, ul. Artyleryjska 3H, na budynek usługowo-mieszkaniowy. Projekt pracowni Dżus GK Architekci, która wykorzystała ponad 20-letnie doświadczenie w adaptowaniu obiektów zabytkowych. Wprowadzono warstwę wewnętrznego ocieplenia, która oddzielona jest od historycznej struktury wentylowaną pustką powietrzną odpowietrzaną w kalenicy dachu. Aby uniknąć mostków termicznych, przy wymianie belek stropowych zastosowano izolowane i odpowiednio wentylowane gniazda belek drewnianych, a stropy żelbetowe zakotwiono do murów obwodowych punktowo. Zastosowano wentylację mechaniczną z rekuperacją. Do nawiewu i wyrzutu powietrza pracownia zawsze stara się wykorzystać istniejące otwory i przewody kominowe, i minimalizować wpływ nowych instalacji na formę dachu. Stolarka okienna historyczna dublowana jest przez okna wewnętrzne, a w przypadku rekonstrukcji, repliki posiadają wysokie parametry termiczne. Taką metodę adaptacji zabytków pracownia wdraża zarówno w przypadku XVII-wiecznych klasztorów, jak i XIX-wiecznych budynków pokoszarowych. Dla każdego obiektu rozwiązania są odpowiednio dostosowywane do charakteru budynku i oryginalnych technologii wykonania, aby nie wpłynęły negatywnie na substancję zabytkową.

Izolacje wewnętrzne otwarte dyfuzyjnie

Jako izolacje wewnętrzne stosuje się m.in. mineralne płyty izolacyjne wykonane z bardzo lekkiej odmiany betonu komórkowego o współczynniku oporu dyfuzyjnego μ = 3, płyty klimatyczne wytwarzane z silikatu wapiennego o μ = 3–6 oraz tynki ciepłochronne (renowacyjne), zawierające niezwykle lekki granulat ze spienionego szkła i perlitu, które nadają im wyjątkowe właściwości termoizolacyjne (λ = 0,06–0,11 W/(m·K)).[87]

Po zastosowaniu izolacji wewnętrznych występuje w okresie zimowym niekorzystne zjawisko obniżenia temperatury ścian zewnętrznych i zwiększenia wilgotności, nawet do wykroplenia wewnątrz ocieplonej przegrody na styku różnych warstw.[88] Przepisy (PN-EN ISO 13788:2003) dopuszczają czasową kondensację wilgoci w przegrodzie, pod warunkiem braku narastania wilgotności rok do roku.[89] Problemem ten można rozwiązać, stosując systemy oparte na materiałach o dużej pojemności wilgotnościowej: płyt drewnopochodnych i silikatowych, zapraw glinianych i wapiennych. Otwartość dyfuzyjna tych materiałów pozwala odprowadzić nadmiar wilgoci w okresach cieplejszych.

Na projektantach ocieplenia spoczywa odpowiedzialność za dobór technologii docieplenia także w kontekście narażenia ścian historycznych na większą amplitudę różnic temperaturowych i przemarzanie, które prowadzi do degradacji ścian, a zwłaszcza spoin. Potwierdzenie skutecznej ochrony przed długotrwałą akumulacją wilgoci, wykropleniem i przemarzaniem możliwe jest dzięki metodom symulacyjnym z wykorzystaniem odpowiedniego oprogramowania do oceny dwuwymiarowej akumulacji wilgoci w przegrodach, np. U-WERT, WUFI, DELFINE[90], lub oceny trójwymiarowych mostków cieplnych np. w aplikacji WUFI 3D albo TRiSCO.[91]

W celu zmniejszenia ilości wilgoci w systemach otwartych dyfuzyjnie możliwe jest zastosowanie ogrzewania ściennego. Ogrzewanie ścienne niskotemperaturowe dobrze współpracuje z zaprawami glinianymi i wapiennymi, które zapewniają odpowiednią pojemność cieplno-wilgotnościową, a wraz z dedykowanymi farbami dobrze regulują klimat wewnętrzny.

Stosowane od wewnątrz warstwy izolacyjne otwarte dyfuzyjnie mogą umożliwić osuszenie zawilgoconych wcześniej murów. Zaprawy gliniane, bez dodatków organicznych, mogą być stosowane bezpośrednio nawet na mokre przegrody, pozwalając w dobrze wentylowanym pomieszczeniu na usunięcie ze ściany nadmiaru wilgoci i zasolenia. Również specjalistyczne zaprawy wapienne, spienione lub z dodatkiem perlitu, mają zdolność odprowadzania wilgoci i wiązania soli w strukturze materiału.

Izolacje wewnętrzne z membraną paroszczelną

W przypadku zastosowania szczelnych membran izolacyjnych (paroizolacji), dokładnie zamykających możliwość wnikania wilgoci w strukturę oryginalnych ścian, możliwe jest zastosowanie do ociepleń wewnętrznych zarówno wełny, mineralnej albo drzewnej, jak i szczelnych systemów opartych na piankach PIR, PUR, styropianie albo płytach XPS. Należy jednak

87 Pawłowski Krzysztof, *Innowacyjne rozwiązania materiałów termoizolacyjnych w aspekcie modernizacji budynków w Polsce*, Izolacje 3/2018. https://www.izolacje.com.pl/artykul/sciany-stropy/182305,innowacyjne-rozwiazania-materialow-termoizolacyjnych-w-aspekcie-modernizacji-budynkow-w-polsce (lipiec 2021).

88 Brambilla Arianna, Sangiorgio Alberto, op.cit.

89 Patoka Krzysztof, *Skropliny i PN-EN ISO 13788:2003*, Materiały Budowlane 1/2007, 82–84.

90 LOCJA.PL, *PN-EN 13788 Cieplno-wilgotnościowe właściwości komponentów budowlanych i elementów budynku,* 31.08.2017. https://www.locja.pl/haslo/pn-en-13788-cieplno-wilgotnosciowe-wlasciwosci-komponentow-budowlanych-i-elementow-budynku,649 (lipiec 2021).

91 Dylla Amabela, Dylla Andrzej, *Numeryczne projektowanie parametrów cieplno-wilgotnościowych złączy budowlanych*, Budownictwo energooszczędne i ekologiczne: I konferencja naukowa: Suwałki, 10–11.06.2010. http://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-article-AGHM-0016-0080 (lipiec 2021).

brać pod uwagę znacznie większy ślad węglowy materiałów syntetycznych i ropopochodnych.

Paroizolacja musi cechować się oporem dyfuzyjnym na poziomie min. sd = 100 i bardzo szczelnymi połączeniami oraz ochroną przed uszkodzeniami, gdyż nawet najmniejsza nieszczelność membrany może spowodować wniknięcie do ściany wilgoci (bezpośrednio lub wraz ze strumieniem ciepłego powietrza), która nie będzie mogła odparować.

Jednym z polecanych rozwiązań chroniących paroizolację przed niezwykle groźnym w skutkach uszkodzeniem lub przebiciem jest osłonięcie jej warstwą techniczną, w której rozprowadzane są wszelkie instalacje. Warstwa ta może być otwarta dyfuzyjnie i pełnić rolę bufora regulującego wilgotność.

Izolacje termorefleksyjne

Izolacje termorefleksyjne oparte na foliach aluminiowych są stosowane m.in. jako wewnętrzne docieplenia poddaszy. Są to rozwiązania o wysokim oporze dyfuzyjnym.

Tynki termorefleksyjne fotokatalityczne oraz farby fotokatalityczne, których zaletą jest niski opór dyfuzyjny, dostosowane są do zastosowań zarówno na wewnętrznej jak i zewnętrznej powierzchni ścian zewnętrznych. Ich niewielka grubość ułatwia zastosowanie ich przy rewaloryzacji obiektów zabytkowych. Według producentów, ich równoczesna aplikacja z obu stron ściany może ograniczyć znacząco straty ciepła, porównywalnie do zastosowania konwencjonalnej izolacji, której działanie opiera się na ograniczeniu przenikania ciepła.[92] Jednak, przy obecnie obowiązujących zasadach obliczania izolacyjności cieplnej przegród, nie jest możliwe wykazanie tego efektu.

Skuteczność izolacji termorefleksyjnych wymaga potwierdzenia niezależnymi badaniami, prowadzonymi na większej liczbie obiektów nimi ocieplonych. Porównanie ich efektywności z innymi metodami wymaga także zmian w krajowych przepisach dotyczących metodyki obliczania strat ciepła i dopuszczenia ekwiwalentu oporu cieplnego.

92 Afon Casa, *AfonTermo il Nano Cappotto, isolamento termico a basso spessore*. http://www.afoncasa.it/prodotti-edilizia/afontermo-il-nanocappotto.html (lipiec 2021).

3.2.10. Roślinność elewacyjna i bioróżnorodność

Mitem jest, że pnącza mają negatywny wpływ na trwałość elewacji. Wręcz przeciwnie, ze względu na ograniczenie nasłonecznienia i osłonę przed ruchem powietrza, mogą pozytywnie wpłynąć na temperaturę przy powierzchni ściany zarówno latem, jak i zimą. Niwelując dobowe różnice temperatur i wilgotności, zmniejszają naprężenia termiczne ścian, ograniczają destrukcyjne działanie promieniowania UV oraz wpływ deszczu na czasowe zawilgocenie ścian. Bluszcz, wspinając się po powierzchniach takich jak ceglane elewacje, wydziela naturalny klej, który szybko twardnieje, przez co roślina nie wymienia wilgoci ze ścianą (il. 17).[93]

Należy jednak zwrócić uwagę na ciężar docelowego pokrycia pnączami, który może dojść do setek kilogramów. Warto rozważyć możliwość przygotowania

93 Borowski Jacek, *Czy pnącza niszczą elewację?* https://www.clematis.com.pl/informacje-o-roslinach/eksperci-radza/dr-hab-jacek-borowski/1133-czy-pnacza-niszcza-elewacje/ (lipiec 2021).

Fot. © makasana photo – stock.adobe.com

Fot. © promesaartstudiostock.adobe.com

Il. 17. Budynek Muzeum Narodowego we Wrocławiu, wybudowany w latach 1883–1886, wpisany do rejestru zabytków, pokryty winobluszczem. Pierwsze pnącza posadzono ponad 25 lat temu. Obecnie rośliny są w szczytowym okresie rozwoju, będą żyły jeszcze kilkadziesiąt lat.[94]

specjalnych podkonstrukcji (trejaży) oddalonych od lica ściany, które nie będą istotnie ingerować w strukturę elewacji.

Roślinność zawsze będzie miejscem przyjaznym miejskiej bioróżnorodności, zwłaszcza owadom i ptakom. Różnej wielkości szpary i otwory w ścianach były od wieków domem dla pszczół murarek, trzmieli, muchówek. Przy termomodernizacji należy chronić miejsca gniazdowania ptaków w okresie lęgowym, pamiętać o dedykowanych rozwiązaniach budek lęgowych dla ptaków[95] i zaprojektować odpowiednie miejsca dla owadów.

94 Muzeum Narodowe we Wrocławiu, Bluszcz. https://mnwr.pl/ciekawostki (czerwiec 2022).

95 Dworak Michał, *Termomodernizacja w Okresie Lęgowym Ptaków,* 11.04.2021, Ptasi Dom, https://www.ptasidom.com/budki-legowe-do-termomodernizacji/termomodernizacja-w-okresie-legowym-ptakow/ (lipiec 2021).

3.3. Stolarka otworowa

Anna Zaręba · Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu
Tomasz Jeleński · Politechnika Krakowska

Drzwi i okna to ważne elementy zabytkowych elewacji. Zróżnicowane pod względem wielkości, ilości podziałów, kolorystyki, typu szkleń i rodzaju zdobień snycerskich, definiują charakter całego budynku[96] i decydują o malowniczości miejskiego krajobrazu. Zabytkowe stolarki, włączając metalowe okucia oraz szklenie – walcowane, lane, dmuchane, witrażowe – powinny być objęte ochroną konserwatorską. Wiele obiektów spoza rejestru i ewidencji zabytków również posiada wartościową stolarkę, godną zachowania lub uzupełnienia.

Niestety, od wielu lat, z powodu dążenia do termomodernizacji, niedostatecznego zrozumienia wartości substancji historycznej, przekonania użytkowników o wyższości nowych technologii nad starymi oraz braku znajomości prawa[97], w sposób niekontrolowany zastępuje się zabytkowe okna i drzwi nowymi, których wygląd często nie pasuje do zabytkowego otoczenia i wprowadza estetyczny chaos w przestrzeń miasta. Ponadto współczesne okna często zaburzają bilans cieplno-wilgotnościowy modernizowanych budynków, przez co stanowią zagrożenie dla ich substancji, wyposażenia i zdrowia użytkowników.

Wprawdzie historyczne okna skrzynkowe nie zapewniają tak dobrej izolacyjności termicznej, jak okna z potrójnymi lub poczwórnymi szybami wykonane w najnowszych technologiach, chronią jednak lepiej niż jednopłaszczyznowe okna z podwójnymi szybami. Głębokość skrzynki (ok. 9–11 cm) zapewnia właściwą cyrkulację ogrzanego powietrza pomiędzy przeszkleniem zewnętrznym i wewnętrznym, spowalniając straty ciepła.

Nowoczesne okna, zarówno plastikowe, jak i drewniane, są często zbyt szczelne, co może prowadzić do zaburzenia procesu wentylacji i do kondensacji wilgoci we wnętrzach, przyczyniając się do rozwoju pleśni i grzybów, ryzyka chorób oraz niszczenia wyposażenia wnętrz. Aby zapewnić zdrowie i komfort użytkowników budynku, wymagana jest wymiana powietrza odpowiednia do funkcji pomieszczenia. Dla typowego pokoju mieszkalnego jest to 30 m^3/h. W kuchni z kuchenką gazową wymiana musi być na poziomie co najmniej 70 m^3/h.[98] Żadne z nowych okien nie zapewni tego bez rozszczelnienia.[99] W większości przypadków montaż nowych okien wymaga instalacji wysokowydajnej wentylacji wnętrza.

3.3.1. Odnowa oryginalnej stolarki

Jeżeli okna nie mają wartości historycznej lub są w bardzo złym stanie technicznym, można je zastąpić repliką okien zabytkowych o wysokiej energooszczędności ($U_w \leq 0{,}9$ W/($m^2 \cdot$K)) i ($U_d \leq 1{,}3$ W/($m^2 \cdot$K)), które, odpowiednio wykonane, nie zakłócą estetyki budynku. Jednak zarówno ze względu na nadrzędną potrzebę zachowania dziedzictwa kulturowego, jak i ochrony środowiska[100], najlepszym rozwiązaniem jest konserwacja oryginalnej stolarki, z zachowaniem dawnych przeszkleń.

96 Tajchman Jan, *Dawna stolarka okienna i jej problematyka konserwatorska wobec nowych zagrożeń*, [w] Okoń Emanuel (red.), *Zabytkowe budowle drewniane i stolarka architektoniczna wobec współczesnych zagrożeń*, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Mikołaja Kopernika, Toruń 2005, 290.

97 Filipowicz Paweł, *Rola zaleceń konserwatorskich w procesie inwestycyjnym realizowanym w obiekcie zabytkowym w świetle oczekiwań projektanta i inwestora*, Kurier konserwatorski, 6 (2010), 7.

99 Tajchman Jan, *Chrońmy dawne okna: nowe nie tylko niszczą kompozycję elewacji, ale przede wszystkim nasze zdrowie*, [w] Przybyszewski Wojciech (red.), *Aedifico et Conservo – eskalacja jakości kształtowania zawodowego w Polsce*, Fundacja Hereditas, Warszawa 2010, 24.

98 Wg normy PN-83/B-03430 wraz ze zmianą PN-83/B-03430/Az3:2000 „Wentylacja w budynkach mieszkalnych zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej – Wymagania".

100 Tajchman Jan, *Stolarka okienna w Polsce. Rozwój i problematyka konserwatorska*, [w] Krzysztof Nowiński (red.), *Biblioteka Muzealnictwa i Ochrony Zabytków*, Seria C, *Studia i materiały*, t.5, Ośrodek Dokumentacji Zabytków, Warszawa 1990, 42.

Wbrew obiegowym opiniom, konserwacja i odnowa okien jest dość prosta. Cały proces, jeśli jest wykonywany z należytą starannością i zgodnie ze wskazówkami specjalisty, można przeprowadzić we własnym zakresie. Polega on na usunięciu starych powłok lakierniczych, wypełnieniu niewielkich ubytków, malowaniu i regulacji okuć. Pozwala to na szczelne zamknięcie okna, co znacznie poprawia jego parametry izolacyjne bez zakłócania naturalnej wentylacji wnętrz, która jest niezbędna, aby w starych budynkach z wentylacją grawitacyjną nie rozwijały się szkodliwe mikroorganizmy. Jakość starej stolarki i przeszkleń jest zwykle bardzo wysoka, a po kilkudziesięciu latach ekspozycji zewnętrznej stare drewno jest bardzo dobrze wysezonowane i ryzyko paczenia się okien jest minimalne.[101]

101 Tajchman Jan, *Chrońmy…*, op.cit., 25.

W celu poprawy izolacyjności termicznej w okresie zimowym można umieścić w skrzynce okiennej dodatkową warstwę tymczasowej izolacji. Może to być tkanina z owczej wełny lub podobnego materiału.

3.3.2. Modernizacja stolarki

Modernizację energetyczną historycznej stolarki można zrealizować na kilka sposobów.

Jeśli nie zachowały się oryginalne zabytkowe szyby, nowo montowane szklenia można ulepszyć powłoką niskoemisyjną, która zmniejsza intensywność promieniowania podczerwonego. Zastosowanie szyby powlekanej nie pozwala podnieść wydajności cieplnej historycznego okna do poziomu współczesnych standardów, ale w przypadku braku innych możliwości może być dobrym rozwiązaniem[102].

102 Troi Alexandra, Bastian Zeno (red.), *Energy Efficiency Solutions for Historic Buildings: A Handbook*, Birkhäuser, Basel 2015, 145.

Energooszczędność okien historycznych można podnieść poprzez wymianę wewnętrznych skrzydeł okiennych na nowe, o tych samych podziałach, ale z podwójnym lub potrójnym szkleniem. Ze względu na ryzyko skraplania się pary wodnej, lepiej byłoby wprowadzić wielokrotne przeszklenie w skrzydle zewnętrznym, ale rozwiązanie to bardziej zmienia wygląd elewacji.

Ma to szczególne znaczenie w obiektach zabytkowych, gdzie ochronie podlegają dwa aspekty pierwotnego wyglądu okien: 1) proporcje powierzchni przeszklenia do szczeblin i ościeżnicy oraz profile i zdobienia stolarki; 2) wygląd oryginalnych, zabytkowych przeszkleń. Zmiana historycznego szklenia na nowoczesne przeszklenie wielowarstwowe typu float daje efekt zbyt regularnego odbicia o nieco lustrzanym charakterze, pozbawionego zakrzywień i charakterystycznych niuansów. Innym problemem jest stosowanie pozornych szprosów, które nie oddają efektu starego okna, w którym poszczególne szybki są mocowane pod nieznacznie innymi kątami, przez co w dawnych oknach każda z nich inaczej odbijała światło.

Rozwiązaniem umożliwiającym zachowanie zabytkowych okien przy jednoczesnym podniesieniu efektywności energetycznej budynku jest wprowadzenie od wewnątrz dodatkowych okien z potrójnymi szybami, które przejmują funkcję termoizolacyjną, bez uszczerbku dla widoku z zewnętrz. Takie rozwiązanie wymaga dodatkowego rozszczelnienia oryginalnych okien i wyposażenia wnętrza w wysokowydajną wentylację.

Okna można usprawnić również dzięki wprowadzeniu potrójnego przeszklenia w oryginalną ramę, choć jej niewystarczająca głębokość wymusza rozcięcie na dwie części, żeby zmieścić grubszy pakiet szybowy i nowoczesny materiał izolacyjny w miejscu osadzenia pakietu. Trzeba jednak zaznaczyć, że w porównaniu do tafli zabytkowych, standardowa potrójna szyba jest ciężka (ok. 30 kg/m^2). Zabytkowe ramy mogą nie mieć wystarczającej wytrzymałości. Jednym ze sposobów na ograniczenie tego problemu jest zastosowanie szklenia cienkowarstwowego, które jest lżejsze niż standardowe podwójne szyby i ma tylko dwukrotnie większą wagę, niż szyba pojedyncza o grubości 3 mm. W połączeniu z wypełnieniem gazem szlachetnym (krypton) grubość trzyszybowego pakietu można zmniejszyć do 26 mm przy porównywalnych wartościach współczynnika przenikania ciepła U. Niestety, podnosi to koszty inwestycji.[103]

103 Ibidem, 144–146.

Zastąpienie starego pojedynczego przeszklenia nowoczesnym potrójnym panelem oszczędza energię i poprawia komfort cieplny, ale dodatkowym efektem jest zmniejszone przepuszczanie światła widzialnego. W ostatnim czasie poczyniono znaczne postępy technologiczne, aby uporać się z tym problemem. Za pomocą powłok antyodblaskowych wykonuje się potrójne pakiety Low-e, o takim samym współczynniku przepuszczalności światła, jak konwencjonalne pakiety dwuszybowe. Poprawę można osiągnąć również poprzez wprowadzenie elementów przekierowujących światło dzienne (takich jak lamele lub pryzmaty) zintegrowanych z przeszkleniem (il. 19).[104]

104 Ibidem, 25.

3.3.3. Osadzenie okien i drzwi

Często niedocenianym problemem są mostki termiczne wokół starych okien i drzwi, które były mocowane za pomocą metalowych kotew i uszczelniane papierem i gipsem lub podobnymi materiałami, niespełniającymi dzisiejszych wymagań. Wrażenie nieszczelności okien lub tzw. ciągnienia zimna często wynika nie ze złego stanu technicznego stolarki, ale z nieodpowiedniego osadzenia jej w murze.

Ważne jest więc, aby przede wszystkim poprawić sposób osadzenia okien i drzwi, eliminując mostki termiczne przez zastosowanie tradycyjnych albo nowoczesnych materiałów izolacyjnych. Zaleca się dodatkowo wykończenie szpalet okiennych materiałami termoizolacyjnymi w postaci ciepłochronnych tynków lub płyt termoizolacyjnych o wysokiej paroprzepuszczalności, aby uniknąć kondensacji wilgoci w miejscu potencjalnego mostka termicznego.

3.3.4. Wymiana stolarki

W przypadku konieczności wymiany i rekonstrukcji elementów stolarki otworowej należy wykonać ich dokładne repliki, odtwarzając proporcje, podziały, kolor i rodzaj szkła, a także wszelkie detale dekoracyjne: profile listew, elementy rzeźbiarskie i okucia (il. 18). Wymiana stolarki w budynku rejestrowym wymaga przedłożenia inwentaryzacji i projektu wykonawczego w celu weryfikacji poprawności rekonstrukcji przez służby konserwatorskie.

Wykonanie dobrej repliki nie jest łatwe; należy wziąć pod uwagę, że współcześni stolarze w większości nie stosują tradycyjnych technologii, często używając szerszych profili. Co równie problematyczne, nowoczesna stolarka wykonana jest głównie z drewna sztucznie suszonego i odżywiczanego, co nie zapewnia długowieczności i może w krótkim czasie prowadzić do wypaczania się stolarki.

Niedopuszczalna jest wymiana stolarki na okna PCV ze względu na całkowity brak możliwości odtworzenia w tym materiale pierwotnych proporcji, grubości szprosów i ich wyprofilowania oraz detalu snycerskiego. W oknach PCV inna jest również głębokość szklenia i sposób mocowania skrzydeł w ramach, co skutkuje redukcją wielkości przeszklenia średnio o 20% i analogicznie zmniejsza doświetlenie wnętrz. Ponadto okna PCV swoje właściwości zachowują tylko przez około piętnaście do dwudziestu lat.[105]

Fot. Anna Zaręba

Il. 18. Pałac Saski w Kutnie, wybudowany w 1750 r., wpisany do rejestru zabytków, zniszczony przez pożar w 2003 r., obecnie odrestaurowany. Na zdjęciu okno spełniające normy antywłamaniowe z wprawionym szkłem konserwatorskim, wizualnie odpowiadające oryginalnym oknom barokowym.

3.3.5. Osłony przeciwsłoneczne

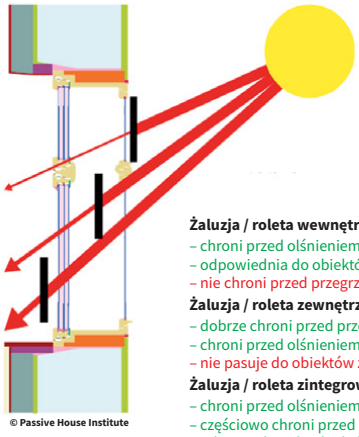
Okna starego typu (skrzydłowe, krosnowe i polskie) wpuszczają do wnętrz więcej światła niż nowoczesne, co jest niewątpliwą zaletą w okresach zimowych, ale latem, zwłaszcza w kontekście zmian klimatu, może być kłopotliwe.

Najłatwiejszym sposobem na zacienienie i ochronę przed przegrzaniem jest zastosowanie okiennic, rolet lub żaluzji odbijających promieniowanie cieplne. Niestety, działają one w pełni skutecznie tylko, jeżeli umieszczone są z zewnątrz, a założone od strony wnętrza nie chronią przed wnikaniem ciepła do budynku. Jeżeli wytyczne konserwatorskie nie pozwalają na montaż osłon zewnętrznych, można rozważyć montaż żaluzji między zewnętrznymi i wewnętrznymi skrzydłami w oknach skrzynkowych albo podwójnych. Tak umieszczone żaluzje zapewniają skuteczną ochronę przed słońcem, są chronione przed warunkami atmosferycznymi i nie wpływają znacząco na całoroczny wygląd elewacji. Zalecane są żaluzje lamelowe, ponieważ ich współczynnik zacienienia jest zmienny, a także przekierowują światło dzienne, dzięki czemu umożliwiają zamiennie ochronę przed słońcem albo poprawę oświetlenia światłem dziennym (il. 19).

Jeśli okno nie ma podwójnych skrzydeł, montuje się niekiedy pakiety wieloszybowe zintegrowane z żaluzją listwową. Żaluzje tego typu wymagają szerszej szczeliny gazowej, dlatego pakiet jest grubszy i trudniej go zintegrować z ramą, która musi być odpowiednio szersza. Rozwiązanie to ogranicza doświetlenie wnętrza zimą i może budzić zastrzeżenia konserwatorskie, ze względu na problemy z wprawieniem pakietu i odmienny wygląd szklenia.[106]

105 Tajchman Jan, *Chrońmy…*, op.cit., 25.

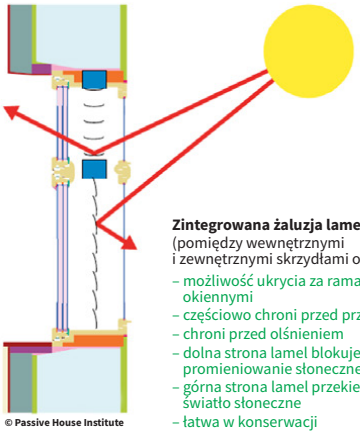
106 Troi Alexandra, op.cit., 151.



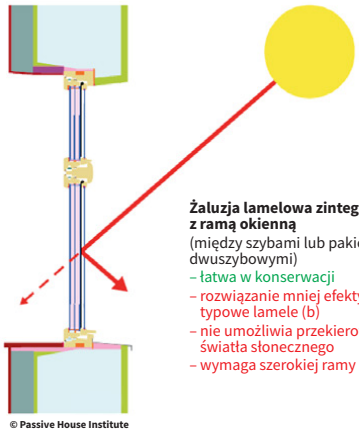
Żaluzja / roleta wewnętrzna
- chroni przed olśnieniem
- odpowiednia do obiektów zabytkowych
- nie chroni przed przegrzaniem

Żaluzja / roleta zewnętrzna
- dobrze chroni przed przegrzaniem
- chroni przed olśnieniem
- nie pasuje do obiektów zabytkowych

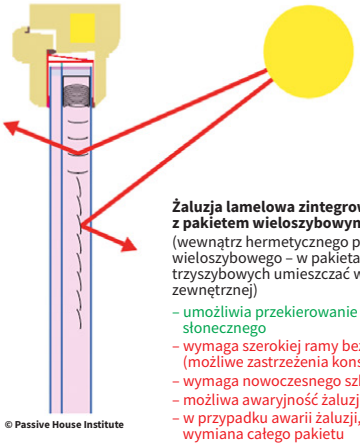
Żaluzja / roleta zintegrowana
- chroni przed olśnieniem
- częściowo chroni przed przegrzaniem
- odpowiednia do obiektów zabytkowych
- odporna na niszczące czynniki zewnętrzne i wewnętrzne



Zintegrowana żaluzja lamelowa
(pomiędzy wewnętrznymi i zewnętrznymi skrzydłami okiennymi)
- możliwość ukrycia za ramami okiennymi
- częściowo chroni przed przegrzaniem
- chroni przed olśnieniem
- dolna strona lamel blokuje promieniowanie słoneczne
- górna strona lamel przekierowuje światło słoneczne
- łatwa w konserwacji



Żaluzja lamelowa zintegrowana z ramą okienną
(między szybami lub pakietami dwuszybowymi)
- łatwa w konserwacji
- rozwiązanie mniej efektywne niż typowe lamele (b)
- nie umożliwia przekierowania światła słonecznego
- wymaga szerokiej ramy



Żaluzja lamelowa zintegrowana z pakietem wieloszybowym
(wewnątrz hermetycznego pakietu wieloszybowego – w pakietach trzyszybowych umieszczać w szczelinie zewnętrznej)
- umożliwia przekierowanie światła słonecznego
- wymaga szerokiej ramy bez szprosów (możliwe zastrzeżenia konserwatorskie)
- wymaga nowoczesnego szklenia (jw.)
- możliwa awaryjność żaluzji
- w przypadku awarii żaluzji, konieczna wymiana całego pakietu

Il. 19. Różne typy rozwiązań regulujących nasłonecznienie.[107]

107 Ilustracje pochodzą z: Troi Alexandra, Bastian Zeno (red.), Energy Efficiency Solutions for Historic Buildings: A Handbook, Birkhäuser, Basel 2015, 150. Autor ilustracji: © Passive House Institute.

Mniej efektywnym, ale bardzo estetycznym rozwiązaniem problemu nadmiernego nasłonecznienia i nagrzewania się wnętrz może być aranżacja okiennych mini-ogródków z wysokimi lub wiszącymi roślinami, zazielenienie balkonów itp.

Najlepszym rozwiązaniem, zapewniającym zacienienie i chłodzenie, jest aranżacja zieleni wysokiej w otoczeniu budynku, od strony południowej. Odpowiednio wysokie drzewa liściaste zapewniają naturalny cień w sezonie letnim, natomiast zimą pozbawione liści drzewa nie zasłaniają słońca. Kolejnym pożytkiem z drzew jest intensywna transpiracja, która latem znacząco obniża temperaturę otoczenia, oraz wyższa jakość powietrza, którym wietrzymy wnętrza.

3.4. Stropy i stropodachy

Robert Wójcik i **Piotr Kosiński** · Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Stropy są ważnym elementem w procesie termomodernizacji głównie ze względu na zjawiska, które występują w miejscach połączeń stropów z przegrodami zewnętrznymi budynku. W okresie zimowym w miejscach połączeń ścian zewnętrznych ze stropami występują lokalne zwyżki gęstości strumieni cieplnych. To może prowadzić do powstania liniowych mostków termicznych i obniżenia temperatury, które może skutkować kondensacją pary wodnej.[108]

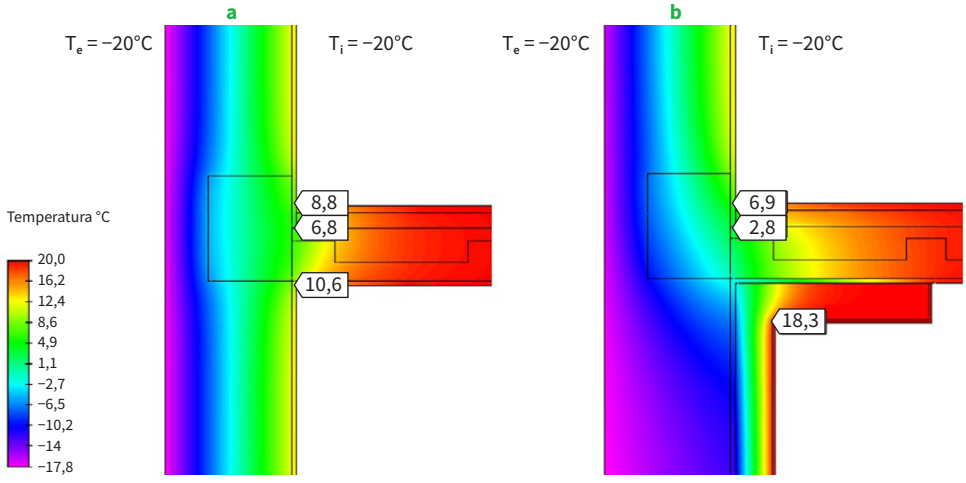
W procesie projektowym zachodzi konieczność określenia współczynnika sprzężenia cieplnego przegrody, w której występują mostki cieplne. Przepływ ciepła i wilgoci może tam być analizowany szczegółowo z zastosowaniem zaawansowanych metod obliczeniowych. Pozwalają one obrazowo określić pola temperatury oraz obliczyć liniowe współczynniki przenikania ciepła ψ, charakteryzujące mostki liniowe.

Zastosowanie zaawansowanych programów komputerowych[109] do analiz numerycznych przepływu ciepła umożliwia określenie rozkładu przepływu strumienia ciepła i przedstawienie go w postaci barwnych diagramów. Ponadto podczas oceny ilościowej mostków cieplnych określa się współczynniki temperaturowe oraz minimalne temperatury wewnętrzne powierzchni przegrody. Pozwala to zbadać wpływ projektowanych docieplеń na zjawiska cieplno-wilgotnościowe w poddawanych termomodernizacji wnętrzach.

Wykonanie docieplenia od strony zewnętrznej chroni oryginalną strukturę budynku przed stresami termicznymi (patrz Rozdział 3.2), natomiast wykonanie docieplenia od strony wewnętrznej niekorzystnie zmienia pierwotnie występujące pole temperatury, co pokazano na il. 20.

108 Klemm Piotr et al., *Budownictwo ogólne, t. 2: Fizyka budowli*, Arkady, Warszawa 2005.

109 Np. używanego przez autorów programu Algor.



Il. 20. Zmiana pola temperatury 2D w miejscu połączenia stropu Kleina ze ścianą zewnętrzną w wyniku jednostronnego docieplenia ściany na niższej kondygnacji, z rozszerzeniem na powierzchnię stropu: a – pole temperatury przed dociepleniem, b – pole temperatury po dociepleniu.

Ocieplenie od wewnątrz ogranicza natężenie strumienia ciepła napływającego z wnętrz do przegrody zewnętrznej i naraża ją na przemarzanie. Zmiany szczególnie uwidaczniają się w obrębie stropów, gdyż konstrukcyjnie łączą się one z oryginalną ścianą zewnętrzną, tworząc liniowy mostek termiczny. W efekcie temperatura wewnętrznej powierzchni przegrody w strefie brzegowej obniża się w stosunku do stanu przed dociepleniem. Temperatura w strefie podpodłogowej obniża się z wartości 6,8°C przed dociepleniem do 2,8°C po dociepleniu. Na skutek jednostronnego docieplenia ściany (tylko od wewnątrz) istotnie wzrasta więc zagrożenie kondensacją pary wodnej w przegrodzie i na jej powierzchni wewnętrznej.

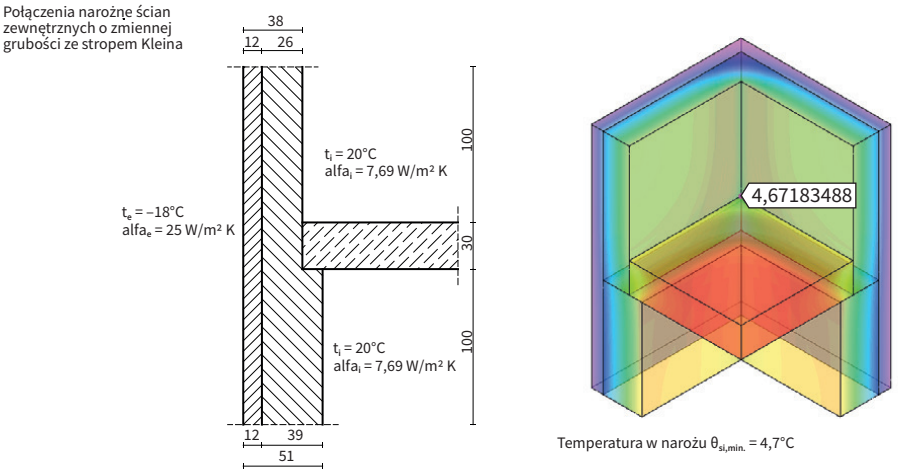
Analogiczne efekty wychłodzenia obserwuje się również w przypadku zabudowania całej zewnętrznej ściany od wewnątrz tzw. meblościankami, bibliotekami albo garderobami.

Problem w największym stopniu dotyczy ścian od strony północnej oraz naroży budynku. Z naroży ciepło jest intensywnie tracone przez stosunkowo duże powierzchnie zewnętrzne i ograniczoną cyrkulację powietrza we wnętrzu naroża.

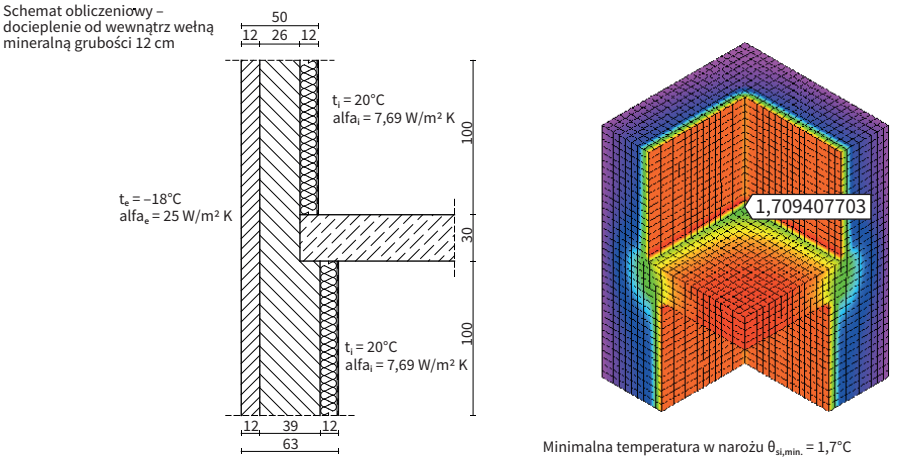
Rysunki 21 i 22 ilustrują ten problem na przykładzie analiz wykonanych dla budynku dawnego Browaru Piast we Wrocławiu. Na il. 21 zestawiono wyniki analizy przestrzennego pola temperatury w miejscu połączenia ścian zewnętrznych o zróżnicowanej grubości ze stropem Kleina. Po dociepleniu tego węzła od wewnątrz wełną mineralną ($\lambda = 0{,}45$ W / (m^2·K)) grubości 12 cm, w warunkach brzegowych: $t_i = 20$°C, $t_e = -18$°C, występuje obniżenie temperatury w narożniku przypodłogowym z wartości 4,7°C przed dociepleniem do 1,7°C po dociepleniu.

Na il. 22 pokazano analizę ostrokątnego węgła (naroża) budynku murowanego. Po dociepleniu w narożniku przypodłogowym występuje spadek temperatury z wartości 8.9°C przed dociepleniem do –0.3°C po dociepleniu. Wychłodzenie powierzchni wewnętrznej skutkuje w tym przypadku nie tylko kondensacją powierzchniową, lecz także zamarzaniem wody w całej grubości ściany i we wnętrzu.

Pole temperatury 3D w miejscu połączenia ścian zewnętrznych ze stropem w narożu przed dociepleniem



Pole temperatury 3D po dociepleniu od wewnątrz

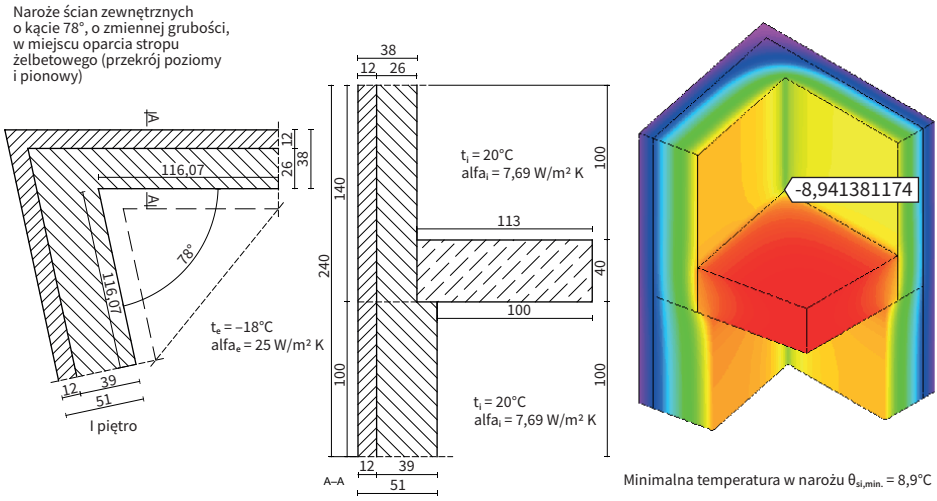


II. 21. Wpływ docieplenia wewnętrznego ścian na zmianę temperatury minimalnej na powierzchni wewnętrznej węzła naroże-strop.

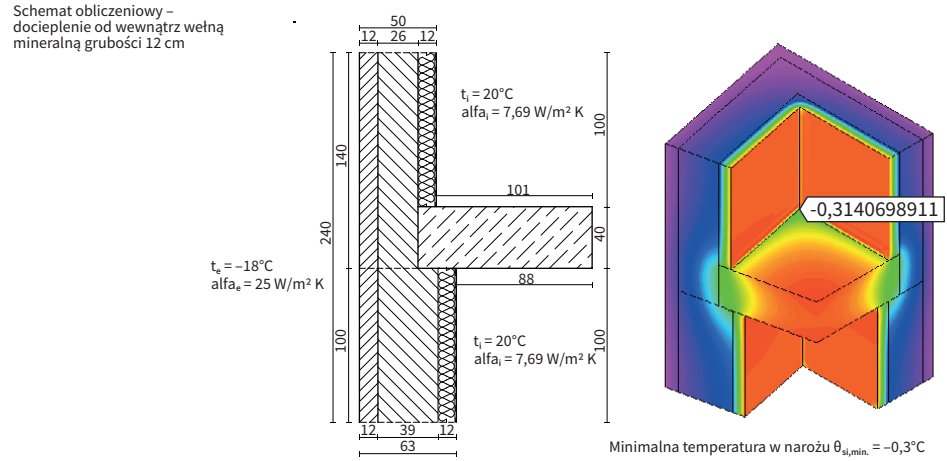
Przy izolowaniu termicznym ścian od wewnątrz nie ma możliwości całkowitego uniknięcia mostków termicznych. Przedstawione przykłady wskazują, że wadliwe docieplenie od wewnątrz zwiększa ryzyko wystąpienia kondensacji pary wodnej i przemarzania. Stan taki jest niedopuszczalny, należy więc przeciwdziałać niekorzystnym zjawiskom, np. przez:

- rozszerzenie docieplenia na część lub całą przegrodę wewnętrzną przylegającą do ściany zewnętrznej,
- dogrzewanie newralgicznych powierzchni z zastosowaniem promienników IR-C lub innych źródeł ciepła, np. z wykorzystaniem ogrzewania podłogowego, ogrzewania ściennego, nawiewu powietrza nakierowanymi anemostatami sufitowymi, podłogowymi itp.,
- wykonanie instalacji przeciwkondensacyjnej, która podwyższy temperaturę nadmiernie wychłodzonych węzłów połączeniowych.

Pole temperatury 3D w połączeniu ścian zewnętrznych ze stropem w narożu pod kątem 78°



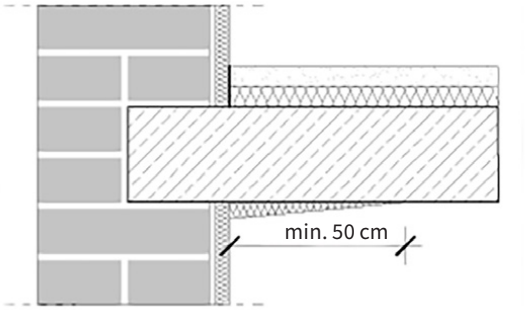
Pole temperatury 3D po docieplenu od wewnątrz



II. 22. Wpływ docieplenia wewnętrznego ścian na zmianę temperatury minimalnej na powierzchni wewnętrznej węgła ostrokątnego.

Rozszerzenie izolacji na przegrody wewnętrzne (stropy i ściany), na szerokość oddziaływania wychłodzenia brzegowego (zazwyczaj w pasie szerokości ok. 50 cm), można wykonać przez zastosowanie materiału dociepleniowego w postaci płaskiej płyty albo klina wychodzącego od strony ściany zewnętrznej i zwężającego się w kierunku środka pomieszczenia. Na ilustracjach 20 b i 23 przedstawiono zalecane sposoby izolowania mostków termicznych z wykorzystaniem płyty płaskiej i kształtki klinowej.

Zastosowanie izolacji rozszerzonych na powierzchnię stropu nie zawsze jest możliwe. Wówczas należy zastosować rozwiązania alternatywne, w postaci ogrzewania płaszczyznowego albo promiennikami IR-C. Również podokienna lokalizacja grzejników c.o., krytykowana z punktu widzenia sprawności ogrzewania pomieszczeń, w sytuacji docieplania wewnętrznego znajdzie



Il. 23. Izolowanie mostka termicznego w narożu stropu i ściany zewnętrznej – z wykorzystaniem płaskiej płyty izolacyjnej na ścianie oraz kształtki klinowej od dołu stropu.

pełne uzasadnienie. W przypadku stosowania wentylacji mechanicznej można natomiast wykorzystać ukierunkowane anemostaty zwiększające przejmowanie ciepła przez newralgiczne powierzchnie.

Najbardziej miejscowo, tylko w strefie połączenia stropu ze ścianą zewnętrzną, działać może instalacja przeciwkondensacyjna lub inne urządzenie grzewcze, lokalnie podwyższające temperaturę nadmiernie wychładzających się powierzchni.

3.4.1. System przeciwkondensacyjny

Problemy związane z wychładzaniem się stref brzegowych (połączeń ścian ze stropami) rozwiązuje wprowadzenie przewodu grzewczego wzdłuż wewnętrznej krawędzi mostka cieplnego – połączenia stropu ze ścianą zewnętrzną. Podniesienie w ten sposób temperatury powierzchni o kilka stopni wystarcza, by nie doszło do kondensacji pary wodnej.[110]

Efekt ten wykorzystany jest np. w systemie docieplenia IN.[111] System jest łatwy w montażu i umożliwia realizację docieplenia do dowolnie zadanego poziomu oporu cieplnego, bez negatywnych skutków ubocznych w postaci wzrostu zawilgocenia stref brzegowych docieplanych przegród.

System składa się z przewodów grzewczych, które reagują na ciepło, np. promieniowanie słoneczne lub włączony grzejnik, i automatycznie dostosowują swoją moc grzewczą do odbioru ciepła przez otoczenie. Dwie równoległe żyły zasilające przewodu grzewczego zatopione są w przewodzącym rdzeniu polimerowym. Kiedy obniża się temperatura otoczenia, wtedy rdzeń przewodu mikroskopijnie się kurczy i liczba „ścieżek elektrycznych" w rdzeniu się zwiększa, co skutkuje zwiększeniem ilości wytwarzanego ciepła. Więcej ciepła jest więc wytwarzane w chłodniejszych miejscach (np. w narożach lub wokół ościeży okiennych), a mniej w cieplejszych (np. w strefie zagrzejnikowej). Dzięki zmiennej mocy takich przewodów grzewczych system ma wysoką sprawność i tylko w nieznacznym stopniu zwiększa koszty ogrzewania.

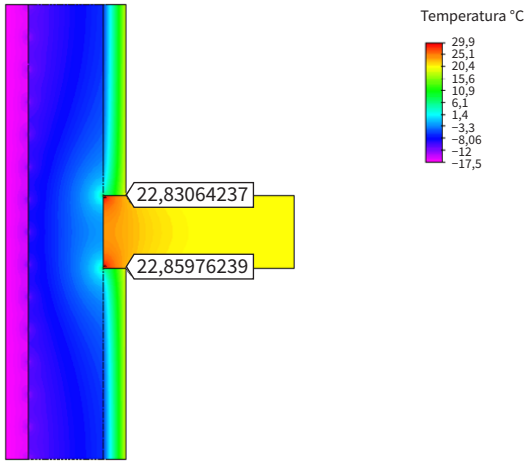
Przewód grzewczy zainstalowany w newralgicznych miejscach docieplenia wewnętrznego można traktować jako uzupełnienie istniejącego systemu grzewczego. Z uwagi na małą i zmienną (zależną od temperatury otoczenia) moc przewodu wynoszącą od 5 do 20 W/m, jego zasięg oddziaływania

110 Wójcik Robert, *Docieplanie budynków od wewnątrz*, Grupa Medium, Warszawa 2017.

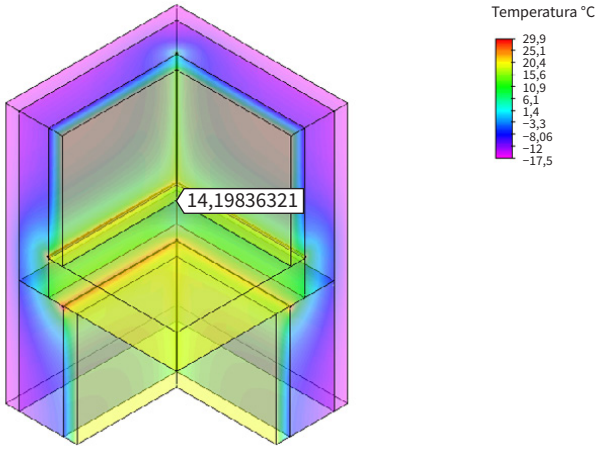
111 Wójcik Robert, *Sposób docieplania przegród budynków od strony wewnętrznej*, 30.11.2012. Patent nr 212791.

jest ograniczony do najbardziej wychłodzonej strefy mostka termicznego, co w wystarczającym stopniu niweluje szkodliwe zjawiska związane z wychłodzeniem powierzchni strefy brzegowej, kondensacją pary wodnej i rozwojem pleśni. Podczas cieplejszych dni wiosennych i jesiennych, gdy ogrzewanie podstawowe jest wyłączone, przegrody zewnętrzne mogą być nadal skutecznie zabezpieczone przez automatycznie włączający się system przeciwkondensacyjny. Warto dodać, że dwużyłowe przewody grzewcze wytwarzają pomijalnie małe pole elektryczne, dzięki czemu nie oddziałują negatywnie na zdrowie ludzi.

Ilustracje 24 i 25 pokazują efekt działania systemu przeciwkondensacyjnego.



Il. 24. Zmiana pola temperatury spowodowana uruchomieniem systemu przeciwkondensacyjnego.



Il. 25. Efekt dogrzewania ocieplonego węzła systemem przeciwkondensacyjnym (analiza 3D).

Dane techniczne przykładowego systemu wykonanego z wykorzystaniem podzespołu T2RED (Raychem):

- moc grzewcza 5–15 W/m
- maksymalna długość obwodu grzewczego do 100 m przy 10 A
- minimalny promień gięcia 35 mm
- maksymalna wytwarzana temperatura 45°C
- maksymalna temperatura oddziaływania 65°C
- maksymalne wymiary (szer. × wys.) 6,0 mm × 8,7 mm

Analizy warunków klimatycznych, przeprowadzone np. dla Warszawy i Wrocławia, wskazywały, że system przeciwkondensacyjny będzie wykorzystywany od 12 do 18 dni w roku. Doświadczenia praktyczne, zebrane na podstawie obserwacji wdrożonych instalacji, wykonanych np. w budynkach historycznych zlokalizowanych w Mrągowie, dowodzą, że czas włączania instalacji jest nawet krótszy, pomimo lokalizacji w zimniejszej strefie klimatycznej.

3.4.2. Docieplanie stropów nad nieogrzewanymi piwnicami

Izolowanie stropów nad nieogrzewanymi piwnicami może być problematyczne. Jest to szczególny przypadek przepływu ciepła, którego wektor jest skierowany pionowo w dół. Naturalnym rozwiązaniem wydaje się więc docieplenie stropów od strony piwnicy. Tu jednak trzeba spełnić kilka warunków, do których należą przede wszystkim: stosowanie materiałów nierozprzestrzeniających ognia (np. płyt włóknowo-cementowych) i pozostawienie wymaganej wysokości pomieszczeń piwnicznych po dociepleniu stropu. Nie jest natomiast konieczne w tym przypadku rozszerzenie izolacji na ściany.

3.4.3. Docieplanie stropodachów

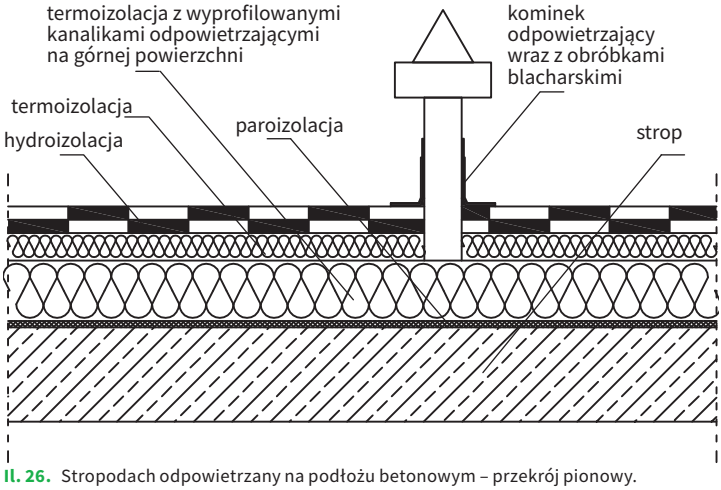
Każde docieplenie przegród zewnętrznych budynku niesie ze sobą ryzyko poważnych zmian wilgotnościowych. Z jednej strony rozwiązywany jest problem wychłodzenia, z drugiej materiały termoizolacyjne mogą blokować dyfuzyjny przepływ pary wodnej. Mając to na uwadze, projektując i wykonując termomodernizację stropodachu należy szczegółowo przeanalizować sposób odprowadzenia wilgoci gromadzącej się między istniejącą konstrukcją a projektowaną termoizolacją.

Najpopularniejszym rozwiązaniem jest wykonanie **stropodachu odpowietrzanego** (il. 26). Pod pokryciem warstwą wodoszczelną wykonuje się sieć połączonych ze sobą kanalików powietrznych, które umożliwiają odprowadzenie do powietrza nadmiaru pary wodnej penetrującej z wnętrza budynku. Kanaliki (o małych przekrojach) tworzą się w wyniku zastosowania odpowiednich materiałów, np. papy z gruboziarnistą posypką, papy perforowanej, albo poprzez wyprofilowanie ich w izolacji termicznej. Odprowadzenie pary wodnej umożliwiają odpowiednio ukształtowane obróbki blacharskie przy krawędziach stropodachu oraz system rozstawionych na powierzchni

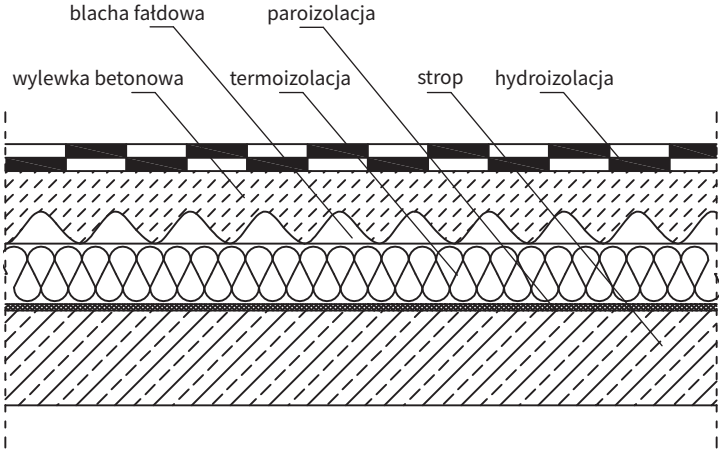
stropodachu kominków odpowietrzających. Należy jednak uważać, aby przy odśnieżaniu stropodachu nie uszkodzić kominków.

Opcjonalnym rozwiązaniem jest wykonanie **stropodachu wentylowanego**. Najprościej można wykonać warstwę wentylowaną tuż nad warstwą termoizolacji, np. poprzez obciążenie termoizolacji wylewką betonową na blasze fałdowej (il. 27). Utworzone między termoizolacją a blachą kanaliki należy wentylować, np. poprzez wykonane w ścianach attykowych kratki wentylacyjne lub poprzez stosowanie wspomnianych wcześniej kominków.

Jako termoizolację stropodachów można zastosować wełnę mineralną, a z materiałów o niższym śladzie węglowym – izolacje pochodzenia naturalnego, np. włókna celulozowe albo drzewne w postaci formowanych płyt lub zasypek. Stosunkowo nowym materiałem polecanym do ocieplania dachu jest szkło komórkowe – całkowicie nienasiąkliwy, trwały i bardzo lekki materiał z recyklingu, o niewielkim śladzie węglowym.



Il. 26. Stropodach odpowietrzany na podłożu betonowym – przekrój pionowy.



Il. 27. Stropodach wentylowany kanalikowy – przekrój pionowy.

Dach zielony

Do ocieplenia stropodachów o odpowiednio dużej stabilności i wytrzymałości można zastosować tzw. dach odwrócony, zielony. Bezpośrednio na konstrukcji, albo po nałożeniu na nią warstwy spadkowej o nachyleniu min. 1:40, układana jest bardzo szczelna hydroizolacja, a na niej materiał docieplenowy; następnie warstwa retencyjno-drenażowa i warstwa wegetacyjna. W wersji ekstensywnej, najczęściej spotykanej, ciężar warstwy wegetacyjnej i roślin wynosi od 20 do 30 kg/m^2.

Jedną z największych zalet dachu odwróconego jest to, że wodoodporne pokrycie zapobiega przenikaniu pary wodnej z wnętrza budynku do izolacji, podczas gdy izolacja utrzymuje ciepło konstrukcji, zmniejszając w ten sposób ryzyko kondensacji wewnątrz stropu i na jego wewnętrznej powierzchni.[112]

Zaletami dachów zielonych, poza walorami estetycznymi, jest ochrona przed hałasem, znacznie lepsza ochrona przed przegrzewaniem, korzystny wpływ na klimat (**działanie mitygacyjne**), zwiększenie różnorodności biologicznej i oczyszczanie powietrza. Zielony dach chroni też pokrycie dachowe przed wpływami zewnętrznymi, takimi jak promieniowanie słoneczne, wahania temperatury, wiatr i deszcz.[113]

W kontekście **adaptacji do zmian klimatu** istotną cechą dachów zielonych jest ich wydajność hydrologiczna, ponieważ ograniczają one spływ wody deszczowej z nieprzepuszczalnych powierzchni w środowisku miejskim. Zielone dachy mogą zmniejszyć spływ z dachu o 30 do 86%, ograniczyć odpływ szczytowy o 22 do 93% i opóźnić go nawet do 30 minut. Zatem, oprócz pozytywnego wpływu na środowisko i budynek, mają zdolność ograniczania szeregu ryzyk, wynikających ze zmian klimatu: podtapiania, powodzi i erozji podczas gwałtownych opadów (więcej o dachach zielonych piszemy w Rozdziale 4.2).[114]

112 Historic England, *Energy efficiency and Historic Buildings: Insulating Flat Roofs*, English Heritage, London 2012, 20.

113 Należy natomiast zadbać o prawidłowe odprowadzanie nadmiaru wody opadowej.

114 Yanling Li, Babcock Roger W., *Green roof hydrologic performance and modeling: a review*, Water Sci Technol 1 February 2014; 69 (4), 727–738. DOI: 10.2166/wst.2013.770.

3.5. Dachy strome

Tomasz Jeleński · Politechnika Krakowska
Cezary Czemplik · Ogólnopolskie Stowarzyszenie Budownictwa Naturalnego

3.5.1. Konserwacje i naprawy dachów

Na podstawie doświadczeń i badań przyjmuje się, że we współczesnym budynku dachy są miejscem ubytków od 8 do 17% energii cieplnej.[115] Znaczącą poprawę warunków cieplno-wilgotnościowych i charakterystyki energetycznej budynku uzyskuje się jednak przede wszystkim przez eliminację zawilgocenia. W pierwszym rzędzie zalecane jest więc sprawdzenie i ewentualna naprawa szczelności poszycia, stanu konstrukcji dachu oraz przegląd i naprawa rynien, rur spustowych i obróbek blacharskich.

Błędy popełniane przy termomodernizacji dachów to przede wszystkim likwidacja okapów, zły kąt podwieszenia rynien, brak lub zbyt małe kosze rynnowe, zbyt małe przekroje rur spustowych i ich zbyt krótkie zakończenia, wylewające wodę z dachu wprost na fundamenty.[116] Wszystkie te błędy mogą skutkować zawilgoceniem budynku (patrz Rozdział 3.1).

Przyczyną kłopotów może być także zmiana rodzaju pokrycia dachowego albo zmiana konstrukcji więźby, i w rezultacie zakłócenie lub nawet zburzenie integralności struktury dachu, która przestaje poprawnie chronić budynek, a niekiedy zaczyna go niszczyć (np. poprzez rozpieranie ścian siłami poziomymi, które przedtem nie występowały).

W przypadku obiektów zabytkowych zaleca się więc zachowanie oryginalnego pokrycia dachowego z wykonaniem niezbędnych jego uzupełnień, z użyciem materiału maksymalnie zbliżonego kształtem oraz kolorem. Jeżeli stan techniczny pokrycia nie pozwala na jego dalszą eksploatację, nie ma przeciwwskazań konserwatorskich dla wymiany pokrycia dachowego na pokrycie tego samego rodzaju, nowe lub (najlepiej) z odzysku. Przy wymianie należy zachować kształt, kolor oraz sposób wykończenia oryginalnego pokrycia (nie wyklucza to zastosowania innego materiału, np. z recyklingu) oraz zachować tradycyjny wygląd obróbek blacharskich, stosując materiał trwały i niepowodujący korozji, np. blachę tytanowo-cynkową.[117]

Podczas naprawy i wymiany elementów więźby dachowej należy stosować tradycyjne połączenia ciesielskie oraz odtworzyć dekoracyjne profile oryginalnych elementów drewnianych (m. in. listew czołowych, wróblownic i krokształtnów). W przypadku poddaszy użytkowych posiadających pełne deskowanie dopuszczalne jest wykonanie membrany paroprzepuszczalnej.[118]

Jeżeli okna w lukarnach dachowych mają specyficzny wyraz architektoniczny lub wartość historyczną, nie należy ich wymieniać, lecz traktować zgodnie z opisem w Rozdziale 3.3. Przemurowanie zniszczonych kominów jest dopuszczalne przy zachowaniu ich kształtu, pierwotnej kolorystyki i sposobu

115 Narodowy Instytut Dziedzictwa, *Standardy termomodernizacji obiektów zabytkowych: Wytyczne Generalnego Konserwatora Zabytków dotyczące ochrony wartości dziedzictwa kulturowego w procesie poprawy charakterystyki energetycznej budowli zabytkowych*, NID, Warszawa 2020,32.

116 Rouba Bogumiła J., *Zawilgocenie…* op.cit. passim; a także Rouba Bogumiła J., *Pielęgnacja świątyni i innych zabytków. Książka nie tylko dla księży*, Wydawnictwo Naukowe UMK, Toruń 2014, passim.

117 Należy unikać sytuacji łączenia na jednym dachu obróbek z różnych materiałów (np. blach miedzianych i tytanowo-cynkowych), nie tylko ze względów estetycznych, ale też zwiększonego zagrożenia korozją.

118 Bakalarczyk Szymon, *Zasady remontowania obiektów zabytkowych*, WUOZ, Olsztyn. https://www.wuoz.olsztyn.pl/zasady-remontowania-zabytkow (sierpień 2021).

wykończenia, z wykorzystaniem materiałów historycznie uzasadnionych, np. tynków wapienno-piaskowych.[119]

W obiektach o szczególnej wartości zabytkowej[120] nie powinno się stosować daleko idących zabiegów termoizolacyjnych. W większości obiektów historycznych możliwe jest jednak docieplenie dachów pod warunkiem odwracalności zmian i po określeniu nośności istniejącej konstrukcji pod kątem możliwości przeniesienia ciężaru wszystkich elementów systemu docieplenionego.

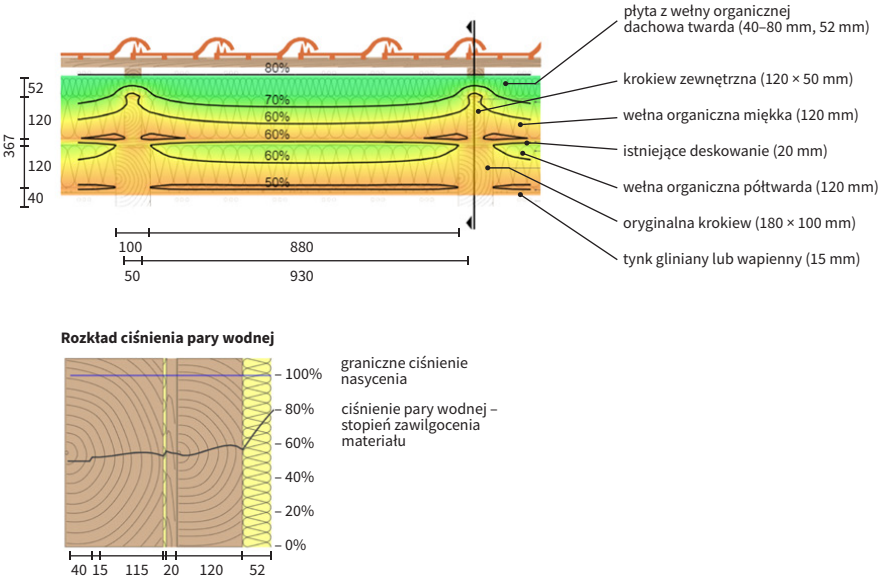
119 Ibidem.

120 W Polskim systemie nie ma formalnie takiej kategorii, ale faktycznie ona funkcjonuje. Piszemy o tym w rozdziale 2.

3.5.2. Docieplenia dachu: szczelność powietrzna i wentylacja

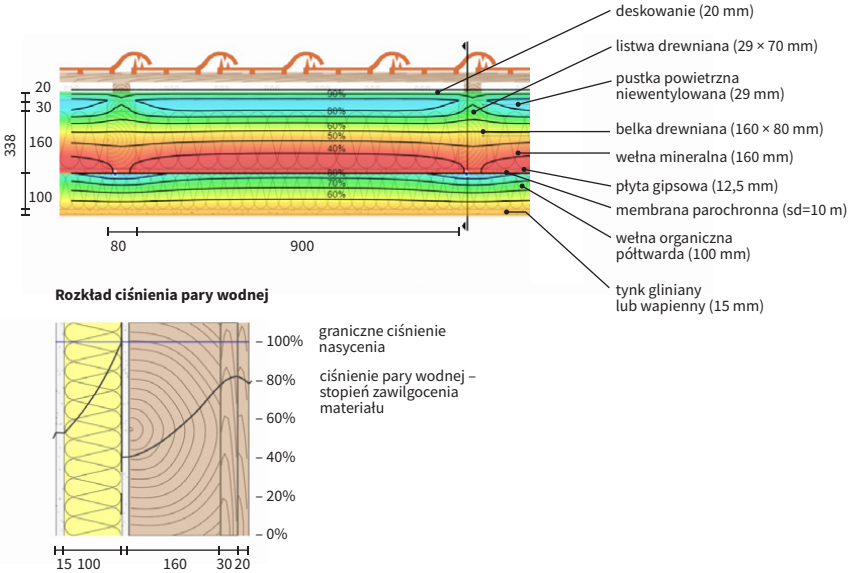
Przy dociepleniu dachu, w większości przypadków konieczna jest paroizolacja (i szczelność powietrzna) od strony pomieszczeń, aby uniknąć spadku izolacyjności cieplnej i uszkodzeń przegrody spowodowanych konwekcją i dyfuzją ciepłego, wilgotnego powietrza. Dotyczy to zawsze rozwiązań izolacyjnych opartych na materiałach zamkniętych dyfuzyjnie albo nieposiadających dużej pojemności wilgotnościowej (np. wełny mineralnej).

W przypadku, kiedy brak jest możliwości zastosowania od wewnątrz szczelnej paroizolacji, a docieplane pomieszczenie jest suche, można zastosować przegrodę otwartą dyfuzyjnie, która umożliwia czasową akumulację wilgoci w strukturze materiału i późniejsze jej odparowanie. Ważne jest wtedy aby żaden z zastosowanych materiałów izolacyjnych i wykończeniowych nie



II. 28. Przykład: dla wariantu otwartego dyfuzyjnie z dociepleniem od zewnątrz ($U = 0{,}15\ W/(m^2 \cdot K)$) nie ma konieczności stosowania paroizolacji. Wszystkie elementy drewniane pracują w optymalnych warunkach. Zastosowanie materiałów otwartych dyfuzyjnie zapewnia mniejsze różnice wilgotności drewna i materiałów izolacyjnych. Należy jednak pamiętać o zabezpieczeniu ppoż. elementów konstrukcji widocznych we wnętrzu.[121]

121 Ilustracja pochodzi z: U-wert.net, *Ubakus*. www.ubakus.de (lipiec 2021).



Il. 29. Przykład: uzyskanie parametru U = 0,15 W/(m·K) możliwe jest także przy dociepleniu od wewnątrz dachów wcześniej izolowanych. Na istniejące wykończenie z karton-gipsu (zabezpieczenie przeciwpożarowe przegrody wcześniej ocieplonej wełną mineralną) została nałożona membrana o Sd = 10 m, umożliwiająca docieplenie wełną drzewną o grubości 10 cm. Takie docieplenie i wykończenie tynkami otwartymi dyfuzyjnie (wapiennymi lub glinianymi) reguluje wilgotność i zapewnia powierzchnię nierozprzestrzeniającą ognia (NRO). [122]

122 Ilustracja pochodzi z: U-wert.net, *Ubakus*. www.ubakus.de (lipiec 2021).

był barierą dla odprowadzenia nadmiaru wilgoci. Odpowiednią otwartość dyfuzyjną mogą mieć np. izolacje na bazie organicznej i silikaty, a w warstwie wykończeniowej płyty i tynki gliniane oraz wapienne (il. 28 i 29).

W pomieszczeniach o podwyższonej wilgotności stosuje się membrany o zmiennym oporze dyfuzyjnym. Zatrzymują one wilgotne powietrze z wnętrza i pozwalają pozbyć się nadmiaru wilgoci z izolacji, gdy powietrze wewnątrz jest suche.

Zazwyczaj przy dociepleniu dachu konieczne jest – jak w opisanych wyżej przypadkach – zapewnienie otwarcia dyfuzyjnego i dobrej wentylacji pod dachówkami lub innym pokryciem. Jest to najbezpieczniejsze rozwiązanie, pozwalające na naturalne wysychanie warstwy termoizolacji w razie jej zawilgocenia.

W przypadku braku możliwości zapewnienia wentylacji i dyfuzji przez zewnętrzne warstwy dachu należy ograniczyć możliwość wnikania w przegrodę ciepłego, wilgotnego powietrza wewnętrznego, poprzez zabezpieczenie termoizolacji od strony wnętrza membraną o projektowanym oporze dyfuzyjnym. Mogą to być membrany o oporze zmiennym, zależnym od zawilgocenia.

Jeżeli ze względów konserwatorskich lub estetycznych potrzebne jest we wnętrzu zachowanie widoku krokwi, można nałożyć na nie od góry izolację z płyt warstwowych organicznych PIR albo PUR (dla układów zamkniętych dyfuzyjnie), albo izolację miękką z dodatkowymi krokwiami wzmacniającymi konstrukcję. Takie wzmocnienie jest ważne szczególnie w kontekście

zmieniających się norm dotyczących obciążenia śniegiem i zmiennych warunków klimatycznych. Istniejące belki z deskowaniem można w takim przypadku potraktować jako podbudowę pod nowy system. Zależnie od grubości izolacji zewnętrznej, można wtedy całkowicie zrezygnować z wypełnienia pomiędzy krokwiami, pozostawiając oryginalny wygląd pomieszczeń. Zmianie ulega jednak wysokość dachu i wygląd okapów.

Przy termoizolacji zamkniętej dyfuzyjnie (np. z pianki PUR) należy bezwzględnie zadbać o pełną szczelność od zewnątrz. W przypadku, gdy dojdzie do przecieku, wilgoć gromadząca się w przegrodzie ma bardzo ograniczone możliwości odparowania.

Jeżeli nie ma możliwości ocieplenia stromego dachu, np. ze względów konserwatorskich, i poddasze nie będzie ogrzewane, należy zastosować warstwę izolacyjną na stropie nad ostatnim ogrzewanym pomieszczeniem. Można w tym celu zastosować materiały zasypowe na bazie konopi, celulozy albo perlitu i przykryć warstwę ocieplenia materiałem paroprzepuszczalnym. Wadą tego rozwiązania jest to, że strych pozostaje przestrzenią nieogrzewaną o ograniczonej użyteczności.

3.5.3. Adaptacje strychów, remonty dachów i nadbudowy

W przypadku poddaszy nieużytkowych (strychów) zazwyczaj warto rozważyć ich adaptację, która zwiększa powierzchnię użytkową budynku i, dzięki temu, ułatwia pozyskanie środków na jego renowację lub termomodernizację – dotyczy to szczególnie obiektów wielorodzinnych lub niemieszkalnych.

Nawet w przypadku zabytków rejestrowych konserwatorzy zazwyczaj akceptują adaptację poddaszy, aczkolwiek pod pewnymi warunkami. Okna połaciowe zaleca się lokalizować wyłącznie na połaciach nieeksponowanych, natomiast ich montaż na dachach widocznych z różnych stron oraz we frontowych połaciach zabytkowej zabudowy pierzejowej może być problematyczny. Można wtedy rozważyć doświetlenie pomieszczeń we frontowym trakcie za pomocą świetlików tunelowych zamontowanych w tylnej połaci dachowej.[123]

123 Bakalarczyk Szymon, op.cit.

W sytuacji remontu, wymiany pokrycia dachowego albo przebudowy lub adaptacji nieogrzewanego strychu na ocieplane poddasze użytkowe, ważna jest ocena nośności istniejącej struktury dachu i wagi nowego pokrycia lub izolacji, oraz dostosowanie konstrukcji do obecnych wymogów nośności. Ze względu na zużycie materiałowe, spękania, ogólne osłabienie, wiele historycznych konstrukcji nie spełni nowych wymagań bez gruntownej przebudowy (il. 30).

W przypadku konieczności zachowania harmonijnego wyglądu dachów, np. w strefie ochrony konserwatorskiej, niedopuszczalne jest podnoszenie pokrycia dachowego w celu docieplenia dachu, co powodowałoby zmianę profilu i proporcji dachu, okapu oraz jego krawędzi z orynnowaniem. Izolacja od wewnątrz jest zazwyczaj dopuszczalna pomiędzy krokwiami, jednak krokwie powinny pozostać widoczne. W budynkach bez wartości zabytkowych izolacja dachu możliwa jest również poniżej krokwi.[124]

124 Ibidem.

Fot. Ewa Mackiewicz

Fot. Ewa Mackiewicz

Il. 30. Pałac w Rzuchowie, wybudowany w 1888 r., wpisany do rejestru zabytków. Pałac jest w trakcie modernizacji realizowanej przez Fundację na Rzecz Ochrony Dóbr Kultury. Dotychczas odrestaurowano m.in. elewacje i dach, którego więźbę przystosowano do obciążenia panelami fotowoltaicznymi planowanymi na niewidocznej, płaskiej części. Nowy dach umożliwia też ukrycie elementów technicznych wentylacji mechanicznej z rekuperacją. Zamontowano okna o wyglądzie historycznym i wysokich parametrach termicznych oraz ocieplono stropy nad I piętrem. W planach jest instalacja fotowoltaiczna z elektrolizerem do produkcji „zielonego" wodoru i ogniwo wodorowe do zasilania pałacu w energię elektryczną, a także energooszczędny system ogrzewania oraz system czujników i automatyki do zarządzania zużyciem energii. Planowane jest też odtworzenie historycznego założenia parkowego.

Bez względu na to, czy obiekt jest zabytkowy czy nie, położenie i rozstaw okien dachowych należy dopasować do osi kompozycyjnych wyznaczonych poprzez otwory okienne w niższych kondygnacjach budynku. Pozwala to zachować harmonię i integralność elewacji.

Ta zasada powinna obowiązywać również przy projektowaniu nadbudów. Jeżeli konstrukcja budynku i kontekst przestrzenny pozwalają na dodanie górnej kondygnacji, to z punktu widzenia ochrony klimatu jest to rozwiązanie korzystne. Zgoda na nadbudowę podlega obowiązkowi pozwolenia na budowę, co wiąże się z **koniecznością dostosowania całego budynku do wymagań WT 2021, czyli istotnej poprawy jego efektywności energetycznej**.[125]

125 Dz. U. 2019 poz. 1065, *Obwieszczenie Ministra Inwestycji i Rozwoju z dnia 8 kwietnia 2019 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie.*

3.5.4. Pokrycie dachu

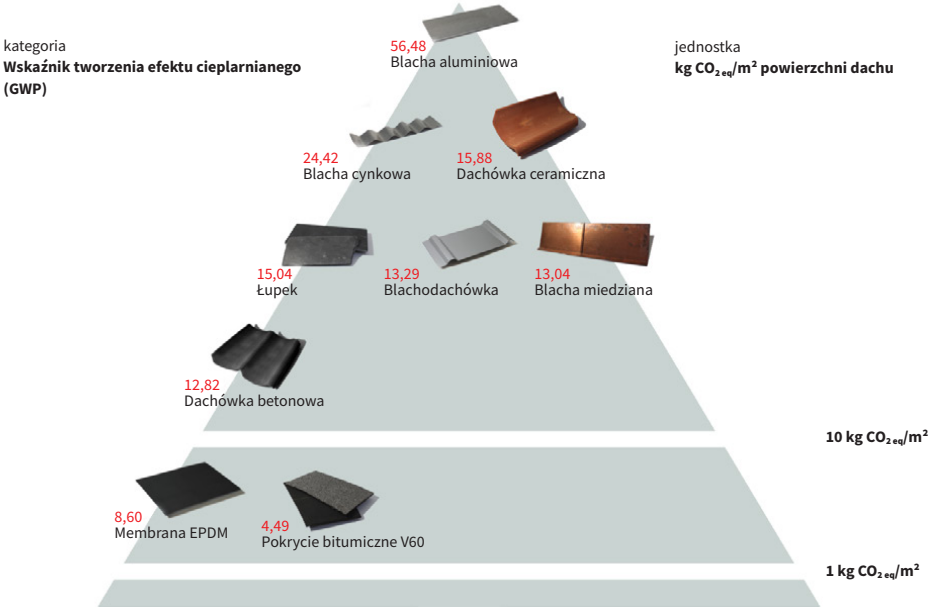
Głównym problemem w przypadku przebudowy dachu są obecnie podwyższone wymagania wytrzymałościowe dla konstrukcji dachowych. Dla wyboru nowego pokrycia dachu i dodatkowej izolacji kluczowa jest więc kwestia wagi. Drugą ważną cechą jest ślad węglowy wytworzenia materiału pokryciowego. Pomijając walory estetyczne, przewagę mają tu pokrycia lekkie, z tzw. gontów bitumicznych i tradycyjnych blach. Ślad węglowy pokrycia może wynosić nawet +56 kg CO_2 przy zastosowaniu blachy aluminiowej; +13–16 kg CO_2 przy dachówce i tylko 4,5 kg CO_2 przy goncie bitumicznym (il. 31), albo być ujemny w przypadku strzechy, trzciny oraz gontu drewnianego, które akumulują CO_2 w masie organicznej.

Materiały organiczne pełnią też rolę izolacji cieplnej i chronią przed przegrzewaniem, co w przypadku pokryć twardych może być uzyskane w ograniczonym zakresie i tylko poprzez dobór jasnej kolorystyki lub refleksyjne wykończenie, które zwykle nie jest akceptowalne ze względów architektoniczno-krajobrazowych. Ograniczeniem szerszego zastosowania pokryć organicznych w budynkach mieszkalnych i publicznych jest konieczność ich zabezpieczenia ppoż. i konserwacji co 5–10 lat.

Przy kalkulacji cyklu życia materiałów należy uwzględnić trwałość, która w największym stopniu charakteryzuje pokrycia ceramiczne, następnie blacharskie z miedzi i cynku, a w najmniejszym tworzywa organiczne i bitumiczne. Jeżeli zakładamy długi czas życia budynku, zastosowanie materiału bardziej trwałego (np. dachówki) może być korzystne dla śladu węglowego, nawet jeżeli wytworzenie tego materiału powoduje jednorazowo większą emisję CO_2.

Ciekawą alternatywą dla rozwiązań z dachówką ceramiczną czy betonową mogą być dachówki kompozytowe z recyklingu PET, o wyglądzie zbliżonym do ceramicznych, ale tańsze o 40% i lżejsze o 50%. Lżejsza dachówka może być montowana na starej więźbie bez potrzeby jej wzmacniania lub budowania od podstaw. Nawet jeśli konieczność wymiany więźby wystąpi, mniejsza masa pokrycia daje oszczędności 40% kosztów na samym materiale konstrukcyjnym więźby i 30% przy jego transporcie.[126]

126 TiLeCo, *Dachówki kompozytowe – alternatywa w pokryciach dachowych*, Dekarz i Cieśla. http://fachowydekarz.pl/dachowki-kompozytowe-alternatywa-pokryciach-dachowych (lipiec 2021).



© CINARK/The Royal Danish Academy and Vandkunsten Architects

Il. 31. Charakterystyka pokryć dachowych pod kątem oddziaływania procesu produkcji na klimat. [127]

127 Ilustracja *Piramida materiałów budowlanych* (*The construction material pyramid*), opracowana przez CINARK – Centre for Industrialised Architecture, The Royal Danish Academy – Architecture, Design, Conservation, pochodzi ze strony interaktywnej www.materialepyramiden.dk/# (lipiec 2021). Wprowadzono zmienne: GWP, kg, no filter, 1 m² roof cladding.

Nowością (o wysokiej cenie) są dachówki solarne ze zintegrowanymi ogniwami fotowoltaicznymi, dostępne już w kolorze ceglanym. Spadek ceny takich ogniw, a także wynalazek Olgi Malinkiewicz – drukowanych, elastycznych ogniw perowskitowych – może wkrótce zwiększyć dostępność i gamę pokryć dachowych ze zintegrowaną fotowoltaiką, również do zastosowań konserwatorskich (więcej o zastosowaniu fotowoltaiki piszemy w Rozdziale 5.2).

Kolejną opcją może być zielone pokrycie dachu. Zielone dachy stosowane są od tysięcy lat, zarówno w południowej, jak i północnej Europie – sprawdzają się w większości klimatów, na dachach płaskich i spadzistych. Jako dodatkowa warstwa izolacyjna chronią budynki przed przegrzaniem, mrozem, hałasem oraz bardzo skutecznie zapobiegają rozprzestrzenianiu się ognia (więcej o zielonych dachach piszemy w Rozdziałach 3.4.3 i 4.2).

3.5.5. Naturalne materiały izolacyjne

Produkcja materiałów izolacyjnych pochłania znaczne ilości energii, np. wyprodukowanie 1 kg wełny mineralnej wymaga zużycia 8 kWh energii końcowej, co przekłada się na znaczne emisje CO_2, szczególnie w polskich warunkach.[128]

Spośród materiałów niskoemisyjnych warto zwrócić uwagę na wełnę celulozową i drzewną, a także mniej popularną wełnę owczą, która doskonale reguluje temperaturę, neutralizuje szkodliwe substancje i pochłania dźwięk.[129] Płyty izolacyjne z wełny owczej występują w asortymencie o współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda = 0{,}0385$ W/(m·K) i gęstości objętościowej $\rho_{ob.} = 14–100$ kg/m^3. Zastosowanie materiału o podwyższonej pojemności cieplnej ogranicza dodatkowo przegrzewanie w okresie letnim.

Wyjątkowo niskim śladem węglowym charakteryzują się płyty korkowe ekspandowane, które nie posiadają w swej strukturze poliuretanu. Płyty korkowe do izolacji cieplnej dachów skośnych charakteryzują się współczynnikiem przewodzenia ciepła na poziomie $\lambda = 0{,}037$ W/(m·K). [130]

Alternatywą dla stosowanych powszechnie systemów docieplеń wełną mineralną z paroizolacją są przede wszystkim materiały z włókien naturalnych: drzewnych, konopnych i słomianych. Jedną z ich zalet jest brak konieczności pozostawiania przestrzeni wentylowanej pod deskowaniem. Zamiast pełnego deskowania można zastosować pokrycie krokwi otwartymi dyfuzyjnie płytami półtwardymi i docieplenie od spodu celulozą, wełną drzewną, albo otwartą dyfuzyjnie pianką poliuretanową. Na poddaszach użytkowych należy wtedy zapewnić odporność ogniową pomieszczeń pod skosami do klasy EI 30, poprzez pokrycie izolacji np. płytą drzewną z tynkiem ogniochronnym.

Zdolność akumulacji CO_2 docieplenia opartego na materiałach organicznych jest w przypadku dachu większa niż dla ścian i może dochodzić do –47 kg m^2 CO_2.

128 KAPE, *Ekspertyza w zakresie określenia opłacalnych podejść do modernizacji właściwych dla danego typu budynków i strefy klimatycznej*, KAPE, Warszawa 2020, 160.

129 The University of Waikato, *Wool fibre properties*, Science Learning Hub. https://www.sciencelearn.org.nz/resources/875-wool-fibre-properties (marzec 2022).

130 Pawłowski Krzysztof, *Innowacyjne rozwiązania materiałów termoizolacyjnych w aspekcie modernizacji budynków w Polsce*, Izolacje 3/2018. https://www.izolacje.com.pl/artykul/sciany-stropy/182305,innowacyjne-rozwiazania-materialow-termoizolacyjnych-w-aspekcie-modernizacji-budynkow-w-polsce (marzec 2022).

3.5.6. Izolacje termorefleksyjne i próżniowe

Izolacje wykonane z folii bąbelkowej okrytej folią aluminiową albo z wielu warstw folii metalizowanej, watoliny, wkładek refleksyjnych i pianek mają mniejszy wpływ na obliczeniowy opór cieplny przegrody, a ich działanie oparte jest na ograniczeniu konwekcji i odbijaniu promieniowania cieplnego do wnętrza budynku. Właściwość ta i zasada działania nie są uwzględnione w metodologii wyliczania parametru U przegrody, zatem nie można skuteczności takiej izolacji wprost porównać z opisanymi wcześniej rozwiązaniami. Producenci podają, że cienka mata termorefleksyjna daje oszczędności energii cieplnej równoważne nawet 20 cm wełny mineralnej. Efekty takie uzyskiwane są jednak tylko w przypadku braku bezpośredniego kontaktu i wymiany ciepła z innymi materiałami.[131] Folie muszą być zatem zawieszone w pustce powietrznej pomiędzy krokwiami.

131 Aluthermo®QUATTRO https://aluthermo.com.pl/produkty/aluthermo-quattro (lipiec 2021).

Maty termorefleksyjne mają również właściwości paroizolacyjne o Sd = 5–50, należy zatem zadbać o ich szczelny montaż. Zabezpieczeniem systemu są zazwyczaj płyty gipsowo-kartonowe. Całość systemu ma niską pojemność cieplną.

Kolejną alternatywą mogą być izolacje próżniowe o niezwykle niskim współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda = 0{,}007$ W/(m·K). Są to rozwiązania zamknięte dyfuzyjnie, oparte na działaniu próżni uwięzionej w arkuszach folii. Dzięki parametrowi przewodności cieplnej (wyrażanej współczynnikami λ lub k) taka izolacja może spełniać wymogi teoretycznej weryfikacji oporu cieplnego przegród. Trwałość tego rozwiązania (zdolność utrzymania próżni) nie jest jednak wystarczająco dobrze potwierdzona. To uniemożliwia rzetelne, wieloaspektowe porównanie ich z najbardziej popularnymi lub tradycyjnymi izolacjami.

3.6. Wentylacja

Tomasz Jeleński · Politechnika Krakowska

Największe straty energii w większości budynków powoduje system wentylacyjny. Np. w budynkach mieszkalnych w Polsce przez wentylację jest tracone statystycznie 30–40% energii.[132] Jednocześnie trzeba podkreślić, że wydajna wentylacja jest w każdym budynku niezbędna. Niewystarczająca wymiana powietrza powoduje poważne zagrożenia dla zdrowia ludzi i stanu technicznego budynków.

W budynkach historycznych występuje system kanałów i kominów wentylacji grawitacyjnej, usuwających zużyte powietrze, które jest zastępowane świeżym i zazwyczaj chłodniejszym powietrzem, napływającym do wnętrza przez różnego rodzaju nieszczelności w przegrodach zewnętrznych. Dodatkową wymianę powietrza zapewnia wietrzenie, np. przez otwieranie okien. Taki system nie pozwala na kontrolowanie ilości wymienianego powietrza. Czasem jest ona za duża, powodując niepotrzebnie duże straty energii, a czasem za mała – z powodu niedrożności lub przebudowy kanałów wentylacyjnych lub uszczelnienia przegród zewnętrznych, zwłaszcza stolarki otworowej (patrz Rozdział 3.3). Zamknięcie dopływu powietrza powoduje, że wentylacja grawitacyjna przestaje działać, co może skutkować wysoką wilgotnością względną powietrza w pomieszczeniu, okresowo przekraczającą nawet 80%.[133]

Jeśli wilgoć wytworzona przez mieszkańców nie zostanie odprowadzona, wzrasta ryzyko rozwoju pleśni, głównie w miejscach mostków termicznych. Przy wilgotności względnej 60% pleśń może pojawić się już przy temperaturze powierzchni nie wyższej niż 15,5°C.[134] Takie temperatury powierzchni są powszechne wewnątrz starych, źle izolowanych budynków.[135]

Istnieją trzy główne wymagania dotyczące intensywności wymiany powietrza w budynkach:

- aby skutecznie odprowadzić wytwarzaną przez mieszkańców wilgoć, CO_2 i zapachy, zaleca się przepływ powietrza nawiewanego w ilości 20–30 m^3/h na osobę,
- zanieczyszczenia powietrza, zapachy i wilgoć emitowane w pomieszczeniach wywiewnych powinny być odprowadzane strumieniem powietrza w zakresie od 20 m^3/h – z toalet, do 40 m^3/h – z łazienek i nawet 40–60 m^3/h – z kuchni,
- bez względu na liczbę mieszkańców należy zawsze zapewnić co najmniej 0,3 wymiany powietrza na godzinę, aby usunąć zanieczyszczenia i zapachy tła. W starych budynkach, bez nowych mebli lub materiałów budowlanych, zanieczyszczenie tła może być niewielkie, stąd wystarczająca może być wymiana powietrza na poziomie 0,2 na godzinę.

Stosowanie tych zasad zapewnia komfort i dobrostan użytkowników. Skutkiem niespełnienia tych wymogów może być zmęczenie, podrażnienie błon śluzowych, choroby układu oddechowego lub częste bóle głowy. Intensywność wymiany znacznie przekraczająca podane tu wartości powoduje natomiast nadmierną utratę energii służącej ogrzewaniu budynku.

132 Narodowy Instytut Dziedzictwa, op.cit.

133 Kaliszuk-Wietecka Agnieszka et al., *Opracowanie dotyczące możliwości termomodernizacji budynków zabytkowych ze szczególnym uwzględnieniem docieplenia przegród pionowych*, NID, Warszawa 2019, 17–19.

135 Ibidem.

134 Troi Alexandra, Zeno Bastian (red.), op.cit., 20.

Sposobem na usprawnienie wentylacji i ograniczenie nadmiernych kosztów ogrzewania jest kontrolowanie wymiany powietrza przez uszczelnienie przegród zewnętrznych budynku (ścian, stolarki, dachu, przepustów instalacyjnych) i równoczesne zastąpienie wentylacji naturalnej systemem mechanicznym z funkcją rekuperacji, która zapewnia odzysk dużej części energii cieplnej z wywiewanego powietrza, a opcjonalnie także odzysk chłodu lub wilgoci. Dzięki centrali wentylacyjnej z rekuperacją albo sprzężeniu działania zespołu mniejszych rekuperatorów, możliwe jest sterowanie intensywnością wymiany, co zapewnia zdrowe i komfortowe warunki we wnętrzach oraz oszczędność energii.

3.6.1. Renowacja wentylacji grawitacyjnej

Jeżeli instalacja wentylacji mechanicznej nie jest pożądana albo możliwa, a poprawiana jest szczelność budynku, konieczne jest doprowadzenie systemu wentylacji grawitacyjnej do stanu maksymalnej wydajności poprzez udrożnienie zatkanych kratek, kanałów i kominów wentylacyjnych, oraz odtworzenie oryginalnego układu pomieszczeń, jeśli zostały one wtórnie podzielone. W okresie powojennym często dochodziło do przebudowy przestronnych apartamentów; wydzielano z nich mniejsze mieszkania i dzielono pomieszczenia ściankami działowymi, pozbawiając w ten sposób część z nich dostępu do kanałów wentylacyjnych.

Jeżeli po przywróceniu sprawności wentylacji grawitacyjnej w pomieszczeniach powietrze jest nadal nadmiernie wilgotne, konieczne jest regularne wietrzenie, co najmniej cztery razy dziennie, aby zapewnić odpowiednią jakość powietrza i zapobiec rozwojowi grzybów. Optymalnym sposobem wietrzenia jest krótkotrwałe, ale pełne otwieranie okien. Całkowite otwarcie okien na ok. 3–5 minut powoduje znacznie mniejsze straty ciepła niż częściowe ich otwieranie lub uchylanie przez dłuższy czas.

Właściwie konserwowany i wspomagany regularnym wietrzeniem system wentylacji grawitacyjnej sprawdza się szczególnie dobrze w budynkach, których struktura, zwłaszcza ściany, mają dużą pojemność cieplną.

Wszędzie tam, gdzie jest to dopuszczalne i technicznie wykonalne, należy jednak dążyć do instalacji mechanicznego systemu odzysku ciepła. Pozwala on radykalnie (do 90%) zmniejszyć straty ciepła przez wentylację.[136] Jednocześnie poprawia komfort, ponieważ nawiewane powietrze jest wstępnie podgrzewane albo chłodzone przez rekuperację. Rekuperatory można wyposażyć w filtry usuwające z nawiewanego powietrza zanieczyszczenia pyłowe (PM), a częstość wymiany powietrza można optymalnie dostosować do wielkości i funkcji pomieszczeń.

136 Ibidem.

Jedną z największych zalet wentylacji mechanicznej jest umożliwienie radykalnej poprawy szczelności przegród zewnętrznych budynku, co prowadzi do dalszych oszczędności energii. Wentylacja mechaniczna redukuje też zagrożenia wynikające ze zmiany stosunków cieplno-wilgotnościowych po termomodernizacji, np. uszczelnienia okien, wykonania wewnętrznej izolacji termicznej lub adaptacji piwnic i strychów na cele użytkowe (patrz Rozdziały 3.2, 3.3 i 3.4).

3.6.2. Projektowanie wentylacji mechanicznej

Przed przystąpieniem do modernizacji budynku, obejmującej np. docieplenie przegród zewnętrznych lub stolarki okiennej, należy dokonać oceny instalacji wentylacyjnej. Ocena powinna być zgodna z przepisami prawa i normami technicznymi[137] i jest podstawą do sformułowania zaleceń dotyczących ewentualnej modernizacji systemu wentylacji. Jeżeli wyniki oceny wskazują na potrzebę zainstalowania systemu wentylacji mechanicznej, należy wyposażyć go w urządzenia rekuperacyjne, tj. odzyskujące energię z powietrza wywiewanego.

Odzysk ciepła albo chłodu z powietrza wentylacyjnego realizowany jest przy usuwaniu zużytego i wilgotnego powietrza, głównie z pomieszczeń wilgotnych i mokrych (łazienek, toalet, kuchni, pomieszczeń sanitarnych, pralni, suszarni, a także kotłowni). Rekuperator wykorzystuje energię usuwanego powietrza do wstępnego podgrzania albo schłodzenia świeżego powietrza, które jest dostarczane do pomieszczeń mieszkalnych (sypialni, pokojów dziennych) lub pomieszczeń pracy, dydaktycznych i innych, w których najdłużej przebywają ludzie. W kontekście dążenia do energooszczędności i mitygacji zmian klimatu odzysk ciepła jest bardzo korzystny, ale trzeba też wziąć pod uwagę, że montaż całego systemu wymaga dużych nakładów pracy, instalacji zewnętrznych czerpni i wyrzutni oraz kanałów biegnących do różnych pomieszczeń, co zagraża walorom estetycznym i zabytkowym budynku.

Przy wyznaczaniu tras dla nowych instalacji należy poprowadzić je z poszanowaniem oryginalnej struktury budynku i wziąć pod uwagę istniejące kanały, nieużywane kominy, piony instalacyjne, wnęki, bruzdy i otwory po poprzednich instalacjach. Dodatkowe piony wentylacyjne i kanały powietrzne należy lokalizować przede wszystkim w dawnych pionach oddymiających, wyposażanych w odpowiednie wkłady. Przebieg instalacji powinien być dostosowany do formy architektonicznej budynku – zarówno jego wnętrza, jak i elewacji

We wnętrzach budynków zabytkowych niedopuszczalne jest prowadzenie instalacji poza narożnikami pomieszczeń i płaszczyznami ścian. Montaż w grubości ścian powinien być poprzedzony przeglądem konserwatorskim w celu potwierdzenia braku polichromii.

Przy projektowaniu elementów zewnętrznych (czerpnie, wyrzutnie) należy wziąć pod uwagę kompozycję elewacji i dachu. Przewody należy poprowadzić w sposób umożliwiający ich ukrycie, np. wzdłuż gzymsów, okapów, rur spustowych, rynien, uskoków i innych elementów architektonicznych.[138] Kolorystyka nowych elementów powinna wtapiać się w paletę elewacji.

Jeżeli budynek jest objęty ochroną konserwatorską, ingerencja w oryginalny wystrój architektoniczny jest w zasadzie niedopuszczalna. Na widocznej elewacji nie są dozwolone żadne otwory wentylacyjne ani kanały. Warunkowo (o ile nie wskazano innych możliwości) dopuszcza się nieszpecące elementy instalacji na elewacji tylnej, bez ingerencji w jej historyczną substancję.

137 Dz.U. 2017 poz. 2285, *Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Budownictwa z dnia 14 listopada 2017 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie*, a także PN-EN 15251:2012 *Parametry wejściowe środowiska wewnętrznego dotyczące projektowania i oceny charakterystyki energetycznej budynków, obejmujące jakość powietrza wewnętrznego, środowisko cieplne, oświetlenie i akustykę, i PN-83/B-03430 Wentylacja w budynkach mieszkalnych zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej – Wymagania*. W dniu 8 lutego 2000 uchwalono zmianę do tej normy: PN-83/B-03430/Az3:2000. Norma została wycofana bez podania normy zastępującej, dlatego nadal jest powszechnie używana. Kaliszuk-Wietecka Agnieszka et al., op.cit, 18.

138 Bakalarczyk Szymon, *Zasady remontowania obiektów zabytkowych*, WUOZ, Olsztyn. https://www.wuoz.olsztyn.pl/zasady-remontowania-zabytkow (sierpień 2021).

Urządzenia nawiewne i wywiewne mogą być umieszczone na dachu, jeśli są ukryte. Przede wszystkim jednak należy skorzystać z dostępnych rozwiązań, które pozwalają na ukrycie urządzeń technicznych poniżej poziomu gruntu lub w formie wolnostojącej, w odpowiedniej aranżacji architektonicznej.

3.6.3. Dobór systemu wentylacji mechanicznej

Istnieje kilka wariantów systemu wentylacji mechanicznej z rekuperacją. Podstawą doboru optymalnego systemu jest decyzja, czy dla danego budynku bardziej odpowiednia jest centrala wentylacyjna, czy system decentralny. Nie ma ogólnych reguł pomagających w podjęciu tej decyzji ani w kontekście wymogów konserwatorskich, ani kosztów. Wybór powinien wynikać z analizy struktury i uwarunkowań konkretnego budynku. Niezbędne jest też poznanie możliwości dostępnych urządzeń wentylacyjnych i różnic pomiędzy systemami.

Centralny system wentylacji (CVS) opiera się na wykorzystaniu dla całego budynku jednej centrali z wymiennikiem ciepła i dwoma wentylatorami do nawiewu i wywiewu powietrza. Należy wziąć pod uwagę wagę i wymiary centrali, a przede wszystkim możliwy przebieg przewodów nawiewnych i wywiewnych oraz lokalizację czerpni i wyrzutni powietrza.

Zalety CVS:

- liczba otworów, które należy wykonać w przegrodach zewnętrznych budynku, jest minimalna; jeżeli czerpnia powietrza z otoczenia i wyrzutnia powietrza wywiewanego znajdują się na dachu lub łączą się z budynkiem kanałami podziemnymi, wtedy nie są potrzebne żadne otwory w elewacji,
- jednostkę centralną można umieścić w pomieszczeniu technicznym, co ułatwia ochronę przed hałasem i konserwację urządzenia,
- wysokosprawne jednostki są dostępne w różnych opcjach wydajności i rozmiarach,
- w większości przypadków CVS charakteryzuje się niższymi kosztami inwestycyjnymi i konserwacyjnymi, niż rozproszony (decentralny) system wentylacyjny (DVS).

Wady CVS:

- koszty zaprojektowania wentylacji centralnej są stosunkowo wysokie, zwłaszcza w budynkach zabytkowych, dla których trzeba znaleźć zindywidualizowane rozwiązania,
- nie zawsze dostępne jest pomieszczenie techniczne do umieszczenia jednostki centralnej; jeszcze większym problemem może być znalezienie odpowiednich miejsc dla przebiegu przewodów wentylacyjnych; stare kominy mogą być czasami używane do poprowadzenia przewodów pionowych, ale konieczne jest również rozprowadzenie poziome,
- jeżeli przewód przechodzi przez granicę strefy pożarowej, konieczne są dodatkowe środki ochrony ppoż.

Decentralny system wentylacji (DVS) wykorzystuje zespół mniejszych jednostek wentylacyjnych, obsługujących poszczególne strefy, pomieszczenia lub pojedyncze mieszkania w budynku wielorodzinnym.

Zalety DVS:

- pozwala uniknąć rozprowadzania przewodów, jeśli urządzenia są umieszczone bezpośrednio przy elewacji lub innych przegród zewnętrznych,
- wydzielone pomieszczenie techniczne nie jest konieczne – rekuperatory można zainstalować bezpośrednio w wentylowanych pomieszczeniach,
- koszty planowania i budowy instalacji są niskie, ponieważ instaluje się urządzenia standardowe,
- każda jednostka może być sterowana indywidualnie przez różnych użytkowników.

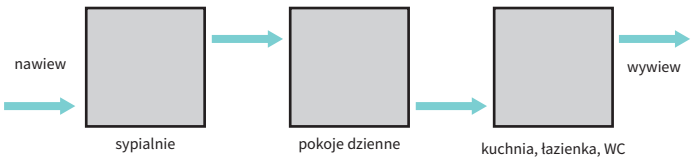
Wady DVS:

- każda jednostka wymaga zewnętrznego poboru i wywiewu powietrza, zazwyczaj przez elewację (ścianę albo okno); z zasady nie jest to akceptowane w budynkach zabytkowych i strefach konserwatorskich,
- rekuperatory są umieszczone w pomieszczeniach użytkowych, należy więc zapewnić ochronę przed hałasem,
- dostępność urządzeń dla bieżącej konserwacji może być utrudniona, zwłaszcza w przypadku budynków mieszkalnych wielorodzinnych z wynajmowanymi mieszkaniami.

Jeżeli ze względów architektonicznych lub konserwatorskich nie można we wnętrzach zainstalować sieci przewodów wentylacyjnych, niezbędnych w systemie z centralą, ani wykonać w elewacji tylu otworów, ile wymaga system decentralny, odpowiednim rozwiązaniem może być **wentylacja kaskadowa**. Taki system sprawdza się zwłaszcza w budynkach mieszkalnych.

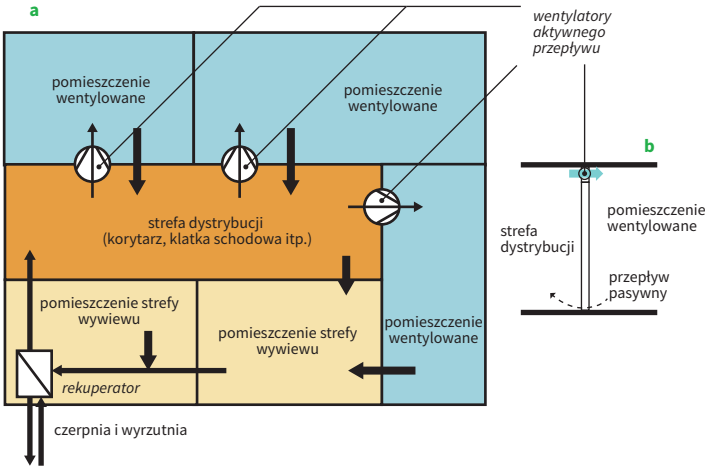
Zasada wentylacji kaskadowej pomaga znaleźć optymalną drogę przepływu powietrza. Ze stref nawiewu (sypialnie, salony, itp.) jest ono kierowane przez strefę transferu (korytarz, przedpokój) do stref wywiewu (kuchnia, łazienka, WC). W strefie transferu mogą znaleźć się też pokoje dzienne; wówczas świeże powietrze trzeba nawiewać tylko do sypialni, skąd przepływa przez pokoje dzienne do pomieszczeń mokrych i wilgotnych. Stamtąd jest usuwane (il. 32). Zasada ta ułatwia budowę energooszczędnego i niedrogiego systemu wentylacji, pozwalając na redukcją liczby i długości przewodów, co jest szczególnie ważne w obiektach zabytkowych.[139]

139 Troi Alexandra, Zeno Bastian (red.), op.cit., 159.



Il. 32. Zasada wentylacji kaskadowej: nawiew tylko w sypialniach.[140]

140 Ilustracja pochodzi z: Troi Alexandra, Bastian Zeno (red.), *Energy Efficiency Solutions for Historic Buildings: A Handbook*, Birkhäuser, Basel 2015, 159.



Il. 33. System aktywnego przepływu – świeże powietrze, podgrzane w rekuperatorze powietrzem usuwanym ze strefy wywiewu, jest wdmuchiwane do strefy dystrybucji; małe wentylatory nawiewają je do pomieszczeń wentylowanych.[141]

141 Ilustracja 33a pochodzi z: Troi Alexandra, Bastian Zeno (red.), *Energy Efficiency Solutions for Historic Buildings: A Handbook*, Birkhäuser, Basel 2015, 160.

Jeżeli w elewacji nie można wykonać żadnych otworów wentylacyjnych, wtedy rozwiązaniem może być **system aktywnego przepływu** – z centralnym rekuperatorem i strefą dystrybucji powietrza. Taki system, podobnie jak kaskada, pozwala uniknąć budowania całej sieci przewodów wentylacyjnych, zarówno poziomych, jak i pionowych. Rekuperator umieszczony pod albo na dachu pobiera powietrze ze strefy wywiewu (toalet, kuchni itp.) przez niepotrzebne już kanały wentylacji grawitacyjnej. Świeże, podgrzane w rekuperatorze powietrze jest wdmuchiwane do strefy dystrybucji – korytarzy lub klatki schodowej. Jako uzupełnienie systemu niezbędne są małe wentylatory, które kierują powietrze z korytarzy do pomieszczeń wentylowanych. Wadą takiego systemu w porównaniu z wentylacją kaskadową jest niższa wydajność wentylacji. Część zużytego powietrza trafia do strefy dystrybucji (wskutek przepływu pasywnego) gdzie miesza się z powietrzem świeżym (il. 33).

W projektach o mniejszej skali oraz w budynkach, w których nie ma możliwości zainstalowania kompleksowego systemu wentylacji mechanicznej, warto rozważyć zamontowanie jednego lub kilku małych rekuperatorów w wybranych pomieszczeniach, gdzie istnieją do tego odpowiednie warunki. Szczególnie poleca się je w kuchniach i łazienkach, gdzie mogą dać istotne oszczędności, odzyskując do 80% ciepła. Nie wymagają rozprowadzania przewodów wentylacyjnych i mogą wykorzystywać istniejące kominy, kanały wentylacyjne lub przepusty ścienne, co znacznie ułatwia instalację i minimalizuje inwazyjność montażu.

Instalacja rekuperatorów

W systemie z centralą wentylacyjną (CVS) główna jednostka jest zwykle umieszczona na poddaszu, w piwnicy lub na zewnątrz budynku. Powinna być zlokalizowana jak najbliżej przegrody zewnętrznej, aby kanały nawiewu i wywiewu były jak najkrótsze. Jeżeli rekuperator jest umieszczony poza

©Alnor

Il. 34. Przykład rekuperatora decentralnego zamontowanego w warstwie izolacji zewnętrznej. Widoczna zewnętrzna kratka nawiewno-wywiewna w glifie okiennym oraz wewnętrzny naścienny element maskujący.

142 Ibidem, 162

budynkiem, wtedy kanały między nim a budynkiem muszą być krótkie i dobrze zaizolowane.

W systemie decentralnym (DVS) urządzenia są zwykle instalowane na wewnętrznych powierzchniach elewacji lub w przestrzeni sufitowej pomieszczeń wentylowanych. Jeśli urządzenie jest zintegrowane z elewacją, długość zimnych kanałów jest zredukowana do minimum, co pozwala zmniejszyć koszty materiałów i instalacji, a także ograniczyć straty ciepła i koszty konserwacji.

Czerpanie i usuwanie powietrza wymaga zasadniczo dwóch przewodów oraz dwóch otworów w przegrodzie zewnętrznej. Aby zminimalizować liczbę otworów, można zastosować system przewodów koncentrycznych. Świeże powietrze jest wtedy zasysane przez szczelinę pierścieniową, natomiast powietrze zużyte jest wydmuchiwane przez dłuższy kanał środkowy.[142] To pozwala zminimalizować mieszanie się obu strumieni i zagrożenie przemarzania ściany przy przepuście. Dostępne są też rekuperatory do systemów decentralnych, naprzemiennie nawiewające i wywiewające powietrze przez jeden otwór lub przewód.

Kiedy budynek jest ocieplany od zewnątrz, kompaktowy rekuperator można umieścić w warstwie izolacji, a kratkę nawiewno-wywiewną zamontować w glifie okiennym. Jest to prawdopodobnie najbardziej dyskretny sposób montażu rekuperatora ściennego pracującego w systemie decentralnym (il. 34).

3.7. System grzewczy

Tomasz Jeleński · Politechnika Krakowska

Rolą systemu grzewczego jest ogrzewanie budynku i przygotowanie ciepłej wody użytkowej. Ogrzewanie powinno zapewnić warunki temperaturowe odpowiednie dla charakteru budynku i funkcji poszczególnych pomieszczeń, z uwzględnieniem zmian klimatycznych w różnych okresach roku. Poprawnie dobrany i zaprojektowany system poprawia komfort termiczny użytkowników budynku, zabezpiecza go przed niszczeniem i zmniejsza zużycie energii.

System składa się najczęściej ze źródła ciepła (lub przyłącza do sieci ciepłowniczej) oraz wewnętrznej instalacji grzewczej, np. grzejników (konwektorowych, promiennikowych), emiterów płaszczyznowych (podłogowych, ściennych) albo instalacji powietrznej (niezależnej instalacji nadmuchowej albo instalacji wentylacyjnej z opcją podgrzewania powietrza). Rzadziej stosuje się systemy pozbawione centralnego źródła ciepła, złożone z grzejników lub promienników zasilanych bezpośrednio energią elektryczną.

3.7.1. Źródło ciepła

Źródło ciepła jest podstawowym elementem typowego systemu grzewczego i w największym stopniu decyduje o oddziaływaniu systemu na środowisko, czyli o zużyciu energii pierwotnej i śladzie węglowym fazy eksploatacji budynku oraz emisji zanieczyszczeń powietrza (pyłu zawieszonego, benzo(a)pirenu, dwutlenku siarki, tlenków azotu) i produkcji odpadów takich jak popiół lub żużel.

Przy kompleksowej i głębokiej termomodernizacji źródło ciepła prawie zawsze jest wymieniane. Jeśli w pobliżu budynku przebiega sieć ciepłownicza, warto rozpoznać możliwość przyłączenia się do niej. Jest to rozwiązanie często najkorzystniejsze, ze względu na ograniczenie emisyjności i sprawność ogrzewania (patrz Tabela 3.4).

Jeżeli budynek ma posiadać własne źródło ciepła, ważne jest odpowiednie zaplanowanie etapów inwestycji tak, aby zainstalowanie efektywnego systemu grzewczego zostało poprzedzone ograniczeniem zapotrzebowania na ciepło, np. poprzez poprawę izolacyjności cieplnej przegród zewnętrznych (patrz Rozdziały 3.1–3.5) lub odzysk ciepła z wentylacji (Rozdział 3.6). Nieuwzględnienie zmiany zapotrzebowania na ciepło może skutkować niewłaściwym doborem typu lub mocy systemu grzewczego, co przełoży się na wyższe koszty inwestycji oraz – co ważniejsze – wyższe zużycie energii w kolejnych latach.

Określenie zapotrzebowania budynku na moc cieplną jest elementem audytu energetycznego (patrz Rozdział 1.2). Jeżeli audyt nie może być przeprowadzony, warto skorzystać z narzędzi takich jak Ciepło Właściwie (https://cieplo.app). Pomaga ono osobom nieposiadającym specjalistycznego wyy kształcenia oszacować moc cieplną potrzebną do ogrzania budynku, a także koszty ogrzewania różnymi paliwami i systemami oraz ustalić, jakie zmiany

(np. ocieplenie przegród lub wymiana kotła) pozwolą najefektywniej obniżyć koszty ogrzewania.

Do oceny zużycia energii można wykorzystać też programy oceny charakterystyki energetycznej. Jednym z najprostszych w użyciu, a równocześnie najbardziej kompleksowym, wielokryterialnym, jest bezpłatny kalkulator Ekodom (https://ekodom.edu.pl), który nie tylko wylicza zużycie energii, ale także emisję dwutlenku węgla. Zawiera moduł doboru rozwiązań termomodernizacyjnych, umożliwiający obserwację zmian wartości emisji dla różnych warunków nasłonecznienia, przy doborze rozmaitych materiałów izolacyjnych, grubości izolacji, systemów wentylacyjnych oraz źródeł ciepła i energii. Kalkulator oparty jest na normach i danych klimatycznych z 27 krajów europejskich. Dzięki takim narzędziom możemy sprawdzić, za jaką część emisji odpowiadają poszczególne elementy konkretnego budynku, jego systemy grzewcze i wentylacyjne, a także wykonać uproszczony audyt energetyczny, określając koszty i efekty finansowe modernizacji.[143]

143 Kalkulator jest bezpłatny i bardzo prosty w użyciu, jednak do wykonania szczegółowej charakterystyki budynku konieczne jest użycie profesjonalnego oprogramowania, np.: Arcadia Thermo, Sankom, Certo, albo Intersoft.

Zastosowanie odnawialnych źródeł energii cieplnej

Produkcja ciepła ma największy wpływ na zużycie energii końcowej, odpowiadając za prawie połowę światowego zużycia EK w 2021 r. Z tego 46% zużywa się w budynkach, na ogrzewanie pomieszczeń i wody.[144]

Dostawy ciepła, które w 2020 r. odpowiadały za ponad 40% (13,1 Gt) globalnych emisji CO_2 związanych z energią, są nadal w dużej mierze oparte na paliwach kopalnych. W 2020 r. odnawialne źródła energii (OZE) dostarczyły tylko 11% (23 EJ) energii zużytej do produkcji ciepła.[145]

144 IEA, *Renewables 2021*, Paris: IEA. https://www.iea.org/reports/renewables-2021 (czerwiec 2022).

145 Ibidem.

Ze względu na potrzebę łagodzenia zmian klimatu i rosnącą rentowność OZE, przyszłość niewątpliwie należy do systemów grzewczych zasilanych energią odnawialną. Technologie produkcji ciepła ze źródeł odnawialnych obejmują biopaliwa, ogrzewanie słoneczne i geotermalne, w tym systemy gruntowych pomp ciepła (GSHP) (patrz Rozdział 5).

Najbardziej popularnym w Polsce paliwem odnawialnym jest biomasa. Spalanie biomasy pochodzącej z odpadów lub szybko odnawianych upraw energetycznych (np. wierzby) jest neutralne dla klimatu. Do atmosfery uwalniany jest tylko węgiel z atmosferycznego CO_2, który został związany w czasie wzrostu roślin.

Spalanie biomasy w instalacjach zasilających pojedyncze budynki powoduje jednak emisję dużych ilości zanieczyszczeń pyłowych (PM) (patrz Rozdziały 3.7.2 i 3.8.5). Instalacje nieposiadające odpowiednich elektrofiltrów emitują ilości pyłu zawieszonego większe nawet niż instalacje spalające węgiel. Z tego powodu nie zaleca się, a nawet lokalnie zakazuje (np. w Krakowie) spalania biomasy na terenach zurbanizowanych. Na wykorzystanie OZE w rozproszonych systemach grzewczych pozwalają więc przede wszystkim systemy oparte na energii elektrycznej.

System grzewczy zasilany energią elektryczną

Ślad węglowy systemów opartych na energii elektrycznej jest zależny od metod jej wytwarzania. Wraz ze wzrostem udziału energii z OZE w systemie

energetycznym, maleje ślad węglowy ogrzewania budynków zasilanych w ciepło przez instalacje elektryczne.

Zaletami elektrycznych instalacji wytwarzających ciepło jest stosunkowo niski koszt samej instalacji i wygoda użytkowników (bezobsługowość i automatyzacja sterowania), a wadą – wysoki i rosnący koszt zakupu energii elektrycznej. Im zapotrzebowanie budynku na energię użytkową jest mniejsze, tym bardziej opłaca się zastosowanie elektrycznych urządzeń grzewczych. Obecnie ogrzewanie elektryczne jest opłacalne tylko w budynkach spełniających najwyższe standardy energetyczne oraz gdy energia elektryczna jest produkowana we własnej instalacji fotowoltaicznej.

Aby ograniczyć zapotrzebowanie na energię, można zastosować pompę ciepła, która zużywa ok. trzy razy mniej energii niż proste grzejniki elektryczne. Zasilając pompę ciepła ze zlokalizowanej na posesji instalacji fotowoltaicznej, uzyskujemy znaczące zmniejszenie zapotrzebowania budynku na energię pierwotną. Jest to obecnie najbardziej skuteczna metoda zbliżenia budynku do standardu zero-energetycznego.

Alternatywnym dla pompy ciepła rozwiązaniem jest zasilanie, z instalacji fotowoltaicznej, grzałki elektrycznej, ogrzewającej powietrze wentylacyjne. To rozwiązanie może sprawdzić się w budynkach o minimalnym zapotrzebowaniu na ciepło, np. w standardzie pasywnym. Eliminuje ono potrzebę wyposażania budynku w osobną instalację grzewczą. Ciepłą wodę użytkową można przygotowywać przez większość dni w roku w instalacji kolektorów słonecznych lub kolektorów hybrydowych i dogrzewać elektryczną grzałką tylko w dni pochmurne.

3.7.2. Dobór źródeł energii i urządzeń grzewczych

Do oceny źródeł energii pod kątem ich wpływu na środowisko można wykorzystać kilka wskaźników, np. np. współczynnik **nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej** na wytworzenie i dostarczenie nośnika energii lub energii (Wi). Wartości tego współczynnika, zgodnie z rozporządzeniem Ministra Infrastruktury i Rozwoju[146], przedstawia Tabela 3.1. Im niższa wartość wskaźnika Wi, tym mniejsze jest zużycie nieodnawialnych paliw kopalnych.

146 Dz.U. 2015 poz. 376, *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.*

Tabela 3.1. Współczynnik nakładu nieodnawialnej energii pierwotnej przy wytwarzaniu i dostarczaniu nośnika energii lub energii (Wi).

Sposób zasilania budynku	Rodzaj nośnika energii lub energii	Wi
Wytwarzanie energii w budynku	Energia słoneczna, wiatrowa i geotermalna	0,00
	Biomasa	0,20
	Biogaz	0,50
	Olej opałowy	1,10
	Gaz	
	Węgiel	
Ciepło sieciowe z kogeneracji	Biomasa, biogas	0,15
	Węgiel kamienny lub gaz	0,80
Ciepło sieciowe z ciepłowni	Gaz lub olej opałowy	1,20
	Węgiel kamienny	1,30
Sieć elektroenergetyczna	Energia elektryczna	3,00

Kolejnym istotnym wskaźnikiem jest klasa efektywności energetycznej urządzeń grzewczych, która ma kluczowe znaczenie z punktu widzenia **zużycia energii końcowej na etapie eksploatacji budynku**. Ramowe obowiązki w zakresie etykietowania produktów wykorzystujących energię (w tym źródeł ciepła) regulowane są na poziomie UE przez Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2017/1369.[147] Wartości możliwych do uzyskania klas energetycznych dla podstawowych źródeł ciepła przedstawia Tabela 3.2.

147 EUR-lex, Document 32017R1369. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/?uri=CELEX%3A32017R1369 (sierpień 2021).

Tabela 3.2. Klasy efektywności energetycznej urządzeń grzewczych.[148]

Źródło ciepła	Klasa efektywności energetycznej
Gruntowe pompy ciepła	A+++
Powietrzne pompy ciepła (gazowe i elektryczne) Kogeneracja (gazowa) Kotły gazowe w zestawie z pompą ciepła lub kolektorami słonecznymi Kotły na biomasę Węzły cieplne (niektóre)	A++, A+
Kotły kondensacyjne Kotły na biomasę Węzły cieplne (niektóre)	A
Kotły na paliwa stałe (węgiel) Kotły gazowe niekondensacyjne	B, C, D

148 Zestawienie uzupełniono o nieobjęte obowiązkiem etykietowania nowoczesne węzły cieplne o sprawności w zakresie 98–99%. KAPE, *Analiza inwestycji budowlanej pod kątem możliwości ograniczenia negatywnego oddziaływania na środowisko*, Warszawa 2020, 62.

Najważniejszym wskaźnikiem określającym **wpływ różnych źródeł ciepła na klimat** jest **wielkość emisji CO_2**. Wartości wskaźnika emisji CO_2 w zależności od rodzaju spalanego paliwa lub nośnika energii, wg Krajowej Agencji Poszanowania Energii (KAPE), w oparciu o dane Krajowego Ośrodka Bilansowania i Zarządzania Emisjami (KOBIZE) z roku 2018, przedstawia Tabela 3.3.[149]

149 Ibidem, 63–64.

Tabela 3.3. Wpływ źródeł ciepła na klimat (emisja CO_2) w zależności od rodzaju wykorzystywanego paliwa lub energii.

Sposób zasilania budynku w energię	Rodzaj nośnika energii lub energii	Emisja CO_2, kg/GJ
Miejscowe wytwarzanie energii w budynku	Energia słoneczna	0,00
	Energia wiatrowa	
	Energia geotermalna	
	Biomasa	
	Biogaz	
	Olej opałowy	77,4
	Gaz ziemny	55,5
	Gaz płynny	63,1
	Węgiel kamienny	94,7
	Węgiel brunatny	104,1
Ciepło sieciowe z kogeneracji	Biomasa, biogas	0,0
	Węgiel kamienny	136,0
Ciepło sieciowe z ciepłowni	Gaz	74,4
	Węgiel kamienny	143,7
Sieć elektroenergetyczna systemowa	Energia elektryczna	216,1

Zanieczyszczenia pyłowe i odpady

Kolejnym ważnym wskaźnikiem pozwalających dobrać źródło ciepła dla budynku jest wielkość emisji pyłu zawieszonego PM10. Emisje pyłowe nie mają istotnego wpływu na klimat, ale stanowią bardzo poważne zagrożenie dla zdrowia i życia w pobliżu źródeł emisji.

KAPE w 2020 r. zestawiła wartości wskaźnika emisji pyłu w zależności od rodzaju spalanego paliwa lub nośnika energii.[150] Źródła odnawialne, wykorzystujące energię słoneczną, wiatrową i geotermalną, nie powodują żadnej emisji pyłowej. W przypadku ciepła sieciowego oraz energii elektrycznej emisja pyłów jest pomijalnie mała, z uwagi na wyposażenie źródła ciepła w układy elektrofiltrów.

150 Za: KAPE, op.cit., 63–64.

Najwyższe wartości emisji PM10 mają paliwa stałe. Spalanie węgla, nawet wysokiej klasy węgla kamiennego w kotle spełniającym wymagania klasy 5, powoduje emisję 16 g/GJ.[151] Jeszcze gorszy wskaźnik ilości emisji pyłu ma biomasa (w tym drewno), których spalanie w kotle klasy 5 powoduje emisję aż 18 g/GJ PM10. Na tym tle stosunkowo czystymi są paliwa gazowe: 0,5–0,7 g/GJ.

151 Zgodnie z normą PN-EN 303-5:2012.

Aby zmniejszyć niekorzystne oddziaływanie budynków na środowisko, powinno się stosować źródła ciepła nieprowadzące też do powstawania odpadów. Ilość odpadów stałych największa jest w przypadku węgla. Popiół powstaje również w procesie spalania biomasy, jednak jego ilość i szkodliwość jest znacznie mniejsza.

Z punktu widzenia oddziaływania na środowisko najlepsze są źródła charakteryzujące się równocześnie jak najniższą emisją CO_2 i pyłów. Zestawienie przedstawione w Tabeli 3.4. wskazuje, że dostępne są rozwiązania systemów grzewczych o zerowym oddziaływaniu na środowisko. Nie zawsze jednak ich zastosowanie w danym budynku jest możliwe, np. z powodu ograniczeń konserwatorskich i braku dostępu do sieci ciepłowniczej.

Tabela 3.4. Wartości wskaźnika emisji pyłu PM10 i CO_2 w zależności od rodzaju źródła ciepła i systemu grzewczego.[152]

152 KAPE, op.cit., 66.

Źródło ciepła	Sprawność całkowita systemu grzewczego	Emisja pyłu PM10, g/GJ	Emisja CO_2, kg/GJ
Kocioł na biomasę, automatyczny	0,69	26,1	0,0
Kocioł olejowy	0,73	4,1	106,0
Kocioł gazowy kondensacyjny	0,79	0,6	70,3
Kocioł gaz płynny	0,79	0,9	83,0
Kocioł na węgiel automatyczny 5 klasy	0,69	23,2	137,2
Węzeł cieplny, ciepło sieciowe z kogeneracji – biomasa, biogaz	0,83	0,0	0,0
Węzeł cieplny, ciepło sieciowe z kogeneracji – węgiel kamienny	0,83	0,0	163,9
Węzeł cieplny, ciepło sieciowe z ciepłowni – gaz ziemny	0,83	0,0	89,6
Węzeł cieplny, ciepło sieciowe z ciepłowni – węgiel kamienny	0,83	0,0	173,1
Gruntowa pompa ciepła	2,97	0,0	72,8
Gruntowa pompa ciepła (energia elektryczna 100% z fotowoltaiki)	2,97	0,0	0,0
Powietrzna pompa ciepła	2,21	0,0	97,8
Powietrzna pompa ciepła (energia elektryczna 100% z fotowoltaiki)	2,21	0,0	0,0
Ogrzewanie elektryczne	0,90	0,0	240,1

Na podstawie powyższego, KAPE zaproponowała rozwiązania źródeł ciepła, przypisując je do trzech kategorii: III – standardowej, II – lepszej i I – najlepszej (Tabela 3.5).

Tabela 3.5. Źródła ciepła dla budynków przypisane do kategorii zaproponowanych przez KAPE.

Kategoria	Przykładowe źródła ciepła		
III	Kocioł gazowy kondensacyjny klasy efektywności energetycznej min. A	Ciepło sieciowe, Wi do 1,1	Kocioł na biomasę, automatyczny, klasy emisyjnej 5 i efektywności energetycznej min. A
II	Kocioł gazowy kondensacyjny klasy min. A+ z pompą ciepła lub kolektorami słonecznymi	Ciepło sieciowe z kogeneracji, Wi do 0,8	Gruntowa pompa ciepła klasy min. A+
I	–	Ciepło sieciowe z kogeneracji, Wi do 0,5	Gruntowa pompa ciepła klasy min. A++ zasilana fotowoltaiką (100% pokrycia w bilansie rocznym)

Trzeba dodać, że kotły klasy 5 mogą pracować ciągle z niską temperaturą spalin, co przy odprowadzaniu ich przez duży, zimny komin niesie ryzyko kondensacji wilgoci. Często konieczny jest więc nowy, ceramiczny wkład kominowy, odporny na kondensat z zawartością kwasu siarkowego.

Dobór elementów grzejnych

Wszystkie systemy grzewcze poza powietrznymi wymagają zainstalowania grzejników, promienników lub instalacji płaszczyznowych o parametrach dobranych do właściwości źródła ciepła i parametrów każdego z pomieszczeń. Tylko precyzyjny dobór pozwala na równoczesne uzyskanie komfortu cieplnego i energooszczędności. Uwzględnić należy dominujący sposób wymiany ciepła (konwekcyjny albo promieniowy), umiejscowienie elementów grzejnych, a w przypadku instalacji wodnych także temperaturę zasilania i powrotu z instalacji.

Energooszczędne źródła ciepła, takie jak pompy ciepła i kotły kondensacyjne, uzyskują wysoką efektywność tylko, kiedy współpracują z instalacjami niskotemperaturowymi. Ich podłączenie do starej instalacji grzejnikowej raczej nie przyniesie oczekiwanych efektów. Jako rozwiązanie optymalne często poleca się ogrzewanie płaszczyznowe (bardziej oszczędne i dające zdrowszy, bardziej stabilny klimat we wnętrzu, bez konwekcji kurzu i widocznych elementów grzewczych), ale instalacja ogrzewania podłogowego lub ściennego wymaga bardzo poważnej ingerencji w substancję budynku. Jeżeli nie jest ona możliwa, wtedy należy zastosować grzejniki o odpowiednio dobranych parametrach.

Najmniej polecanym rozwiązaniem jest podłączenie do jednego źródła ciepła równocześnie instalacji płaszczyznowej (niskotemperaturowej, o tzw. niskim parametrze) i grzejnikowej (o parametrze wysokim). Taki system ma mniejszą sprawność, wymaga zastosowania mieszaczy, a układy umożliwiające niezależne sterowanie obiegami grzejnikowymi i płaszczyznowymi są drogie.

W każdym przypadku dobór grzejników najlepiej powierzyć specjalistom. Można ewentualnie skorzystać z narzędzi umożliwiających obliczenie

przybliżonej mocy grzejników dla dowolnego pomieszczenia, w oparciu o podstawowe parametry budynku.

Stosunkowo najprostsze do zaprojektowania i sterowania są systemy pozbawione centralnego źródła ciepła, w których energia elektryczna zasila grzejnik bezpośrednio. Zasilanie grzejników elektrycznych jest jednak dużo droższe niż systemu z pompą ciepła lub kotłem gazowym.

Spośród elektrycznych grzejników stosunkowo najmniejszym zużyciem energii charakteryzują się panele lub maty emitujące podczerwień. Zyskują one popularność, głównie dzięki niższym kosztom eksploatacji, ale posiadają też inne korzystne właściwości, które mogą być wykorzystywane w obiektach historycznych. Przede wszystkim nie nagrzewają powietrza, dzięki czemu nie dochodzi w nim do czasowej akumulacji wilgoci. W przeciwieństwie do ogrzewania konwencjonalnego (najczęściej opartego na zjawisku konwekcji), transfer energii w podczerwieni jest bezpośredni, bez strat na ogrzewanie powietrza, które w znikomym stopniu pochłania energię promieniowania. Energię promieniowania cieplnego pochłaniają, a następnie powoli oddają, powierzchnie wnętrz i obiekty, na które oddziałują fale podczerwone. Dotyczy to też ludzkiej skóry i odzieży, które przejmują energię promieniowania podczerwonego.

Nieabsorbowanie energii przez powietrze zapewnia duże oszczędności, zdrowszy klimat we wnętrzu i skuteczniejsze usuwanie wilgoci. Do ogrzewania wnętrz zaleca się zwłaszcza długofalowe promieniowanie podczerwone (IR-C), o długości fali 3–1000 mikronów, które jest najlepiej absorbowane przez organizm ludzki. Jest to rodzaj promieniowania zbliżony do emitowanego przez tradycyjne piece ceramiczne (kaflowe).

3.7.3. Specyfika ogrzewania zabytków

Każde z dostępnych rozwiązań służących poprawie komfortu termicznego wiąże się z ingerencją w estetykę lub substancję obiektu zabytkowego i panujący w nim mikroklimat, co może wpływać niszcząco na wyposażenie i substancję budynku.
W budynkach historycznych i tradycyjnych skoki zewnętrznej temperatury i wilgotności względnej powietrza są naturalnie amortyzowane i wygładzane. W rezultacie wytwarza się tzw. naturalny mikroklimat wnętrza, który w ograniczonym stopniu zależy od warunków zewnętrznych.[153] Nieodpowiednie ogrzewanie jest czynnikiem destabilizującym, szczególnie w połączeniu z:

- zawilgoceniem budynku (patrz Rozdział 3.1),
- nieodpowiednimi materiałami izolacyjnymi (np. z polistyrenu) i wykończeniowymi (na bazie cementu albo akrylu) o zbyt małej paroprzepuszczalności (patrz Rozdział 3.2, 3.4 i 3.5),
- niewydolnością lub błędnym działaniem systemów wentylacyjnych (patrz Rozdział 3.6).

Im bardziej niestabilny jest klimat wnętrza, tym szybciej zachodzą procesy niszczenia. Największe zagrożenia powodują systemy grzewcze działające okresowo, okazjonalnie, które destabilizują klimat wnętrza. Następstwem

153 Rouba, Bogumiła J., *Klimat we wnętrzach zabytkowych kościołów z punktu widzenia konserwatora dzieł sztuki,* Roczniki humanistyczne Tom L, zeszyt 4, 2002, 239–248.

są postępujące uszkodzenia mechaniczne, do których dochodzi w wyniku kumulowania się skutków zmian wymiarowych i naprężeń (tzw. pracy materiałów), a także kondensacja pary wodnej i wywoływane nią zagrożenia mikrobiologiczne, migracja i krystalizacja soli, migracja rozpuszczalnych w wodzie składników materii, korozja metali, drewna itp.

Grzejniki, które przede wszystkim ogrzewają powietrze (konwektory), zmniejszają jego wilgotność, prowadząc do okresowego przesuszania. Równocześnie zwiększają pojemność wilgotnościową powietrza. Jeśli ciepłemu powietrzu zostanie dostarczona duża ilość wilgoci (np. w efekcie zgromadzenia większej liczby osób), to na chłodniejszych powierzchniach może dojść do wykraplania wody. Grzejniki o wysokiej temperaturze (np. promienniki IR-A i IR-B) oraz systemy nadmuchowe przesuszają powierzchnie ogrzewane i powietrze oraz intensyfikują jego cyrkulację, co przyspiesza brudzenie powierzchni, m.in. w wyniku zjawisk elektrostatycznych.[154]

Najbardziej specyficzna jest sytuacja budynków o dużej kubaturze i zmiennym obciążeniu użytkowym, takich jak kościoły lub hale targowe. Nie zawsze powinno się je ogrzewać. Duży, nieogrzewany budynek amortyzuje skoki zewnętrznej temperatury i wilgotności względnej powietrza.[155] We wnętrzu tworzą się warunki, które tylko w ograniczonym stopniu stanowią odbicie warunków zewnętrznych. Wyjątkowo stabilnym klimatem cechują się np. olbrzymie gotyckie kościoły ceglane, w których dobowe amplitudy temperatur przez ok. 70–75% dni w roku nie przekraczają 1 K, zaś dobowe wahania wilgotności nie przekraczają 5%. Przejście od jesieni do zimy i od zimy do wiosny zachodzi w nich w sposób niezwykle łagodny. Prawie nigdy nie obserwuje się tam efektów kondensacji, mimo że zarówno sklepienia, jak i ściany mogą w okresie silnych mrozów osiągnąć temperatury ujemne. Zgromadzone tam dzieła sztuki są zazwyczaj w doskonałym stanie. Nawet okresowe pojawianie się licznych zgromadzeń nie powoduje znacznego wzrostu temperatury i wilgotności powietrza. Dopiero wprowadzenie systemów grzewczych może prowadzić do niebezpiecznej destabilizacji klimatu.[156] Konserwatorzy są zgodni, że takich budynków nie należy ogrzewać. Podstawowy komfort termiczny, dzięki naturalnej transmisji energii geotermalnej, zapewniają oryginalne, nieizolowane podłogi na gruncie, które przez cały rok mogą mieć stabilną temperaturę około 8°C.[157]

Inna jest sytuacja w budowlach małych, zwłaszcza kamiennych, gdzie warunki klimatyczne są często znacznie gorsze i mądrze zaprojektowane ogrzewanie może pomóc je poprawić. Instalacja ogrzewania nie może być jednak realizowana bez rozwiązania problemu zawilgocenia, złej wentylacji i kondensacji pary wodnej.[158]

Wszystkie znane systemy ogrzewania mają swoje zalety i wady, a pozytywne efekty można osiągnąć, kiedy system udaje się optymalnie dopasować do konkretnego budynku lub wnętrza. Wprowadzenie ogrzewania powinno poprawiać warunki przebywania ludzi lub przechowywania zabytkowego wyposażenia i tworzyć warunki sprzyjające użyteczności budowli, ale nie może rozchwiać jej równowagi klimatycznej. Im bardziej zależy nam na spowolnieniu procesów niszczenia zabytku czy zbioru zabytków, tym większą wagę powinno się przykładać do stabilności klimatu i jego optymalnych parametrów.[159]

154 Rouba, Bogumiła J., *Zagadnienia klimatu a bezpieczeństwo zabytków*, Chłodnictwo i Klimatyzacja: Miesięcznik dla praktyków, 7 (220), 2017, 48–56.

155 Historic England, *Energy Efficiency and Historic Buildings: Insulating Solid Ground Floors*, English Heritage, London 2016.

156 Rouba, Bogumiła J., *Zagadnienia*... op.cit., passim.

157 The Society for the Protection of Ancient Buildings, *Historic Floors Guidance Note*, SPAB, London 2007. https://www.spab.org.uk/sites/default/files/documents/MainSociety/Advice/Historic%20Floors%20Guidance%20Note.pdf (czerwiec 2022).

158 Rouba Bogumiła J., *Zawilgocenie*… op.cit. passim.

159 Rouba, Bogumiła J., *Zagadnienia*… op.cit.

Przy projektowaniu ogrzewania budynków zabytkowych należy więc stosować kilka podstawowych zasad:

- system grzewczy powinien stabilizować temperaturę i wilgotność, nie zaleca się więc systemów ekonomicznych, np. działających tylko przez jeden dzień w tygodniu,
- nie wolno stosować grzejników gazowych, wydzielających produkty spalania szkodliwe dla ludzi i zabytkowych wnętrz,
- nie należy stosować ogrzewania nadmuchowego, które zwiększa intensywność roznoszenia kurzu i lokalne przesuszanie elementów wyposażenia,
- zaleca się systemy grzewcze o małej bezwładności i umożliwiające łatwe sterowanie, które pozwala szybko ograniczyć dostarczanie ciepła, kiedy wnętrze zaczyna być ogrzewane przez słońce lub duże zgromadzenie ludzi; ten warunek wyklucza więc np. ogrzewanie akumulacyjne; ogranicza też zastosowanie ogrzewania podłogowego wyłącznie do niskotemperaturowego,
- nie należy lokalizować elementów grzejnych (np. emiterów promieniowania krótkofalowego (IR-A) lub średniofalowego (IR-B) w sposób prowadzący do punktowego przegrzewania cennych elementów wyposażenia.

System grzewczy powinien być zgodny z zasadami łagodzenia mikroklimatu wewnętrznego oraz minimalizacji i odwracalności zmian. Instalację grzewczą trzeba uznać za przejściową ingerencję w życiu budynku. Przy projektowaniu nowego systemu należy zatem przewidzieć, w jaki sposób zostanie on wymieniony albo usunięty. Sposób podłączenia emiterów ciepła do źródła ciepła musi być dokładnie przemyślany, aby łatwo można było dokonać wymiany części o krótszej żywotności. Projektować należy z poszanowaniem estetyki budynku; ważna jest dbałość o szczegóły.[160]

160 Historic England, *Heating Design Considerations*, English Heritage, London 2021. https://historicengland.org.uk/advice/technical-advice/building-services-engineering/heating-historic-buildings/heating-design-considerations/ (czerwiec 2022).

Bibliografia rozdziału 3.

Adamowski Józef, Hoła Jerzy, Matkowski Zygmunt, *Skuteczność zabezpieczeń przeciwwilgociowych wykonanych w obiekcie zabytkowym*, Materiały Budowlane 3/2010.

Afon Casa, *AfonTermo il Nano Cappotto, isolamento termico a basso spessore.* http://www.afoncasa.it/prodotti-edilizia/afontermo-il-nanocappotto.html (lipiec 2021).

Aluthermo, Aluthermo®QUATTRO. https://aluthermo.com.pl/produkty/aluthermo-quattro (lipiec 2021).

Aquapol, *Rozwiązanie: Zasada działania systemu.* https://www.aquapol.pl/zasada-dzialania-systemu (lipiec 2022).

Bajno Dariusz, Rawska-Skotniczny Anna, *Wybrane zagadnienia dotyczące zabezpieczeń podziemnych części istniejących budynków przed wilgocią*, Izolacje 7–8/2017. https://www.izolacje.com.pl/artykul/fundamenty/180430,wybrane-zagadnienia-dotyczace-zabezpieczen-podziemnych-czesci-istniejacych-budynkow-przed-wilgocia (sierpień 2021).

Bakalarczyk Szymon, *Zasady remontowania obiektów zabytkowych,* WUOZ, Olsztyn. https://www.wuoz.olsztyn.pl/zasady-remontowania-zabytkow (sierpień 2021).

Borowski Jacek, *Czy pnącza niszczą elewację?* https://www.clematis.com.pl/informacje-o-roslinach/eksperci-radza/dr-hab-jacek-borowski/1133-czy-pnacza-niszcza-elewacje (lipiec 2021).

Brambilla Arianna, Sangiorgio Alberto, *3 – Durability, condensation assessment and prevention*, [w] Brambilla Arianna, Sangiorgio Alberto (red.), *Woodhead Publishing Series in Civil and Structural Engineering, Moisture and Buildings*, Woodhead Publishing 2021, 27–62. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821097-0.00006-0.

Brzyski Przemysław, *Historia – budynki z konopi.* http://budynkizkonopi.pl/technologia-budowy/historia (lipiec 2021).

Chłądzyński Sławomir, Zalewski Sławomir, *Farby elewacyjne – rodzaje, właściwości i zastosowanie*, Izolacje 3/2010. https://www.izolacje.com.pl/artykul/sciany-stropy/155410,farby-elewacyjne-rodzaje-wlasciwosci-i-zastosowanie (wrzesień 2021).

CINARK – Centre for Industrialised Architecture, *Materialepyramiden*, The Royal Danish Academy – Architecture, Design, Conservation. https://www.materialepyramiden.dk/ (lipiec 2021).

Claytec, *Rozwiązania z gliny dla izolacji wnętrz*, Handout Innendämmung Layout 08.05.2009. https://docplayer.pl/9257392-Izolacji-wnetrz-claytec-rozwiazania-z-gliny-dla-regulacje-techniczne-wykladnia-sily-izolacji-wspolczynnik-u-oraz-wartosc.html (lipiec 2021).

Dworak Michał, *Termomodernizacja w Okresie Lęgowym Ptaków,* 11.04.2021, Ptasi Dom. https://www.ptasidom.com/budki-legowe-do-termomodernizacji/termomodernizacja-w-okresie-legowym-ptakow (lipiec 2021).

Dylla Amabela, Dylla Andrzej, *Numeryczne projektowanie parametrów cieplno-wilgotnościowych złączy budowlanych,* Budownictwo energooszczędne i ekologiczne: I konferencja naukowa: Suwałki, 10–11.06.2010 r. http://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-article-AGHM-0016-0080 (lipiec 2021).

Dz.U. 1994 nr 89 poz. 414, *Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. – Prawo budowlane.*

Dz.U. 2002 nr 75 poz. 690, *Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie*.

Dz.U. 2015 poz. 376, *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. 2017 poz. 2285, *Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Budownictwa z dnia 14 listopada 2017 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie*.

Dz.U. 2019 poz. 1065, *Obwieszczenie Ministra Inwestycji i Rozwoju z dnia 8 kwietnia 2019 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie.*

Dz.U. 2020 poz. 2351, *Rozporządzenie Ministra Rozwoju, Pracy i Technologii z dnia 21 grudnia 2020 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie.*

Efficient Energy for EU Cultural Heritage, funded within FP7, GA No. 260162, https://www.3encult.eu/en/project/welcome/default.html (sierpień 2021).

Ekodocieplenia, *Elektrosmoza – osuszanie budynków z 30 letnią gwarancją* https://ekodocieplenia.com/elektroosmoza-osuszanie (wrzesień 2021).

EUR-lex, Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej, *Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2017/1369 z dnia 4 lipca 2017 r. ustanawiające ramy etykietowania energetycznego i uchylające dyrektywę 2010/30/UE (Tekst mający znaczenie dla EOG).* EUR-lex Document 32017R1369. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/?uri=CELEX%3A32017R1369 (sierpień 2021).

Filipowicz Paweł, *Rola zaleceń konserwatorskich w procesie inwestycyjnym realizowanym w obiekcie zabytkowym w świetle oczekiwań projektanta i inwestora,* Kurier konserwatorski, 6 (2010), 7.

Gruber Herbert, Santler Helmuth, BuildStrawPro-Team, *STEP, Strawbale building Training for European Professionals – U4 Handbuch Wrapping*, ASBN – Austrian Strawbale Network 2017. https://issuu.com/herbertgruber/docs/u4-handbuch-de-web_48699ea3f6068c (lipiec 2021).

Giraud-Labalte Claire et al. (red.), *Cultural Heritage Counts for Europe: Full Report*, International Cultural Centre, Krakow 2015. http://blogs.encatc.org/culturalheritagecountsforeurope/outcomes/ (sierpień 2021).

Historic England, *Energy Efficiency and Historic Buildings: Insulating Solid Ground Floors*, English Heritage, London 2016. https://historicengland.org.uk/advice/technical-advice/building-services-engineering (czerwiec 2022).

Historic England, *Energy efficiency and Historic Buildings: Insulating Flat Roofs*, English Heritage, London 2012. https://historicengland.org.uk/advice/technical-advice/building-services-engineering.

Historic England, *Heating Design Considerations*, English Heritage, London 2021. https://historicengland.org.uk/advice/technical-advice/building-services-engineering/heating-historic-buildings/heating-design-considerations (czerwiec 2022).

IEA, *Renewables 2021*, Paris: IEA. https://www.iea.org/reports/renewables-2021 (czerwiec 2022).

Kaliszuk-Wietecka Agnieszka et al., *Opracowanie dotyczące możliwości termomodernizacji budynków zabytkowych ze szczególnym uwzględnieniem docieplenia przegród pionowych*, NID, Warszawa 2019.

KAPE, *Analiza inwestycji budowlanej pod kątem możliwości ograniczenia negatywnego oddziaływania na środowisko*, KAPE, Warszawa 2020.

KAPE, *Ekspertyza w zakresie określenia opłacalnych podejść do modernizacji właściwych dla danego typu budynków i strefy klimatycznej*, KAPE, Warszawa 2020, 160.

Kisilewicz Tomasz, *Pojemność cieplna a komfort termiczny w budynkach energooszczędnych. Heat capacity versus thermal comfort in low energy buildings*, Materiały Budowlane 9/2014 (nr 505). https://www.materialybudowlane.info.pl/images/2014/09/s51-55.pdf (lipiec 2021).

Klemm Piotr et al., *Budownictwo ogólne, t. 2: Fizyka budowli*, Arkady, Warszawa 2005.

Krause Paweł, Szymanowska-Gwiżdż Agnieszka, *Sposoby uszczelnień i metody renowacji zawilgoconych ścian piwnic*, Izolacje 6/2018. https://www.izolacje.com.pl/artykul/sciany-stropy/186228,sposoby-uszczelnien-i-metody-renowacji-zawilgoconych-scian-piwnic (czerwiec 2022).

Matthys John H., *Masonry: components to assemblages*, ASTM, Philadelphia 1990.

Ministerstwo Rozwoju, *Szczelność dyfuzyjna*, Budowlane ABC. https://budowlaneabc.gov.pl/charakterystyka-energetyczna-budynkow/informacje-poradnik/okreslenie-oplacalnych-sposobow-poprawy-efektywnosci-energetycznej-wlasciwych-dla-typow-budynkow/szczelnosc-dyfuzyjna (lipiec 2021).

Monczyński Bartłomiej, *Mechaniczne metody wykonywania wtórnych hydroizolacji poziomych*, Izolacje 9/2019. https://www.izolacje.com.pl/artykul/fundamenty/192946,mechaniczne-metody-wykonywania-wtornych-hydroizolacji-poziomych (sierpień 2022).

Monczyński Bartłomiej, *Przyczyny zawilgacania budynków*, Izolacje 1/2020. https://www.izolacje.com.pl/artykul/fundamenty/194437,przyczyny-zawilgacania-budynkow (czerwiec 2022).

Monczyński Bartłomiej, *Uszczelnianie i renowacja cokołów w istniejących budynkach*. Izolacje 10/2020. https://www.izolacje.com.pl/artykul/fundamenty/222347,uszczelnianie-i-renowacja-cokolow-w-istniejacych-budynkach (czerwiec 2022).

Monczyński Bartłomiej, *Wtórna hydroizolacja przyziemnych części budynków*, Izolacje 4/2019. https://www.izolacje.com.pl/artykul/fundamenty/190197,wtorna-hydroizolacja-przyziemnych-czesci-budynkow (czerwiec 2022).

Muzeum Narodowe we Wrocławiu, *Bluszcz.* https://mnwr.pl/ciekawostki (czerwiec 2022).

Narodowy Instytut Dziedzictwa, *Standardy termomodernizacji obiektów zabytkowych: Wytyczne Generalnego Konserwatora Zabytków dotyczące ochrony wartości dziedzictwa kulturowego w procesie poprawy charakterystyki energetycznej budowli zabytkowych*, Warszawa 2020.

Ostańska Anna, *Thermal Imaging for Detection of Defects in Envelopes of Buildings in Use: Qualitative and Quantitative Analysis of Building Energy Performance*, Periodica Polytechnica: Civil Engineering Vol. 62 No. 4 (2018), 939–946. https://doi.org/10.3311/PPci.12148.

Patoka Krzysztof, *Skropliny i PN-EN ISO 13788:2003*, Materiały Budowlane 1/2007: 82–84.

Pawłowski Krzysztof, *Innowacyjne rozwiązania materiałów termoizolacyjnych w aspekcie modernizacji budynków w Polsce,* Izolacje 3/2018. https://www.izolacje.com.pl/artykul/sciany-stropy/182305,innowacyjne-rozwiazania-materialow-termoizolacyjnych-w-aspekcie-modernizacji-budynkow-w-polsce (lipiec 2021).

Pawłowski Krzysztof, *Projektowanie cieplno-wilgotnościowe przegród zewnętrznych i ich złączy*, Materiały Budowlane 6 ’2018 (nr 550): 48–51, DOI: 10.15199/33.2018.06.14.

PN-B-03430:1983/Az3:2000, *Wentylacja w budynkach mieszkalnych zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej – Wymagania*.

PN-EN 15251:2012, *Parametry wejściowe środowiska wewnętrznego dotyczące projektowania i oceny charakterystyki energetycznej budynków, obejmujące jakość powietrza wewnętrznego, środowisko cieplne, oświetlenie i akustykę*.

PN-EN 303-5:2021-09, *Kotły grzewcze – Część 5: Kotły grzewcze na paliwa stałe z ręcznym i automatycznym zasypem paliwa o mocy nominalnej do 500 kW – Terminologia, wymagania, badania i oznakowanie*.

PN-EN ISO 13788:2013-05, *Cieplno-wilgotnościowe właściwości komponentów budowlanych i elementów budynku*.

Rouba, Bogumiła J., *Klimat we wnętrzach zabytkowych kościołów z punktu widzenia konserwatora dzieł sztuki,* Roczniki humanistyczne Tom L, zeszyt 4, 2002, 239–248.

Rouba Bogumiła J., *Projektowanie konserwatorskie*, Ochrona Zabytków 56/1 (240) 2008, 57–78.

Rouba Bogumiła J., *Pielęgnacja świątyni i innych zabytków. Książka nie tylko dla księży*, Wydawnictwo Naukowe UMK, Toruń 2014.

Rouba Bogumiła J., *Zagadnienia klimatu a bezpieczeństwo zabytków*. Chłodnictwo i Klimatyzacja: Miesięcznik dla praktyków, 7 (220), 2017, 48–56.

Rouba Bogumiła J., *Zawilgocenie jako problem w ochronie obiektów budowlanych i zbiorów muzealnych,* MNRiPR-S, Szreniawa 2017, 42–44.

Rozbicka Małgorzata (red.), *Raport o stanie zachowania zabytków nieruchomych w Polsce: Zabytki wpisane do rejestru zabytków* (księgi rejestru A i C), Warszawa, NID 2017.

Sobotka Anna, Linczowski Kazimierz, Radziejowska Aleksandra, *Substitution of Building Components in Historic Buildings*, Sustainability 13, no. 16: 9211, 2021. https://doi.org/10.3390/su13169211.

Przetakiewicz Jacek, *Sztukateria styropianowa na ścianę*, Lider budowlany. https://www.liderbudowlany.pl/artykul/wyposazenie-wnetrz/sztukateria/sztukateria-styropianowa-na-sciane (lipiec 2021).

Tajchman Jan, *Chrońmy dawne okna: nowe nie tylko niszczą kompozycję elewacji, ale przede wszystkim nasze zdrowie*, [w] Przybyszewski Wojciech (red.), *Aedifico et Conservo – eskalacja jakości kształtowania zawodowego w Polsce*, Fundacja Hereditas, Warszawa 2010.

Tajchman Jan, *Dawna stolarka okienna i jej problematyka konserwatorska wobec nowych zagrożeń*. [w] Okoń Emanuel (red.), *Zabytkowe budowle drewniane i stolarka architektoniczna wobec współczesnych zagrożeń*, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Mikołaja Kopernika, Toruń 2005.

Tajchman Jan, *Stolarka okienna w Polsce. Rozwój i problematyka konserwatorska*, [w] Nowiński Krzysztof (red.), *Biblioteka Muzealnictwa i Ochrony Zabytków*, Seria C, *Studia i materiały*, t.5, Ośrodek Dokumentacji Zabytków, Warszawa 1990.

The Society for the Protection of Ancient Buildings, *Historic Floors Guidance Note*, London, SPAB 2007. https://www.spab.org.uk/sites/default/files/documents/MainSociety/Advice/Historic%20Floors%20Guidance%20Note.pdf (czerwiec 2022).

The University of Waikato, *Wool fibre properties*, Science Learning Hub. https://www.sciencelearn.org.nz/resources/875-wool-fibre-properties (marzec 2022).

TiLeCo, *Dachówki kompozytowe – alternatywa w pokryciach dachowych*, Dekarz i Cieśla. http://fachowydekarz.pl/dachowki-kompozytowe-alternatywa-pokryciach-dachowych (lipiec 2021)

Trochonowicz Maciej, *Wilgoć w obiektach budowlanych. Problematyka badań wilgotnościowych*, Budownictwo i Architektura vol. 7, nr 2/2010, 131–144. http://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-article-BPL2-0019-0023 (czerwiec 2022).

Trochonowicz Maciej, *Wilgoć w obiektach budowlanych. Problematyka badań wilgotnościowych*, Budownictwo i Architektura vol. 7, nr 2/2010, 131–144. http://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-article-BPL2-0019-0023 (sierpień 2021).

Troi Alexandra, Bastian Zeno (red.), *Energy Efficiency Solutions for Historic Buildings: A Handbook*, Birkhäuser, Basel 2015, 253.

Vereecken Evy, Roels Staf, *Review of mould prediction models and their influence on mould risk evaluation*, Building Physics Section, Building and Environment, Volume 51, 05.2012, 296–310.

Wójcik Robert, *Docieplanie budynków od wewnątrz*, Grupa Medium, Warszawa 2017.

Wójcik Robert, *Sposób docieplania przegród budynków od strony wewnętrznej*, 30.11.2012. Patent nr 212791.

U-wert.net, *Ubakus*, www.ubakus.de (lipiec 2021).

WTA Merkblatt 4–7-15/D, *Nachträgliche mechanische Horizontalsperre*, Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e.V., München 2015.

WUFI-Materialmessung EN https://wufi.de/de/service/downloads (lipiec 2021).

Yanling Li, Babcock Roger W., *Green roof hydrologic performance and modeling: a review*, Water Sci Technol 1 February 2014; 69 (4): 727–738. https://doi.org/10.2166/wst.2013.770.

4 Ogrody, podwórza i zieleń miejska

Anna Zaręba
· Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu

Tomasz Jeleński
· Politechnika Krakowska

Aby sprostać wyzwaniom klimatycznym, konieczna jest rehabilitacja, konserwacja i uzupełnienia zieleni miejskiej, założeń ogrodowych, a także niewielkich ogrodów i nasadzeń na posesjach, w bezpośrednim otoczeniu poszczególnych budynków. Zieleń poprawia klimat na zewnątrz budynku i we wnętrzach, bez naruszania wartości dziedzictwa, a nawet – odpowiednio kształtowana – wzbogacając walor malowniczości historycznej zabudowy. Równocześnie w kontekście postępującej urbanizacji i zmian klimatu niezwykle cenny jest potencjał mitygacyjny i adaptacyjny zieleni oraz jej zdolność podnoszenia jakości życia w środowisku zurbanizowanym, co w coraz większym zakresie potwierdza nauka i praktyka zarządzania miastami.[161]

Zadaniem podstawowym jest ochrona i poprawa kondycji istniejącej zieleni, zwłaszcza dużych drzew, które pochłaniają dwutlenek węgla i uwalniają tlen; nawilżają i oczyszczają powietrze z zanieczyszczeń; łagodzą upały i stres hydrologiczny nie tylko dając cień, ale przede wszystkim, dzięki zjawisku ewapotranspiracji, obniżają temperaturę powietrza oraz absorbują wodę opadową, zmniejszając ryzyko podtopień.

Drzewa i krzewy wymagają ochrony zwłaszcza podczas prac remontowych i budowlanych, gdy ich system korzeniowy może być uszkodzony lub dostęp do wody i składników odżywczych może zostać ograniczony m.in. przez uszczelnienie powierzchni gruntu.[162]

161 Naumann Sandra, McKenna Davis, Iwaszuk Ewa, Freundt Mona, Mederake Linda (red. i tłum. Tomasz Jeleński), *Błękitno-zielona infrastruktura dla łagodzenia zmian klimatu – narzędzia strategiczne*, Fundacja Sendzimira, Berlin – Kraków 2020. https://sendzimir.org.pl/publikacje/blekitno-zielona-infrastruktura-dla-adaptacji-miast-do-zmian-klimatu-narzedzia-strategiczne/ (sierpień 2022).

162 Pomianowska Halina, *Ochrona drzew w procesie inwestycyjnym. Zał. nr 1 do Programu ochrony środowiska dla miasta Torunia na lata 2021–2024, z uwzględnieniem perspektywy do roku 2028*, Gmina Miasta Toruń, Toruń 2021, 12. Ziemiańska Monika, Suchocka Marzena, *Ochrona drzew na placu budowy*, [w] *Przyroda w mieście: rozwiązania, Zrównoważony Rozwój – Zastosowania 4*, Fundacja Sendzimira, Kraków 2013, 69–85. https://sendzimir.org.pl/wp-content/uploads/2019/02/ZRZ4_all.pdf (czerwiec 2022). Ziemiańska Monika, Suchocka Marzena, *Planowanie i zasady ochrony drzew w procesie inwestycyjnym*, [w] *Przyroda w mieście: rozwiązania, Zrównoważony Rozwój – Zastosowania 4*, Fundacja Sendzimira, Kraków 2013, 13–27. https://sendzimir.org.pl/wp-content/uploads/2019/02/ZRZ4_all.pdf (czerwiec 2022).

4.1. Rozwiązania oparte na przyrodzie (NBS)

Dostępny jest bogaty zasób źródeł na temat rozwiązań opartych na przyrodzie (NBS), w tym poradników i publikacji naukowych wydawanych przez Fundację Sendzimira.[163] NBS to rozwiązania, które promują jakość i usługi ekosystemów na terenach zurbanizowanych i w otoczeniu budynków, m.in. bioróżnorodność, ograniczenie miejskiej wyspy ciepła, fitoremediację i naturalną gospodarkę wodną. Rozwiązania te pozytywnie wpływają na mikroklimat, jakość życia i odporność miast na zagrożenia klimatyczne.[164]

Wiele z tych rozwiązań można zintegrować z historycznymi budynkami i posesjami.[165] Niektóre były stosowane od wieków i dlatego dobrze komponują się z obiektami dziedzictwa.

Niezależnie od charakteru i przestrzennego kontekstu budynku, wybór rozwiązań opartych na przyrodzie pozwala na wykorzystanie potencjału usług ekosystemów w różnych środowiskach, typach krajobrazów i budynków – od tradycyjnego wiejskiego, przez małomiasteczkowy i miejski historyczny, po podmiejski, śródmiejski i nowoczesny wielkomiejski. Nieinwazyjny charakter zieleni umożliwia jej integrację z architekturą poprzez pokrycie różnych powierzchni budynku oraz przyległego terenu, w podwórzach i w przestrzeni ulicy (il. 35).

Niezwykle ważny, szczególnie w miastach, jest dobór rozwiązań rozszczelniających nawierzchnie – poprawiających ich przepuszczalność dla wody opadowej, co zmniejsza nie tylko ryzyko usychania roślin w czasie dłuższych okresów suszy, ale też ryzyko podtopień, tzw. powodzi miejskich. Częste podtopienia i zalania piwnic i budowli podziemnych są skutkiem coraz większego

Fot. Natalia Szablowska

Il. 35. Zagospodarowanie podwórka w ramach projektu rewitalizacji kwartałów Głównego Miasta w Gdańsku, przy ul. Pończoszników. Ograniczono dostępność dla samochodów, zwiększono bioróżnorodność zieleni, wprowadzono pnącza i kwietne nasadzenia wzdłuż elewacji.

163 Dostępne na stronie: Fundacja Sendzimira, *Publikacje.* https://sendzimir.org.pl/publikacje/ (czerwiec 2022).

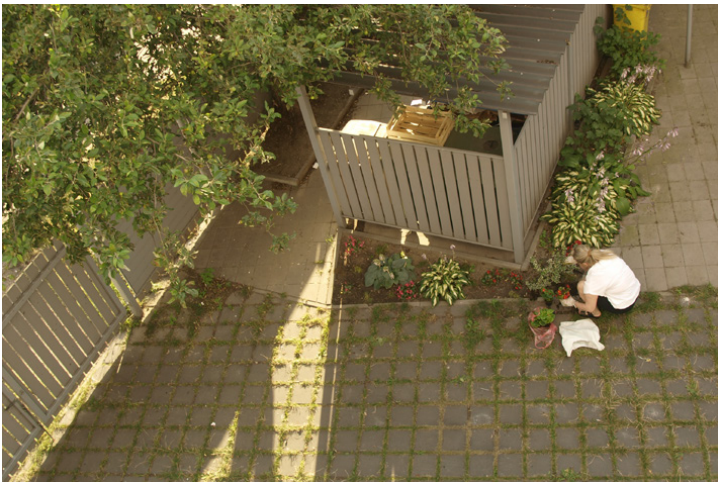
164 Naumann, Sandra et al., op.cit., passim, a także Strobl Hilde, Schmal Peter Cachola, Scheuermann Rudi (red.), *Simply Green – Die Stadt begrünen, Manual for Building Greenery.* Deutches Architekturmuzeum (DAM), Frankfurt am Main 2021.

165 Iwaszuk, Ewa, Galina Rudik, Laurens Duin, Linda Mederake, McKenna Davis, Sandra Naumann, Iwona Wagner, *Błękitno-zielona infrastruktura dla łagodzenia zmian klimatu – Katalog techniczny*, Fundacja Sendzimira, Berlin – Kraków 2019. https://sendzimir.org.pl/publikacje/blekitno-zielona-infrastruktura-katalog-techniczny/ (sierpień 2022).

spływu z powierzchni uszczelnionych. Systemy kanalizacyjne nie są przystosowane do zjawisk ekstremalnych, których częstość i gwałtowność nasila się wskutek zmian klimatu. Zwiększenie przepuszczalności powierzchni i zatrzymywanie wód opadowych w miejscu opadu to najlepszy i zarazem najtańszy sposób ochrony budynków i infrastruktury przed rosnącym ryzykiem podtopień. Powierzchnia biologicznie czynna pomaga retencjonować wodę i poprzez ewapotranspirację oddaje ją do atmosfery. Proces parowania powoduje chłodzenie powietrza i jest obecnie uważany za najskuteczniejsze remedium na zjawisko miejskiej wyspy ciepła.[166]

Sadzenie roślin bezpośrednio przy ścianach budynku to często zapomniany sposób na osuszenie gruntu, a tym samym ochronę piwnic, fundamentów i murów przed zawilgoceniem (il. 35 i 37). System korzeniowy absorbuje wodę i, działając jak wydajna pompa, transportuje ją przez ksylem do gałęzi i liści, skąd woda odparowuje. Zielona opaska wokół budynku dodatkowo chroni ściany przed zamoczeniem przez rozbryzg wody odbijającej się od powierzchni utwardzonej (patrz Rozdział 3.1). Właściciele i zarządcy budynków powinni więc dbać nie tylko o konserwację istniejącej zieleni, ale też wprowadzenie nowych nasadzeń w formie ogrodów frontowych, zazielenienie dziedzińców wewnętrznych (il. 36 i 37), a w miarę możliwości również ścian (piszemy o tym w Rozdziale 3.2.10) i dachów (patrz Rozdział 3.4.3 i 4.2). Zielona osłona latem chroni budynki przed przegrzaniem i chłodzi powietrze, które można wykorzystać do wentylacji i wietrzenia wnętrz w sposób naturalny, bez klimatyzacji.

166 Wagner Iwona, Krauze Kinga, *Jak bezpiecznie zatrzymać wodę opadową w mieście?* [w] *Woda w mieście, Zrównoważony Rozwój – Zastosowania 5*, Fundacja Sendzimira, Kraków 2014, 77–95. https://sendzimir.org.pl/wp-content/uploads/2019/02/ZRZ5_all.pdf (czerwiec 2022).



Fot. Marcin Surowiec

Il. 36. Zagospodarowanie podwórka przy kamienicy w Gdańsku, ul. Władysława IV 11a, wpisanej do gminnej ewidencji zabytków, zlokalizowanej obszarze wpisanym do rejestru zabytków w granicach zabytkowego zespołu urbanistycznego osady portowej Nowy Port. W trakcie rewitalizacji poprawiono spływ deszczówki od budynku, wymieniono grunt ubity na przepuszczalny, zastosowano nawierzchnie półprzepuszczalne i nasadzenia zieleni. Zastosowano rośliny wodolubne, takie jak dąb błotny, akacje oraz różnorodne pnącza.

Najlepiej osuszają grunt drzewa, takie jak wierzby, graby i olchy. Dobór gatunków drzew w miastach powinien uwzględniać ich naturalną zdolność do transpirowania dużych ilości wody i wychwytywania zanieczyszczeń pyłowych (PM). Charakteryzuje ona np. dęby zwyczajne, wiązy i topole. W bezpośrednim sąsiedztwie budynków zaleca się sadzenie drzew, których korony można formować. Bardzo dobrze nadają się do tego lipa, grab, klon, leszczyna i wierzba. Historycznie do miejskich nasadzeń najczęściej wybierano drzewa owocowe, głównie dlatego, że budynki chroniły je przed wiatrem, co skutkowało efektywniejszymi plonami, a klimat miejski pozwalał na sadzenie bardziej egzotycznych i ciepłolubnych gatunków, takich jak morele.[167] Bezpośrednio przy ścianach nie należy sadzić roślin z ekstensywnym systemem korzeniowym. Jako naturalny drenaż najbliższego otoczenia budynku można zastosować wysokie byliny o grubych łodygach, takie jak malwy, słoneczniki i hortensje oraz róże, a także rośliny płożące oraz trawy ozdobne, które tolerują zarówno okresy suszy, jak i intensywne deszcze.[168]

Wokół obiektów zabytkowych należy sadzić roślinność odpowiednio dobraną do charakteru (stylu i typu) architektury i czasu jej powstania. Np. malwy i słoneczniki dobrze komponują się z zabudową wiejską, róże i drzewa formowane z dworami i pałacami, natomiast trawy ozdobne często towarzyszą architekturze nowoczesnej. Pnącza i rośliny płożące są neutralne architektonicznie i można je znaleźć obok prawie wszystkich rodzajów zabudowy.[169]

167 Mitkowska Anna, Łakomy Katarzyna, Hodor Katarzyna, *Historia ogrodów europejskiego kręgu kulturowego, cz. II: Od manieryzmu do końca XIX wieku*, Wyd. Politechniki Krakowskiej, Kraków 2013, 58; a także Staniewska Anna, Skrzycki Jan, *Sady w krajobrazie, między archetypem raju, a współczesnym ogrodem użytkowym*, Architektura, czasopismo techniczne Politechniki Krakowskiej, 8 (2012), 114.

169 Zachariasz Agata, *Zabytkowe ogrody – problemy rewaloryzacji, utrzymania i zarządzania w świetle zaleceń Karty Florenckiej, Zarządzanie krajobrazem kulturowym,* Prace Komisji Krajobrazu Kulturowego, 10 (2008), 155.

168 Szmidt-Jaworska Adriana, Kopcewicz Jan, *Fizjologia roślin,* Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2012, 103.

Fot. Joanna Janiak

Fot. Joanna Janiak

II. 37. Katowice, ul. Gliwicka 97 – Zagospodarowanie podwórka przy kamienicy z pocz. XX w. Budynek, zarządzany przez Komunalny Zakład Gospodarki Mieszkaniowej, jest pod ochroną konserwatorską. Mieszkańcy wspierani przez Stowarzyszenia Zielone Załęże zasadzili wiele gatunków kwiatów, pnączy i ziół, m. in. funkie, floksy, jałowce płożące, rudbekie, żagwin, rozchodnik okazały, trawy ozdobne, piwonie, hortensje, winobluszcz trójklapowy i pięciolistny, pelargonie i surfinie oraz zioła: miętę, tymianek, oregano… Rośliny nasadzone są w gruncie oraz w dużych drewnianych donicach. Na podwórku znajduje się zbiornik na deszczówkę.

4.1.1. Zagospodarowanie wód opadowych

Podstawowym sposobem na odprowadzenie wody z bezpośredniego otoczenia budynku jest profilowanie gruntu (patrz Rozdział 3.1). Profil taki można uzupełnić, tworząc zagłębienia w gruncie: niecki chłonne lub ogrody deszczowe, umożliwiające okresowe gromadzenie wody.

Niecki i ogrody deszczowe mogą pozwalać na infiltrację wód, ale przy budynkach najczęściej tworzy się ogrody uszczelnione, aby nie narażać fundamentów na zawilgocenie.[170] Ogrody obsadza się roślinami odpowiednimi dla terenów podmokłych lub okresowo zalewanych. Uzupełnieniem lubzamiennikiem takich rozwiązań w gruncie mogą być ogrody deszczowe w pojemnikach (donicach, skrzyniach), zasilane wodą z rur spustowych, a w większych założeniach ogrodowych – małe stawy retencyjne i zbiorniki bioretencyjne.[171]

Mikroretencja ma istotne znaczenie dla bioróżnorodności i klimatu, ale przede wszystkim, przez zatrzymanie lub spowolnienie spływu powierzchniowego, ogranicza ryzyko przeciążenia kanalizacji, podtopień i powodzi.

Odtwarzanie naturalnej gospodarki wodnej przez rozszczelnienie powierzchni i otoczenie budynku zielenią można uzupełnić rozwiązaniami technicznymi: zbieraniem wody deszczowej z dachu w zbiornikach naziemnych albo podziemnych do wykorzystania w budynku (np. do spłukiwania toalet) i podlewania roślin w okresach suszy. Jeszcze korzystniejszą dla klimatu alternatywą może być zazielenienie dachu.

170 Bezpieczna odległość budynku od niecek infiltrujących uzależniona jest od miejscowych warunków gruntowych.

171 Rozwiązania te są szczegółowo opisane w publikacji: Iwaszuk Ewa, Rudik Galina, Duin Laurens, Mederake Linda, McKenna Davis, Naumann Sandra, Wagner Iwona, *Błękitno-zielona infrastruktura dla łagodzenia zmian klimatu – Katalog techniczny*, Fundacja Sendzimira, Berlin – Kraków 2019.

4.2. Zielone pokrycie dachu

Istnieje wiele rodzajów zielonych dachów: ekstensywne – lekkie, przeznaczone dla traw i porostów, oraz cięższe, intensywne, o charakterze ogrodów, z różnymi piętrami zieleni i funkcjami rekreacyjnymi. Dzięki różnorodności rozwiązań zieleń może być wprowadzana zarówno na dachy płaskie, jak i spadziste.

Zastosowanie zielonych dachów znane jest od czasów starożytnych, zarówno w południowej jak i północnej Europie. Sprawdzają się w każdym klimacie i cieszą się niezmienną popularnością np. w Skandynawii i na Bałkanach. Jako dodatkowa warstwa izolacyjna chronią budynki przed przegrzaniem, zimnem, hałasem oraz bardzo skutecznie zapobiegają rozprzestrzenianiu się ognia. Już kilka centymetrów zieleni, substratu i folii retencyjnej wystarczy, aby zatrzymać wodę deszczową, dzięki czemu zielone dachy mogą retencjonować dużą część wód opadowych i odciążyć miejską kanalizację podczas ulewnych deszczów (więcej o korzyściach z zielonych dachów i o ich konstrukcji piszemy w Rozdziale 3.4.3).

Wykonanie zielonego dachu na zabytkowym budynku jest trudniejsze niż na obiekcie nowo projektowanym. Konserwatorzy mogą wyrazić zgodę na założenie zielonego dachu, jeśli jest on osłonięty odpowiednio wysoką attyką. Częstym problemem jednak jest niewystarczająca nośność konstrukcji i jej stan techniczny. Zastąpienie zabytkowych więźb konstrukcjami nowego typu byłoby sprzeczne z etyką konserwatorską i nieodwracalnie zniszczyłoby charakter budynku.

W uzasadnionych przypadkach możliwe jest zdjęcie funkcji nośnej z zabytkowych więźb i wykonanie nad nimi izolacji termicznej z dachem zielonym na nowej konstrukcji. Jednocześnie nie byłaby konieczna wymiana starych elementów konstrukcyjnych i pozostałyby one widoczne od wewnątrz, a proces ich konserwacji mógłby ograniczyć się do ochrony wiązarów przed korozją biologiczną.

Bibliografia rozdziału 4.

Fundacja Sendzimira, *Publikacje.* https://sendzimir.org.pl/publikacje (czerwiec 2022).

Iwaszuk Ewa, Rudik Galina, Duin Laurens, Mederake Linda, McKenna Davis, Naumann Sandra, Wagner Iwona, *Błękitno-zielona infrastruktura dla łagodzenia zmian klimatu – Katalog techniczny*. Fundacja Sendzimira, Berlin – Kraków 2019. https://sendzimir.org.pl/publikacje/blekitno-zielona-infrastruktura-katalog-techniczny/ (sierpień 2022).

Mitkowska Anna, Łakomy Katarzyna, Hodor Katarzyna, *Historia ogrodów europejskiego kręgu kulturowego, cz. II: Od manieryzmu do końca XIX wieku*. Wyd. Politechniki Krakowskiej, Kraków 2013.

Naumann Sandra, McKenna Davis, Iwaszuk Ewa, Freundt Mona, Mederake Linda, (red. i tłum. Tomasz Jeleński), *Błękitno-zielona infrastruktura dla łagodzenia zmian klimatu – narzędzia strategiczne*. Fundacja Sendzimira, Berlin – Kraków 2020. https://sendzimir.org.pl/publikacje/blekitno-zielona-infrastruktura-dla-adaptacji-miast-do-zmian-klimatu-narzedzia-strategiczne/ (sierpień 2022).

Pomianowska Halina, *Ochrona drzew w procesie inwestycyjnym. Zał. nr 1 do Programu ochrony środowiska dla miasta Torunia na lata 2021 – 2024, z uwzględnieniem perspektywy do roku 2028*, Gmina Miasta Toruń, Toruń 2021.

Staniewska Anna, Skrzycki Jan, *Sady w krajobrazie, między archetypem raju, a współczesnym ogrodem użytkowym*, Architektura, czasopismo techniczne Politechniki Krakowskiej, 8 (2012).

Strobl Hilde, Schmal Peter Cachola, Scheuermann Rudi (red.), *Simply Green – Die Stadt begrünen. Manual for Building Greenery*, Deutches Architekturmuzeum (DAM), Frankfurt am Main 2021.

Szmidt-Jaworska Adriana, Kopcewicz Jan, *Fizjologia roślin,* Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2012.

Wagner Iwona, Krauze Kinga, *Jak bezpiecznie zatrzymać wodę opadową w mieście?* [w] *Woda w mieście, Zrównoważony Rozwój – Zastosowania 5*, Fundacja Sendzimira, Kraków 2014, 77–95. https://sendzimir.org.pl/wp-content/uploads/2019/02/ZRZ5_all.pdf (czerwiec 2022).

Zachariasz Agata, *Zabytkowe ogrody – problemy rewaloryzacji, utrzymania i zarządzania w świetle zaleceń Karty Florenckiej, Zarządzanie krajobrazem kulturowym.* Prace Komisji Krajobrazu Kulturowego, 10 (2008).

Ziemiańska Monika, Suchocka Marzena, *Ochrona drzew na placu budowy*, [w] *Przyroda w mieście: rozwiązania, Zrównoważony Rozwój – Zastosowania 4*, Fundacja Sendzimira, Kraków 2013, 69–85. https://sendzimir.org.pl/wp-content/uploads/2019/02/ZRZ4_all.pdf (czerwiec 2022).

Ziemiańska Monika, Suchocka Marzena, *Planowanie i zasady ochrony drzew w procesie inwestycyjnym,* [w] *Przyroda w mieście: rozwiązania, Zrównoważony Rozwój – Zastosowania 4*, Fundacja Sendzimira, Kraków 2013, 13–27. https://sendzimir.org.pl/wp-content/uploads/2019/02/ZRZ4_all.pdf (czerwiec 2022).

5 Pozyskiwanie energii odnawialnej

Tomasz Jeleński
• Politechnika Krakowska

Pozyskiwanie energii na miejscu jest bardzo ważnym sposobem na zmniejszenie zapotrzebowania budynku na nieodnawialną energię pierwotną (EP) i redukcję szkodliwych emisji. Wykorzystanie energii odnawialnej jest możliwe głównie dzięki nowym technologiom, zwłaszcza fotowoltaice, pompom ciepła i kolektorom słonecznym, ale ich instalacja generuje koszty finansowe, a także środowiskowe, czasowo zwiększając ślad węglowy budynku. Podstawowym działaniem powinno być zatem poszukiwanie rozwiązań umożliwiających optymalizację pasywnego wykorzystania promieniowania słonecznego w okresie zimowym oraz zapobieganie przegrzewaniu się wnętrz w okresie letnim.

5.1. Energia z otoczenia

Modernizacja budynku poprzez docieplenie elewacji lub dachu, lub wymianę okien, może zmniejszyć pasywny uzysk energii, a co za tym idzie ogólną skuteczność termomodernizacji. Dlatego bilanse i audyty energetyczne powinny uwzględniać zyski energii słonecznej przenikającej przez przegrody zewnętrzne i potencjał biernej ochrony przed przegrzaniem (patrz Rozdziały 3.2.10, 3.3 i 4).

Historyczne budynki, wznoszone tradycyjnymi technikami murarskimi i ciesielskimi, wykorzystywały naturalne rozwiązania, zapewniające bezpieczeństwo klimatyczne i podstawowy komfort cieplny. Budowniczowie dbali o akumulację ciepła, optymalną lokalizację pieców oraz skuteczne systemy wentylacji grawitacyjnej, w tym otwarte okna w piwnicach, kominy i otwory wentylacyjne w dachach. W rezultacie prawie każdy historyczny budynek miał swoją unikatową, trwałą równowagę klimatyczną, która obejmowała chłodne piwnice, strychy stanowiące bufor termiczny, chłodne klatki schodowe i ciepłe pomieszczenia mieszkalne.

Ocieplanie budynku, uszczelnianie przegród zewnętrznych, adaptacja strychów, ogrzewanie piwnic, a zatem zmiana parametrów energetycznych historycznej struktury, burzy tę cenną równowagę,[172] a zamiast obniżać koszty utrzymania budynku, czasami je zwiększa. Termomodernizacje i adaptacje muszą więc być szczegółowo przemyślane i racjonalnie uzasadnione. Można je wprowadzać tylko mając pewność, że ponoszone koszty inwestycyjne (finansowe i środowiskowe) będą niższe niż pożytki, jakie przyniesie projektowana zmiana. Warunkiem koniecznym jest rzeczywiste, znaczące i trwałe obniżenie kosztów użytkowania oraz podniesienie komfortu użytkowego i żywotności budynku, a w wariancie optymalnym zastąpienie tradycyjnych systemów grzewczych, opartych na spalaniu paliw stałych, systemami, które korzystają z czystej i odnawialnej energii (patrz Rozdział 3.7).

Dążąc do zmniejszenia zużycia nieodnawialnej energii pierwotnej (EP), można w projektach rewaloryzacyjnych i modernizacyjnych zastosować odnawialne źródła energii (OZE). Jednym z najtrudniejszych problemów integracji OZE z obiektem historycznym jest potrzeba zachowania (albo rekonstrukcji) oryginalnej formy budynku lub wartości krajobrazu kulturowego. Dlatego zakres substytucji konwencjonalnych źródeł energii przez OZE należy rozważyć równocześnie z analizą potencjalnego wpływu dostępnych systemów OZE na estetyczne walory budynku i jego otoczenia, a w przypadku obiektów zabytkowych także na substancję będącą przedmiotem ochrony.

172 NID, *Wytyczne generalnego konserwatora zabytków dotyczące ochrony wartości dziedzictwa kulturowego w procesie poprawy charakterystyki energetycznej budowli zabytkowych*, Załącznik nr 1 do pisma Generalnego Konserwatora Zabytków o sygnaturze DOZ.070.2.2020.JW z dnia 28 lutego 2020.

5.2. Fotowoltaika

Fotowoltaika jako źródło energii ma szereg istotnych zalet. Po zainstalowaniu system fotowoltaiczny nie generuje zanieczyszczeń ani emisji gazów cieplarnianych. Charakteryzuje się prostą skalowalnością w relacji do zapotrzebowania na energię. Fotowoltaika ma najwyższą gęstość mocy spośród odnawialnych źródeł energii, co sprawia, że jest najbardziej odpowiednim OZE dla obszarów miejskich.[173] Jej technologiczna wydajność szybko rośnie, podczas gdy koszty masowej produkcji gwałtownie spadają.

Zmniejszające się koszty produkcji pozwalają już na rozwój fotowoltaiki jako konkurencyjnego kosztowo źródła energii. Wiele gospodarstw domowych w Polsce jest obecnie w stanie wytwarzać własną energię elektryczną po kosztach znacznie niższych niż koszty jej zakupu od przedsiębiorstw energetycznych. Instalacje fotowoltaiczne mogą działać przez 100 lat lub nawet dłużej[174] bez kosztownej konserwacji, dlatego po początkowym czasie zwrotu inwestycji koszty operacyjne fotowoltaiki są wyjątkowo niskie w porównaniu z innymi technologiami produkcji energii.

Instalacja fotowoltaiczna powinna być zwymiarowana tak, aby jej produkcja odpowiadała w pełni potrzebom danej nieruchomości, ale można rozważyć również przyszłe potrzeby. Z technicznego punktu widzenia prawie każda część budynku, która jest wystawiona na działanie promieni słonecznych, może być wykorzystana do integracji z fotowoltaiką. Daje to dużą swobodę przy projektowaniu instalacji.

Przy projektowaniu większych inwestycji warto też wziąć pod uwagę rozwój technologii magazynowania energii. Na przykład, projekt renowacji Pałacu w Rzuchowie (il. 30) przewiduje budowę instalacji fotowoltaicznej z elektrolizerem do produkcji „zielonego" wodoru i magazyn wodoru oraz ogniwo wodorowe. W takim systemie, wodór wykorzystuje się jako nośnik równoważący podaż energii słonecznej i zapotrzebowanie na energię.

Podstawowym wymogiem dla technologii fotowoltaicznej jest stabilna i niezacieniona powierzchnia o nośności odpowiedniej dla ciężaru ogniw słonecznych i możliwego dodatkowego obciążenia wiatrem. Chociaż fotowoltaika działa w warunkach promieniowania rozproszonego, największa jest wydajność ogniw skierowanych na południe, ponieważ uzyski energii są wprost proporcjonalne do natężenia promieniowania słonecznego. Z tego też powodu na etapie projektowania instalacji należy rozważyć, czy rozwój okolicznej zabudowy i wzrost drzew nie zacienią ogniw słonecznych w przyszłości.

Ogniwa zwykle umieszczane są na dachach, chociaż w miarę rozwoju technologii można coraz częściej integrować je z innymi powierzchniami budynku, takimi jak przeszklenia, ściany i osłony przeciwsłoneczne.

173 Smil Vaclav, *Energy at the Crossroads: Global Perspectives and Uncertainties*, The MIT Press, Cambridge, MA 2003.

174 Chianese Domenico at al., *Analysis of weathered c-Si PV modules*, Proceedings of 3rd World Conference on Photovoltaic Energy Conversion. 3. 2922 – 2926 Vol.3 (2003). https://www.researchgate.net/publication/224749017_Analysis_of_weathered_c-Si_PV_modules (czerwiec 2022).

Instalowanie fotowoltaiki na dachu może zbiegać się w czasie z potrzebą wymiany pokrycia dachowego. Opłacalne może być wtedy zainstalowanie paneli fotowoltaicznych nie nad standardowym pokryciem, ale w miejsce dotychczasowego pokrycia.[175] W zależności od ewentualnych wymogów konserwatorskich, mogą to być typowe panele albo ogniwa zintegrowane z materiałem imitującym pokrycie historyczne.

175 Troi Alexandra, Zeno Bastian, (red.), op.cit., 179.

5.2.1. Fotowoltaika na budynkach zabytkowych i w obszarach chronionych

Przy lokalizacji paneli na budynkach historycznych należy ze względów estetycznych unikać głównej elewacji i frontowych połaci dachowych. Ze względu na ochronę krajobrazu historycznego, wartą rozważenia opcją jest zlokalizowanie instalacji fotowoltaicznej nie na powierzchni budynku, ale w jego otoczeniu, jeżeli na działce dostępne jest miejsce mniej eksponowane, a silnie nasłonecznione. Jeszcze inną alternatywą dla montażu fotowoltaiki na zabytkowej nieruchomości może być udział jej właścicieli w spółdzielni energetycznej posiadającej farmę fotowoltaiczną poza obszarem zabytkowym.[176]

176 Roberts Josh, Bodman Frances, Rybski Robert, *Energetyka obywatelska: modelowe rozwiązania prawne promujące obywatelską własność odnawialnych źródeł energii*, Warszawa 2015.

Nowe technologie (BAPV, BIPV) pozwalają jednak na integrację z obiektem historycznym urządzeń o niskim wpływie na wygląd budynku.[177] Coraz szerzej dostępne są moduły polikrystaliczne dopasowane do kształtu i koloru różnych materiałów budowlanych, np. dachówek[178], i transparentne ogniwa perowskitowe, które można nadrukować na różne powierzchnie.[179]

178 Troi Alexandra, Zeno Bastian (red.), op.cit, 179.

177 Kandt Alicen, et al., *Implementing Solar PV Projects on Historic Buildings and in Historic Districts*, National Renewable Energy Laboratory, Golden, Colorado 2011. https://www.researchgate.net/publication/255247360_Implementing_Solar_PV_Projects_on_Historic_Buildings_and_in_Historic_Districts (czerwiec 2022).

Innym rozwiązaniem jest integracja fotowoltaiki z szybami okiennymi w modułach, które nie zawsze zachowują przezroczystość czystego szkła, ale wyższy poziom zacienienia wnętrz może być w niektórych sytuacjach akceptowalny, a nawet korzystny.[180] Moduły takie dobrze komponują się z zabytkowymi budynkami z epoki modernizmu.

179 Saule Technologies, *Building Attached Photovoltaics*. https://sauletech.com/bapv (czerwiec 2022).

180 Troi Alexandra, Zeno Bastian (red.), op.cit, 179–180.

Najbardziej innowacyjnymi rozwiązaniami są szyby jednokomorowe i dwukomorowe o wysokich współczynnikach izolacyjności termicznej, które dzięki powłoce z kropek kwantowych generują energię elektryczną przy zachowaniu bardzo dobrych parametrów przepuszczalności światła (na poziomie 85%).[181] Jedynym czynnikiem ograniczającym zastosowanie takiego przeszklenia w niektórych obiektach zabytkowych może być nieco inny jego odcień i charakter odbicia w porównaniu z oryginalnym szkłem produkowanym przy użyciu tradycyjnych technologii (patrz Rozdział 3.3.2).

181 ML System, *Q GLASS – New Quantum Era*. https://mlsystem.pl/q-glass-for-construction-industry/?lang=en (czerwiec 2022).

5.3. Kolektory słoneczne

Kolektory wykorzystują naturalne promieniowanie słoneczne do podgrzewania wody, najczęściej CWU lub wody basenowej. Ciepła woda jest magazynowana w bojlerze i w razie potrzeby dogrzewana przez konwencjonalny system grzewczy. W bilansie rocznym kolektory mogą zapewnić ok. 2/3 energii potrzebnej do produkcji CWU. Jeżeli możliwe jest zainstalowanie większego kolektora słonecznego, to może on wspomagać również system ogrzewania pomieszczeń jako dodatkowe źródło ciepła, istotnie zmniejszające zużycie nieodnawialnej EP.

Podstawowym wymogiem jest znalezienie dla kolektorów miejsca bezpośrednio wystawionego na działanie słońca. Kolektory nie działają wydajnie w świetle rozproszonym. Najczęściej montowane są więc na dachach o orientacji od południowo-wschodniej do południowo-zachodniej i nachyleniu 30–50 stopni. Istnieją dwa główne typy kolektorów słonecznych: płaskie i rurowe (próżniowe, ETC). Działanie ETC jest mniej zależne od warunków pogodowych, ponieważ zachowują one większą sprawność przy mniej intensywnym nasłonecznieniu i w niższych temperaturach.[182]

Instalacja kolektorów na budynku zabytkowym lub w strefie ochrony konserwatorskiej może nie być dopuszczona, szczególnie na połaciach skierowanych w stronę ulicy lub placu. Jeśli połać dachowa od strony południowej znajduje się nad główną fasadą, instalacja systemu na innych połaciach może być nieopłacalna. Alternatywnym rozwiązaniem może być umiejscowienie kolektora na budynkach gospodarczych lub innych mniej eksponowanych zadaszeniach. Mniejsza widoczność projektowanej instalacji pomaga w uzgodnieniu jej montażu ze służbami konserwatorskimi.

Przed montażem kolektorów na dachu niezbędne jest sprawdzenie nośności jego konstrukcji, która musi być wystarczająco wytrzymała, aby utrzymać ciężar kolektorów i obciążenie wiatrem.

182 Hudon Kate, *Chapter 20: Solar Energy – Water Heating*, [w] Letcher Trevor M. (red.), *Future Energy* (Second Edition), Elsevier 2014, 433–451, DOI:10.1016/B978-0-08-099424-6.00020-X.

5.4. Energia geotermalna i gruntowe pompy ciepła

Gruntowa pompa ciepła wykorzystuje względną stałość temperatury gruntu. W Polsce, niezależnie od pory roku, już na głębokości 1,5 m grunt ma stabilną temperaturę ok. 10(7–13)°C. Pompa wykorzystuje umieszczone pod ziemią pętle kolektora gruntowego do odbierania energii geotermalnej i poprzez sprężanie i rozprężanie zwiększa temperaturę medium wewnątrz układu do około 50°C, aby wykorzystać go do ogrzewania budynku i CWU.

Jeśli jest wystarczająco dużo miejsca na działce, pętlę kolektora można ułożyć poziomo na głębokości 1–1,5 m pod ziemią. Tam, gdzie nie ma miejsca na kolektor poziomy, można wykonać pionowe odwierty, aby pozyskać ciepło z głębokości od kilkudziesięciu do 160 m pod ziemią. Za względu na odwierty, kolektory pionowe są zwykle droższym rozwiązaniem i muszą być odpowiednio rozmieszczone, ponieważ jeśli są zbyt blisko siebie, wydajność systemu będzie mniejsza.

Pompa jest zasilana energią elektryczną, ale jest urządzeniem bardzo wydajnym. Z 1 W zużytej energii elektrycznej można zwykle uzyskać ok. 3–3,5 W jednostek energii cieplnej.

Podstawowe wymagania dla instalacji systemu pompy ciepła to znalezienie miejsca na pompę i kolektor gruntowy oraz bardzo dobra izolacja termiczna budynku. Pompy nie nadają się do ogrzewania historycznych budynków, w których poprawa izolacyjności przegród zewnętrznych (docieplenie) nie jest możliwe.

Optymalnym uzupełnieniem pompy ciepła jest system ogrzewania niskotemperaturowego, np. podłogowego (patrz Rozdział 3.7.2). Stare grzejniki centralnego ogrzewania można wykorzystać, jeśli są przewymiarowane. Większy rozmiar grzejników może skompensować niższą temperaturę wody w instalacji. Z pompą dobrze współpracują specjalne grzejniki niskotemperaturowe, ale mają one duże wymiary, co czyni je mniej odpowiednimi do aranżacji we wnętrzach historycznych.

Niektóre pompy ciepła można wykorzystać w cieplejszych okresach roku do chłodzenia wnętrz. Zazwyczaj jednak pompy są zoptymalizowane do celów grzewczych, dlatego jeśli nie ma bezwzględnego zapotrzebowania na chłodzenie, lepiej wybrać tańszą, nieodwracalną pompę ciepła.

W przypadku zabytkowego budynku lub obszaru objętego nadzorem konserwatorskim, zakres ingerencji systemu pompy ciepła w stan budynku i jego otoczenia może mieć kluczowe znaczenie przy staraniach o zgodę służb konserwatorskich na montaż takiego urządzenia. Konieczność przeprowadzenia instalacji pomiędzy pompą ciepła a zewnętrznym kolektorem wymaga znalezienia przejścia przez lub pod ścianą zewnętrzną, które nie spowoduje nieodwracalnych uszkodzeń. Jeśli to się powiedzie, zabytkowy budynek uzyska stałe, czyste źródło ogrzewania niskotemperaturowego. Taki rodzaj ogrzewania jest bardzo pożądany dla ochrony zabytkowej struktury i wyposażenia.

5.5. Biomasa

Biomasa jest odnawialnym paliwem, które może być wykorzystywane do produkcji ciepła poprzez spalanie w ogrzewanym budynku lub zewnętrznej kotłowni. Nowoczesne systemy grzewcze na biomasę mogą zapewnić niedrogie, całoroczne ogrzewanie pomieszczeń i CWU. Dostępne są w szerokiej gamie rozmiarów i mocy, od niewielkich, dekoracyjnych palenisk po systemy kotłowe dla dużych obiektów.

Urządzenia grzewcze na biomasę mają wysoką wydajność nawet w mało szczelnych i słabo ocieplonych budynkach, dlatego mogą być optymalną opcją przy termomodernizacji niektórych nieruchomości historycznych, w tym zabytkowych.

Dużą wadą systemów na biomasę jest bardzo wysoka emisja cząstek stałych (PM) z instalacji niewyposażonych w drogie elektrofiltry. Z tego powodu systemy takie nie powinny być stosowane na terenach zurbanizowanych, zwłaszcza tam, gdzie występuje już duże zapylenie. W niektórych gminach, np. w Krakowie, wprowadzono formalny zakaz stosowania paliw stałych (w tym biomasy) ze względu na ochronę powietrza. Systemy na biomasę powinny więc być stosowane niemal wyłącznie w budynkach wolnostojących, na terenach o małej gęstości zamieszkania.

Wiele historycznych budynków zostało zaprojektowanych i zbudowanych z podobnymi systemami grzewczymi i są wyposażone w kominy odpowiednie do podłączenia nowoczesnych urządzeń grzewczych na biomasę, chociaż stare kominy mogą wymagać przystosowania do pracy z kotłami niskotemperaturowymi. Wymiana kotła przy zachowaniu części istniejącej instalacji (w tym grzejników) to bardzo powszechna strategia modernizacji, ponieważ jest technicznie prosta i nie wymaga istotnej ingerencji w substancję budynku. Elementem najczęściej wymagającym poprawy jest system wentylacyjny i sposób dostarczenia powietrza potrzebnego do spalania.[183]

183 Troi Alexandra, Zeno Bastian, op.cit, 184–185.

Podstawowe wymagania dla urządzeń na biomasę to:

- stałe źródło paliwa (drewna, peletów lub zrębków),
- odpowiednie miejsce na kocioł, kominek albo tzw. kozę oraz zasobnik CWU (jeśli ciepła woda nie jest dostarczana sieciowo),
- odpowiednia wentylacja,
- miejsce do przechowywania paliwa (może to być wiata, garaż lub budynek gospodarczy),
- przewód dymowy (może to być istniejący komin, chociaż najczęściej stary komin wymaga adaptacji, co może być nieopłacalne).

Nowy przewód dymowy można wyprowadzić przez dach lub ścianę. Należy to wykonać dyskretnie, z dala od elewacji frontowej.

Urządzenia grzewcze na biomasę muszą być zwymiarowane odpowiednio do potrzeb danej nieruchomości i potrzeb grzewczych użytkowników. Działają one najbardziej wydajnie, gdy pracują blisko swojej mocy maksymalnej, więc przewymiarowanie systemu obniży jego wydajność. Dobór mocy źródła

ciepła powinien uwzględniać efekt projektowanego docieplenia lub uszczelnienia budynku.

Dostępne są dwa główne typy urządzeń do spalania biomasy:

- Piece i kominki o mocy ok. 6–12 kW – bezpośrednio ogrzewają pomieszczenie, w którym są zainstalowane. Ciepło to może rozprzestrzeniać się do pomieszczeń sąsiednich i ewentualnie na inne kondygnacje. Urządzenia można dodatkowo wyposażyć w tzw. płaszcz wodny, który ogrzewa wodę w instalacji CWU lub wodnej instalacji grzewczej (ogrzewania centralnego).
- Kotły o mocy co najmniej 15 kW – podgrzewają wodę, która następnie jest przechowywana w bojlerze i wykorzystywana do przygotowania CWU i ogrzewania pomieszczeń za pośrednictwem instalacji centralnego ogrzewania. Woda może być dostarczana do systemu w różnych temperaturach i ciśnieniach, dostosowanych do typu elementów grzejnych w budynku (patrz Rozdział 3.7.2).

Paliwo może być podawane do kotła ręcznie lub automatycznie. Systemy automatyczne są na ogół bardziej wydajne.

5.6. Turbiny wiatrowe

Podstawowym warunkiem umożliwiającym zastosowanie systemów wiatrowych jest odpowiednia lokalizacja, z dobrą wietrznością oraz przestrzenią do zainstalowania turbiny. Urządzenie musi być umieszczone w miejscu odsłoniętym i na wysokości, na której prędkość wiatru jest wystarczająco duża (powyżej 5–6 m/s), bez drzew lub innych obiektów, które mogłyby powodować turbulencje i pogorszyć wydajność turbiny. Należy wziąć pod uwagę potencjalne zmiany uwarunkowań, takie jak wzrost drzew lub nowe budynki. Wprowadzanie turbin jest więc często trudne w środowisku miejskim; są one bardziej odpowiednie dla obszarów wiejskich.

Większość turbin wiatrowych ma oś poziomą. Turbiny z osią pionową są często mniej wydajne, ale działają lepiej w obszarach, w których występują częstsze turbulencje powietrza. To sprawia, że są potencjalnie bardziej odpowiednie dla obszarów zabudowanych.

Główne komponenty systemu wiatrowego to maszt (mocowany bezpośrednio do budynku lub wolnostojący) oraz urządzenia i instalacje elektryczne. W przypadku masztów montowanych na budynku konieczne jest przeprowadzenie przeglądu jego konstrukcji, aby upewnić się, że budynek może podpierać instalację bez ryzyka uszkodzeń. Poza ciężarem masztu i turbiny oraz sił odziaływania wiatru, również sam proces instalacji lub wibracje turbiny mogą wpływać na strukturę budynku. Z tego powodu, a także ze względów estetycznych, turbiny często nie są dopuszczane do montażu na budynkach zabytkowych. Bardziej odpowiednie w kontekście ochrony wartości zabytkowych mogą być turbiny montowane na wolnostojących masztach.

Turbiny wiatrowe są źródłem hałasu, a w pewnych warunkach oświetleniowych obracające się łopaty wytwarzają migotanie i ruchome cienie. Jeśli cienie rozciągają się na budynek lub ogród, mogą powodować dyskomfort.[184]

184 Ibidem, 181–182.

Bibliografia rozdziału 5.

Chianese Domenico at al., *Analysis of weathered c-Si PV modules*, Proceedings of 3rd World Conference on Photovoltaic Energy Conversion. 3. 2922–2926 Vol.3 (2003). https://www.researchgate.net/publication/224749017_Analysis_of_weathered_c-Si_PV_modules (czerwiec 2022).

Hudon Kate, *Chapter 20: Solar Energy – Water Heating*, [w] Letcher Trevor M. (red.), *Future Energy* (Second Edition), Elsevier 2014, 433–451. https://doi.org/10.1016/B978-0-08-099424-6.00020-X.

Kandt Alicen, et al., *Implementing Solar PV Projects on Historic Buildings and in Historic Districts*., National Renewable Energy Laboratory, Golden, Colorado 2011. https://www.researchgate.net/publication/255247360_Implementing_Solar_PV_Projects_on_Historic_Buildings_and_in_Historic_Districts (czerwiec 2022).

ML System, *Q GLASS – New Quantum Era.* https://mlsystem.pl/q-glass-for-construction-industry/?lang=en (czerwiec 2022).

Narodowy Instytut Dziedzictwa [NID], *Wytyczne generalnego konserwatora zabytków dotyczące ochrony wartości dziedzictwa kulturowego w procesie poprawy charakterystyki energetycznej budowli zabytkowych*, Załącznik nr 1 do pisma Generalnego Konserwatora Zabytków o sygnaturze DOZ.070.2.2020.JW z dnia 28 lutego 2020.

Roberts Josh, Bodman Frances, Rybski Robert, *Energetyka obywatelska: modelowe rozwiązania prawne promujące obywatelską własność odnawialnych źródeł energii*, Warszawa 2015.

Saule Technologies, *Building Attached Photovoltaics.* https://sauletech.com/bapv (czerwiec 2022).

Smil Vaclav, *Energy at the Crossroads: Global Perspectives and Uncertainties*, MA: The MIT Press, Cambridge 2003.

Troi Alexandra, Bastian Zeno (red.), *Energy Efficiency Solutions for Historic Buildings: A Handbook*, Birkhäuser, Basel 2015.

6 Algorytmy optymalnego zakresu renowacji energetycznej

Tomasz Jeleński
• Politechnika Krakowska

Nie wszystkie rozwiązania wpływające na oszczędności eksploatacyjne i ochronę klimatu są możliwe do zastosowania w konkretnym obiekcie. Każdy budynek posiada inną historię i specyficzne uwarunkowania, dlatego przy projektowaniu rewaloryzacji albo modernizacji powinno się dobierać zakres prac i środki indywidualnie i z uwzględnieniem wiedzy konserwatorskiej. To jednak bardzo spowalnia procesy projektowe i decyzyjne, a w przypadku budynków zabytkowych także uzgodnienia urzędowe.

Wyzwaniem jest znalezienie praktycznych narzędzi, które pomogą usprawnić ochronę dziedzictwa kulturowego, z zachowaniem zasady minimalnej interwencji, pozwalając równocześnie na poprawę użyteczności budynków historycznych, ograniczając ich negatywny wpływ na środowisko naturalne i klimat, oraz wzmacniając ich odporność na zagrożenia.

W przeprowadzanych przez nas wywiadach wielu uczestników procesów decyzyjnych przyznawało, że złożoność zadań rewaloryzacyjnych i modernizacyjnych jest przyczyną nieporozumień i konfliktów, a decyzje podejmuje się w dużym stopniu intuicyjnie. Zbyt mało jest praktycznej wiedzy i wytycznych, które ułatwiłyby i przyspieszyły współpracę inwestorów i projektantów z konserwatorami oraz sprawną analizę przypadku jako podstawę podejmowania lub wydawania decyzji. Jeżeli wytyczne się pojawiają, to często są zbyt sztywne i nie pozwalają na indywidualizację rozwiązań.

Naszą propozycją, która może ułatwić przejście przez skomplikowaną materię konserwacji i modernizacji, jest algorytm, czyli narzędzie, które podpowiada sposób postępowania w procesie analityczno-projektowym. Algorytm jest to ciąg czynności lub sposób postępowania prowadzący do wykonania określonego zadania i ułatwiający rozwiązanie problemu w skończonym czasie. Algorytm musi być podany w postaci skończonego zestawu czynności do wykonania, ze wskazaniem ich następstwa. Jego zadaniem jest przeprowadzenie nas z określonego stanu początkowego do pożądanego stanu końcowego.

W zadaniach złożonych myślenie algorytmiczne ułatwia uchwycenie wielu wątków, dbałość o szczegóły i przewidywanie, co może się zdarzyć i dokąd doprowadzą nas poszczególne kroki.

Proponowane przez nas narzędzie ma na celu przede wszystkim eliminację błędów, które są często popełniane przy renowacji i termomodernizacji. Algorytm ma prowadzić nas określoną ścieżką rozumowania i wskazywać optymalne rozwiązania, przy uwzględnieniu specyficznych czynników i indywidualnych uwarunkowań budynku.

Pierwszym krokiem proponowanego tu algorytmu jest dobór izolacji. Z lektury poprzednich rozdziałów wiemy, że całkowicie błędne jest takie podejście do renowacji i termomodernizacji, które polega głównie na obłożeniu budynku grubą warstwą docieplenia. Takie działanie w stosunku do budynków historycznych może przynieść niewielkie oszczędności energii użytkowej, równocześnie deformując budynek wizualnie i narażając jego użytkowników na pogorszenie jakości środowiska wewnętrznego. Efektem jest nie tylko utrata wartości architektonicznej budynku, ale też jego postępujące zawilgocenie, korozja biologiczna i degradacja cennej substancji.

Jeżeli nie możemy lub nie chcemy ocieplać ścian ze względu na ich wartości architektoniczne lub własności fizyczne, najlepiej poddać je tylko zabiegom konserwacyjnym. Mury w budynkach historycznych, zwłaszcza zbudowanych przed I wojną światową, są masywne, cechuje je bardzo duża pojemność cieplna i dobra izolacyjność termiczna, jeżeli są prawidłowo konserwowane. Należy natomiast rozważyć możliwość ingerencji w pozostałe elementy budynku: konserwację stolarki i uszczelnienie jej osadzenia w ścianie, likwidację mostków termicznych, docieplenie przegród poziomych lub dachu.

Kolejnym krokiem, trudnym, ale znacząco ograniczającym zużycie energii i ślad węglowy, może być modernizacja systemów ogrzewania i wentylacji, umożliwiająca odzysk energii z powietrza wywiewanego. Wydajna wentylacja może z kolei pozwolić na docieplenie od wewnątrz, które jednak jest bezpieczne dla budynku tylko pod warunkiem zabezpieczenia elewacji przed skutkami przemarzania.

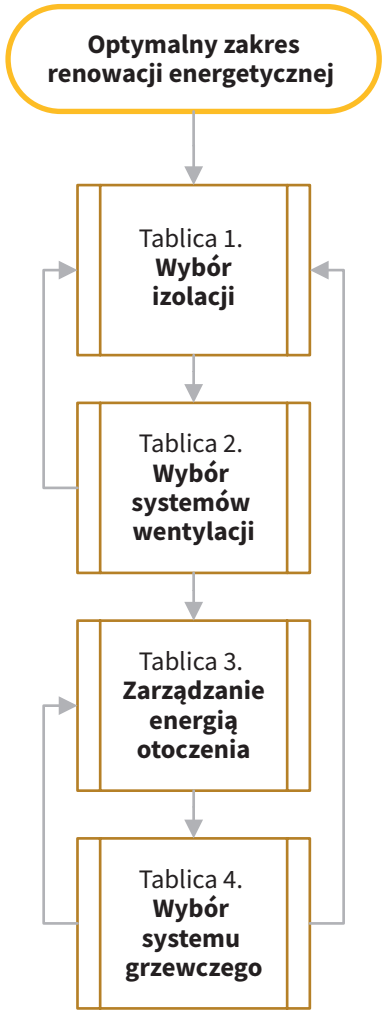
Każdy z głównych elementów algorytmu jest powiązany z pozostałymi. Uwzględnione są sprzężenia zwrotne, czyli to, jak dana decyzja wpływa na pozostałe.

W naszym algorytmie zwracamy też uwagę na szerzej pojęte kryteria środowiskowe i odporność na zagrożenia. Bez ich uwzględnienia rozwój nie może być podtrzymywalny i trwały. Nabiera to szczególnego znaczenia w dobie kryzysu klimatycznego. Do kryteriów ekologicznych należy przede wszystkim ślad węglowy renowacji, ale też jej wpływ na klimat i środowisko lokalne, np. przez ograniczenie efektu miejskiej wyspy ciepła, redukcję zanieczyszczeń pyłowych, ograniczenie spływu powierzchniowego i ryzyka podtopień.

Oprócz jakości środowiska, zrównoważony rozwój opiera się jeszcze na dwóch filarach: społecznym i ekonomicznym; dotyczy więc jakości życia oraz gospodarki. Te czynniki uwzględniamy m.in. akcentując potrzeby ochrony wartości zabytkowych i estetycznych, projektowania uniwersalnego, wprowadzania odnawialnych źródeł energii, a także rozważając kwestie kosztów zewnętrznych. Każdy z proponowanych algorytmów zawiera bloki odnoszące się do wartości społecznych i ekonomicznych.

Narzędzie to zostało przetestowane i poprawione podczas warsztatów projektowych zrealizowanych w ramach projektu „Mitygacja zmian klimatu w budynkach zabytkowych" w Bielsku-Białej, Koprivnicy, Mysłowicach, Olsztynie, Rijece i Zagrzebiu (patrz Rozdział 7).

Poniżej przedstawiamy podstawowy algorytm doboru optymalnego zakresu renowacji energetycznej dowolnego budynku historycznego. Szczegółowe algorytmy doboru izolacji, wentylacji, źródeł energii odnawialnej i systemu grzewczego załączone są do książki w postaci wkładki, na czterech rozkładanych tablicach, i udostępnione w wersji cyfrowej na stronie internetowej Fundacji Sendzimira. Link do algorytmów oraz do wersji on-line publikacji zapisany jest w kodzie qr:


Optymalny zakres renowacji energetycznej
Tablica 1. Wybór izolacji
Tablica 2. Wybór systemów wentylacji
Tablica 3. Zarządzanie energią otoczenia
Tablica 4. Wybór systemu grzewczego

7 Studia przypadków

Tomasz Jeleński
· Politechnika Krakowska
Ewelina Pękała
· Fundacja Sendzimira
Agnieszka Czachowska
· Fundacja Sendzimira

7.1. Wprowadzenie

Ewelina Pękała · Fundacja Sendzimira

W tym rozdziale prezentujemy wybrane efekty pracy uczestników i uczestniczek dwuetapowego szkolenia „Renowacja i termomodernizacja budynków historycznych w dobie kryzysu klimatycznego", które przeprowadziła Fundacja Sendzimira i Croatia Green Building Council w ramach projektu „Mitygacja zmian klimatu w budynkach zabytkowych".

Pierwszym etapem szkolenia był kurs e-learningowy, zrealizowany jesienią 2021 r. w języku polskim i angielskim. Z grona absolwentów kursu wyłoniliśmy ponad setkę najbardziej zaangażowanych uczestników i uczestniczek, których zaprosiliśmy do drugiego etapu – praktycznych warsztatów w trzech polskich i trzech chorwackich miastach. W każdym z miast nawiązaliśmy współpracę z lokalnym partnerem, który dokonał wyboru trzech budynków przeznaczonych do renowacji lub termomodernizacji.

Nad przypadkiem każdego budynku pracował zespół złożony z absolwentów i absolwentek kursu e-learningowego oraz interesariuszy lokalnych. Celem było opracowanie rekomendacji i wytycznych projektowych dla konserwacji, rewaloryzacji albo modernizacji. Drugim, edukacyjnym celem warsztatów było umożliwienie uczestnikom współpracy w zespołach składających się z osób reprezentujących różne sektory i profesje. Interdyscyplinarny skład grup warsztatowych stworzył okazję do wielokryterialnej analizy uwarunkowań i wybrania możliwych rozwiązań, prowadząc do określenia zestawów działań optymalnych, spełniających potrzeby zarówno w zakresie obniżenia zużycia energii, jak też zdrowia i komfortu użytkowników oraz ochrony wartości zabytkowych.

Fot. Tomasz Jeleński

II. 38. Grupa robocza w trakcie wizji lokalnej w I LO w Olsztynie.

W pracach przykładowej grupy roboczej brali udział:

- konserwator zabytków,
- architekt,
- doradca energetyczny,
- inżynier budownictwa,
- wykonawca prac budowlanych,
- przedstawiciel zarządcy/inwestora,
- pracownik jednostki samorządu terytorialnego.

W przypadku prowadzenia rzeczywistego procesu inwestycyjnego interesy lub priorytety tak różnych interesariuszy są niekiedy sprzeczne, a wspólna analiza konkretnego przypadku z różnych perspektyw utrudniona lub wręcz niemożliwa. Dlatego za tak ważne uznaliśmy stworzenie w naszym projekcie jak najlepszych warunków do rzeczowej dyskusji. Warsztaty potwierdziły, że interdyscyplinarna współpraca przy analizie i poszukiwaniu rozwiązań może być bardzo owocna i nawet przy niekorzystnych uwarunkowaniach można osiągnąć porozumienie i zaproponować korzystne dla klimatu rozwiązania, uwzględniające zróżnicowane, a nawet pozornie sprzeczne cele.

Prezentowane tu studia są skrótami opracowań dla wybranych budynków. Koncepcje zostały przekazane partnerom lokalnym, do których należy decyzja, czy i w jakim zakresie rekomendowane rozwiązania będą wdrażane.

Budynki, dla których uczestnicy warsztatów opracowali rekomendacje rewaloryzacyjne lub modernizacyjne

Bielsko-Biała

LOKALNY PARTNER Zakład Gospodarki Mieszkaniowej

Il. 39. Willa przy ul. B. Głowackiego 3 z lat 30. XX w., wpisana do gminnej ewidencji zabytków. Fot. Ewelina Pękała

Il. 40. Budynek mieszkalny wielorodzinny z 1914 r., ul. M. Grażyńskiego 67, wpisany do gminnej ewidencji zabytków. Fot. Agnieszka Czachowska

Il. 41. Budynek mieszkalno-usługowy z pocz. XX w., ul. J. Słowackiego 78/80/82, wpisany do gminnej ewidencji zabytków. Fot. Tomasz Jeleński

Koprivnica

LOKALNY PARTNER Wydział Planowania Przestrzennego Urzędu Miasta

Il. 42. Dom Merićów, budynek mieszkalno-usługowy z końca XVII w. (po 1772), przy placu bana Jelačića 1, wpisany do rejestru zabytków. Fot. Ana Šenhold

Il. 43. Synagoga z 1875 r. przy ul. Svilarska 10, wpisana do rejestru zabytków. Fot. Ana Šenhold

Il. 44. Dom Malančeców, budynek mieszkalno-usługowy z 1902 r., Muzeum Miasta Koprivnica, ul. Đure Estera 12, wpisany do rejestru zabytków. Fot. Ana Šenhold

Mysłowice

LOKALNY PARTNER Urząd Miasta Mysłowice, Wydział Architektury, Planowania i Strategii

Il. 45. Budynek Urzędu Miasta Mysłowice wybudowany w latach 1866–68, ul. Powstańców 1, wpisany do rejestru zabytków. Fot. Ewelina Pękała

Il. 46. Hala sportowa MOSiR z 1912 r., ul. Piastów Śląskich 20, planowana do wpisu w gminnej ewidencji zabytków. Fot. Agnieszka Czachowska

Il. 47. Budynek mieszkalny wielorodzinny wybudowany w latach 1891–92, ul. Grunwaldzka 22, wpisany do rejestru zabytków. Fot. Krystian Kopka

Olsztyn

LOKALNY PARTNER Urząd Miasta Olsztyna – biuro Miejskiego Konserwatora Zabytków

Il. 48. Budynek byłej wartowni w zespole koszar kawalerii wybudowany w latach 1885–1886, ul. Dąbrowskiego 4a, wpisany do rejestru zabytków. Fot. Ewelina Pękała

Il. 49. I Liceum Ogólnokształcące wybudowane w latach 1886–1887, ul. A. Mickiewicza 6, wpisane do rejestru zabytków. Fot. Tomasz Jeleński

Il. 50. Willa C. Hermenau z 1903 r., siedziba Stowarzyszenia Pomocy Dzieciom i Rodzinie „Arka”, ul. Niepodległości 85, wpisana do rejestru zabytków. Fot. Celina Łozowska

Rijeka

LOKALNY PARTNER Wydział Kultury Urzędu Miasta

Il. 51. Budynek Towarzystwa Filodrammatica z 1891 r. przy ul. Korzo 28, wpisany do rejestru zabytków. Fot. Ana Šenhold

Il. 52. Budynek administracyjny przy pl. Titov 3, wybudowany w latach 1922–1974, wpisany do gminnej ewidencji zabytków. Fot. Jana Kačar

Il. 53. Chorwacki Dom Kultury z 1938 r. przy ul. Strosmayerova 1, wpisany do gminnej ewidencji zabytków. Fot. Dean Miculinić

Zagrzeb

LOKALNY PARTNER Wydział Urzędu Miasta ds. Gospodarki, Zrównoważonego Środowiska i Planowania Strategicznego

Il. 54. Gvozdanović Palace przy ul. Visoka 8, z przełomu XVII i XIX w., wpisany do gminnej ewidencji zabytków. Fot. Aleksandar Jelovac

Il. 55. Budynek administracyjny przy pl. Stjepana Radića 1, wybudowany w latach 1956–1958, wpisany do gminnej ewidencji zabytków. Fot. Aleksandar Jelovac

Il. 56. Przedszkole Vjeverica z 1975 r. przy ul. Ksaverska cesta 14, wpisany do gminnej ewidencji zabytków. Fot. Ana Šenhold

7.2. Budynek mieszkalno-usługowy
z początku XX w.

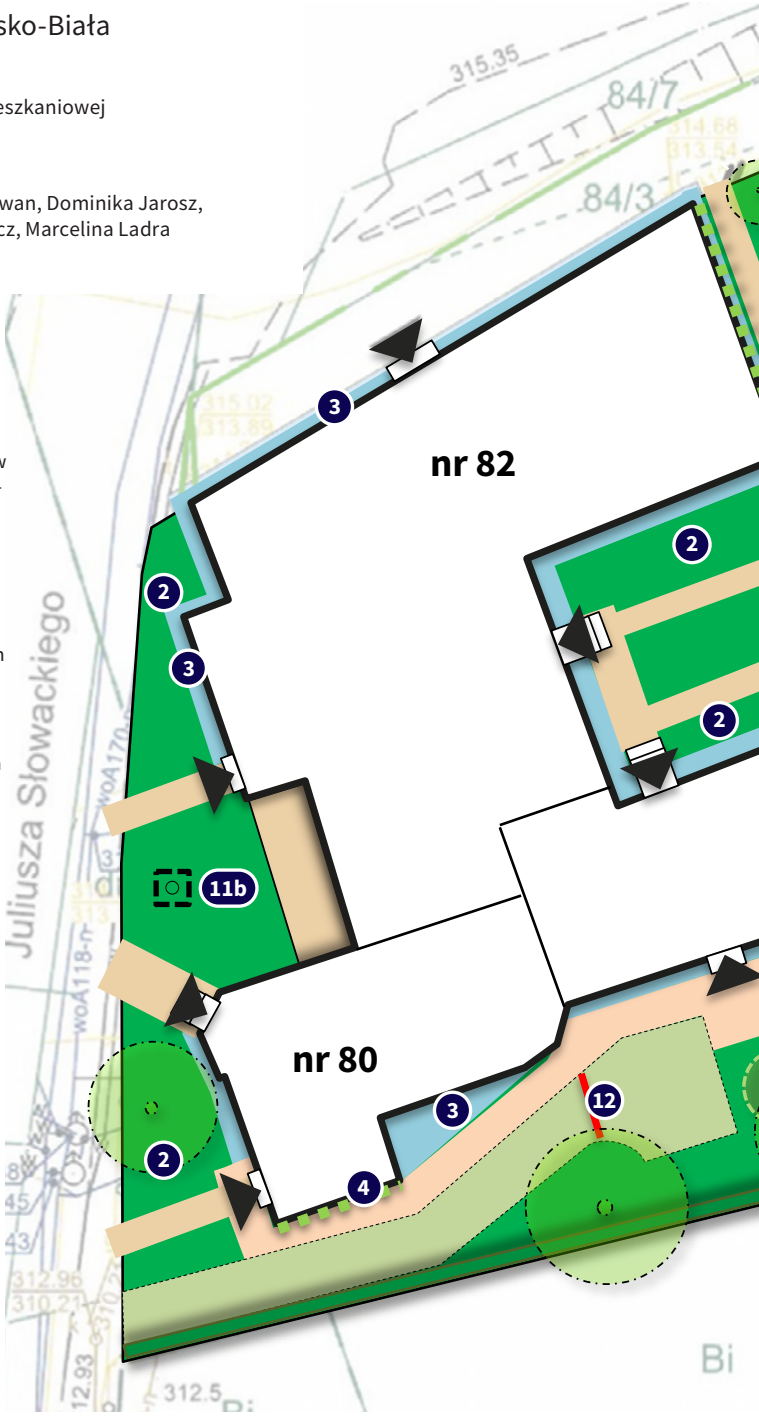
ul. J. Słowackiego 78/80/82, Bielsko-Biała

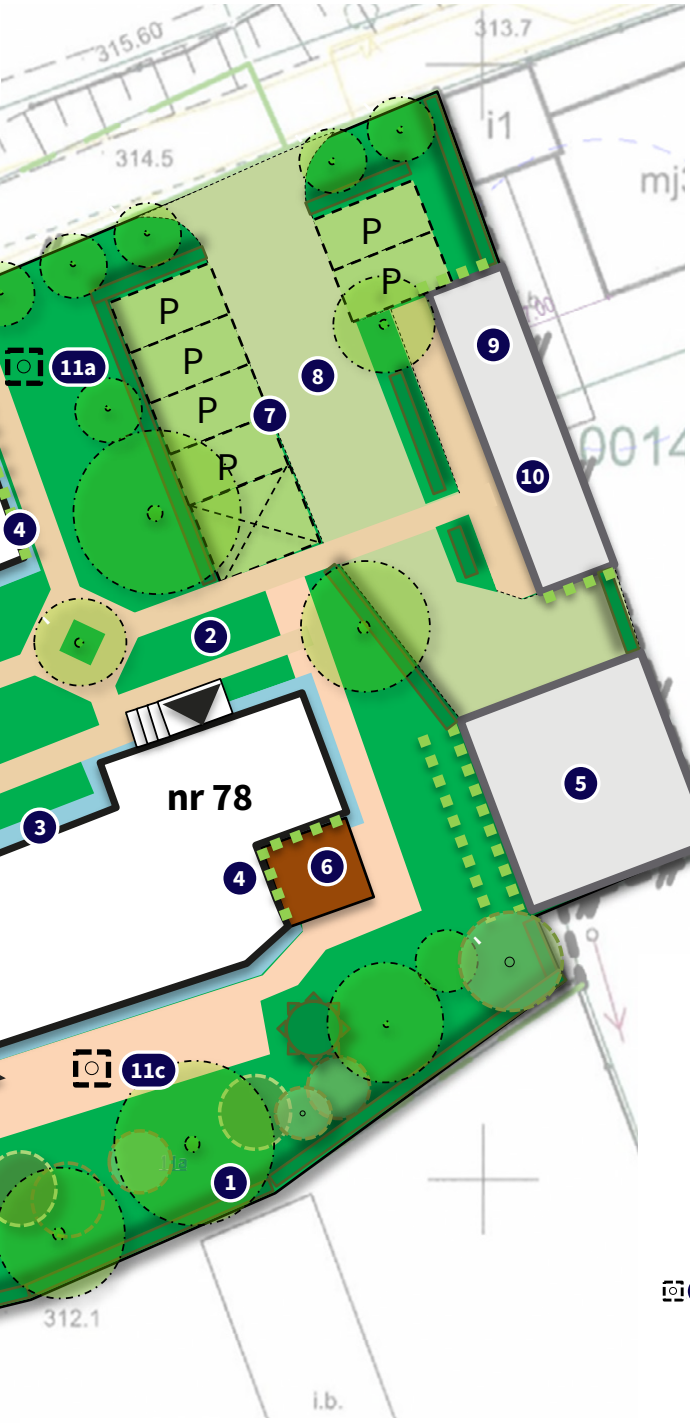
WPISANY DO GMINNEJ EWIDENCJI ZABYTKÓW

ZARZĄDCA	Zakład Gospodarki Mieszkaniowej
OPRACOWANIE	Tomasz Jeleński, Ewelina Pękała
AUTORZY KONCEPCJI	Bogna Drałus, Wiktor Iwan, Dominika Jarosz, Małgorzata Juchniewicz, Marcelina Ladra i Paweł Szymura

ZAGOSPODAROWANIE TERENU I KONCEPCJA ARCHITEKTONICZNA

1. Zachowanie i pielęgnacja wszystkich drzew (jesion wyniosły, świerki pospolite, czereśnia ptasia).
2. Nasadzenia krzewinek (barwinek pospolity) i krzewów kwitnących (róże, hortensje bukietowe, lilaki Meyera „Palibin", różaneczniki, kaliny koralowe).
3. Zastąpienie opasek szczelnych i żwirowych zieloną opaską o szerokości min. 60 cm, z nasadzeniami bylin, krzewów, krzewinek i pnączy.
4. Wprowadzenie (na ścianach pozbawionych okien) pnączy niewymagających trejaży (winobluszcz trójklapowy i zimozielony bluszcz pospolity).
5. Garaż dwustanowiskowy bez zmiany funkcji z pergolą dla pnączy (powojniki i wisteria kwiecista lub chińska).
6. Taras rekreacyjny.
7. Wydzielenie miejsc parkingowych za pomocą żywopłotów, rezygnacja z ogrodzeń murowanych i stalowych.





8 Rozszczelnienie nawierzchni utwardzonych i zastosowanie trzech typów nawierzchni:
- kostki brukowej bezfazowej dla dojść o szerokości 1,2 m, dla osób o ograniczonej zdolności poruszania się,
- geokraty dla pozostałych powierzchni komunikacyjnych i parkingowych,
- desek kompozytowych na tarasie.

9 Miejsce segregacji odpadów w istniejącym budynku gospodarczym z komórkami lokatorskimi.

10 Część komórek zagospodarowana na wózkownie i rowerownie, na ścianach szczytowych pnącza (jw.).

11 Retencja wody deszczowej z dachów – montaż 2–3 zbiorników podziemnych do zasilania spłuczek WC i podlewania roślin; rozprowadzenie nadmiaru wody na terenie działki.

12 Odwodnienie liniowe z odprowadzeniem do kanalizacji za pośrednictwem separatora.

→ Lokale użytkowe w parterze z niezależnymi wejściami z zewnątrz.

→ Wydzielenie w parterze lokalu mieszkalnego dla osób z niepełnosprawnościami.

→ Uzupełnienie funkcji w ramach każdego mieszkania: kuchnia, łazienka, pokoje.

Legenda
- zielona opaska wokół budynku
- pnącza
- pergola
- taras
- 11a–c podziemne zbiorniki na deszczówkę
- odwodnienie liniowe

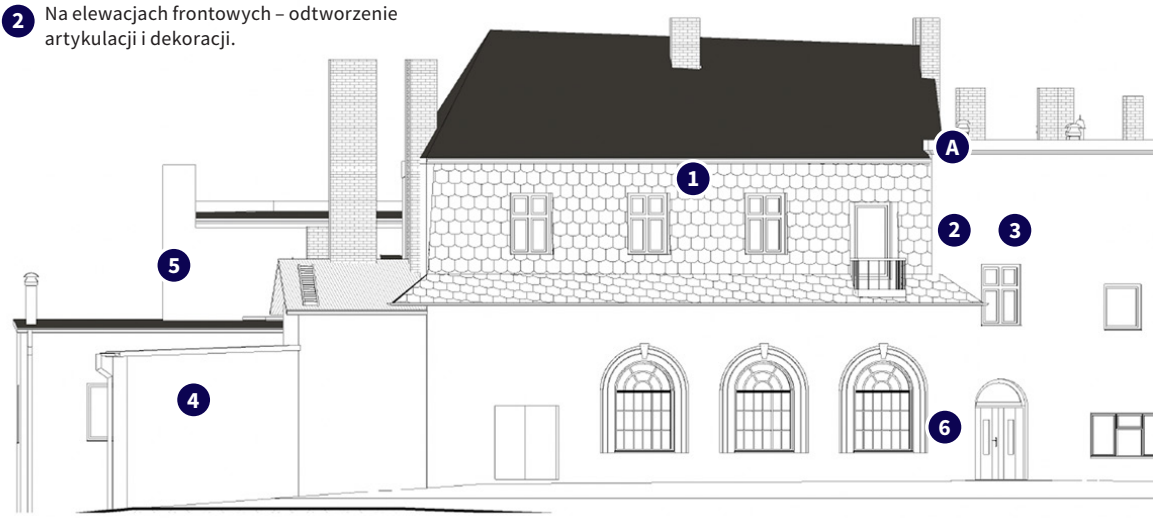
Il. 57. Propozycje zagospodarowania terenu. Rys. Tomasz Jeleński na podstawie koncepcji warsztatowej.

Budynek mieszkalno-usługowy z początku XX w.

ul. J. Słowackiego 78/80/82, Bielsko-Biała

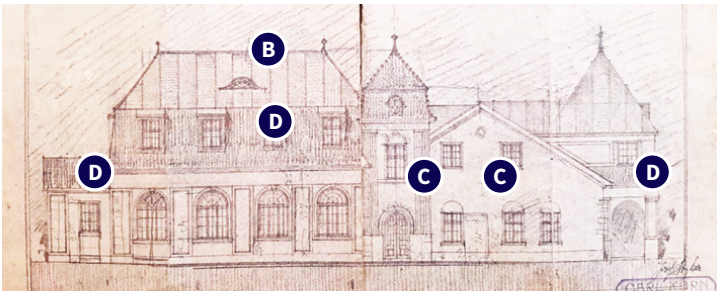
KONCEPCJA ARCHITEKTONICZNO-BUDOWLANA

1. Odtworzenie bryły budynku Słowackiego 82 – demontaż wtórnej nadbudówki A, przywrócenie oryginalnej wysokości dachu B i wejścia wieżowego C.
2. Na elewacjach frontowych – odtworzenie artykulacji i dekoracji.
3. Na elementach rekonstruowanych i przy konieczności wymiany tynków – zastosowanie tynków lub farb ciepłochronnych.
4. Likwidacja przybudówek od strony podwórza, uporządkowanie artykulacji elewacji podwórzowych.



© Pracownia Projektowa ARCHIDOM Bernard Łopacz

Il. 58. Elewacja północno-zachodnia – propozycje działań rewaloryzacyjnych naniesione na stan obecny. Rysunek pochodzi z „Projektu przebudowy, remontu oraz termomodernizacji budynku mieszkalno-usługowego wraz z infrastrukturą towarzyszącą oraz wyburzaniem budynków innych" aut. Pracowni Projektowej ARCHIDOM Bernard Łopacz. Rys. Magdalena Zawojska.



Il. 59. Elewacja północno-zachodnia – propozycje działań rewaloryzacyjnych naniesione na archiwalny projekt kamienicy autorstwa arch. Carla Korna. Ilustracja pochodzi z Archiwum Miejskiego Konserwatora Zabytków w Bielsku-Białej.

Piwnice

→ Uporządkowanie i intensywnie wietrzenie, przez okres ok. dwóch lat, w celu naturalnego osuszenia. Obserwacja zawilgoceń. Dalsze działania powinny wynikać z dokonanych obserwacji.

Dachy i strychy

→ Kompleksowa konserwacja lub wymiana zniszczonych więźb, przywrócenie pierwotnych form dachów, izolacja termiczna np. wełną drzewną albo celulozową.

→ Wzmocnienie konstrukcji dachu nad bud. Słowackiego 78 pod obciążenie panelami fotowoltaicznymi.

→ Na obiektach nr 78 i 80 wymiana poszycia na blachę łączoną na rąbek stojący w kolorze naturalnym lub jasnoszarym.

→ Słowackiego nr 82 – odtworzenie poszycia z karpiówki w kolorze wypalanej cegły.

→ Docieplenie od góry części stropów nad lokalami mieszkalnymi wełną celulozową.

→ Wymiana więźb nad budynkami gospodarczymi, wysunięcie krokwi o min. 1,2 m jako konstrukcję pergoli, zabezpieczenie elementów zewnętrznych impregnatem paroprzepuszczalnym, hydrofobowym.

5 Ocieplenie tylnych elewacji od zewnątrz wełną drzewną albo innym materiałem pochodzenia naturalnego, alternatywnie wełną mineralną.

6 Konserwacja lub renowacja historycznej stolarki drzwiowej i okiennej z dostosowaniem do obowiązujących przepisów. Odtworzenie stolarki okiennej **D** – możliwość wprowadzenia dodatkowych pakietów wielo-szybowych od wewnątrz.

Stropy

→ W budynku Słowackiego 78 – całościowa wymiana stropów zniszczonych wskutek zalania/nieszczelności dachu, odtworzenie stropów np. w technologii rectolight.

→ Zachowanie pozostałych stropów, założenie dodatkowej izolacji akustycznej i podłóg na legarach.

→ Na strychach likwidacja wylewek betonowych na deskowaniu.

→ Ocieplenie stropów piwnicy.

Klatki schodowe

→ W budynku Słowackiego 78 – odtworzenie klatki schodowej drewnianej, zabiegowej.

→ W budynku Słowackiego 80 w klatce schodowej – zdjęcie obudów z OSB, renowacja stopnic z zachowaniem oryginalnych form, konserwacja elementów stalowych, ocena stanu zachowania i ewentualne uzupełnienia/fragmentaryczna wymiana elementów konstrukcyjnych; renowacja drewnianej balustrady.

→ W budynku Słowackiego 82 – konserwacja schodów z lastryko.

Pozostałe rozwiązania

→ Wykonanie okien dachowych od strony podwórza, na połaciach niewidocznych od strony ulicy, w celu zagospodarowania poddaszy na cele mieszkalne.

→ Wewnątrz usunięcie lamperii, farb akrylowych, odparzonych tynków; naprawa i wykończenie ścian, sufitów i podłóg przy użyciu materiałów paroprzepuszczalnych.

→ Likwidacja instalacji i urządzeń gazowych; podłączenie do sieci ciepłowniczej i montaż odpowiedniej instalacji CO+CWU.

→ Wprowadzenie grawitacyjnych kanałów wentylacyjnych do lokali mieszkalnych. Można rozważyć wentylację mechaniczną z rekuperacją, ale należy położyć nacisk na edukację mieszkańców w zakresie właściwego użytkowania.

→ Możliwość wprowadzenia wentylacji mechanicznej z rekuperacją w lokalach usługowych.

→ Montaż paneli fotowoltaicznych na niewidocznych od ulicy połaciach budynków gospodarczych lub głównych (szczególnie nr 78) dla zasilania części wspólnych.

→ Kompleksowa wymiana instalacji elektrycznej.

→ Lampy LED.

→ Oświetlenie stref wspólnych włączane czujnikami ruchu.

→ Wykorzystanie wody deszczowej gromadzonej w zbiornikach podziemnych do celów gospodarczych, utrzymania ogrodu i zasilania spłuczek WC, ew. recykling wody szarej do spłukiwania WC.

→ Partycypacyjne zaangażowanie mieszkańców w prace renowacyjne i zagospodarowanie podwórza.

→ Przeprowadzenie szkoleń dla mieszkańców, po renowacji obiektu, w zakresie prawidłowego użytkowania, możliwych oszczędności i strat powodowanych niewłaściwym użytkowaniem obiektu.

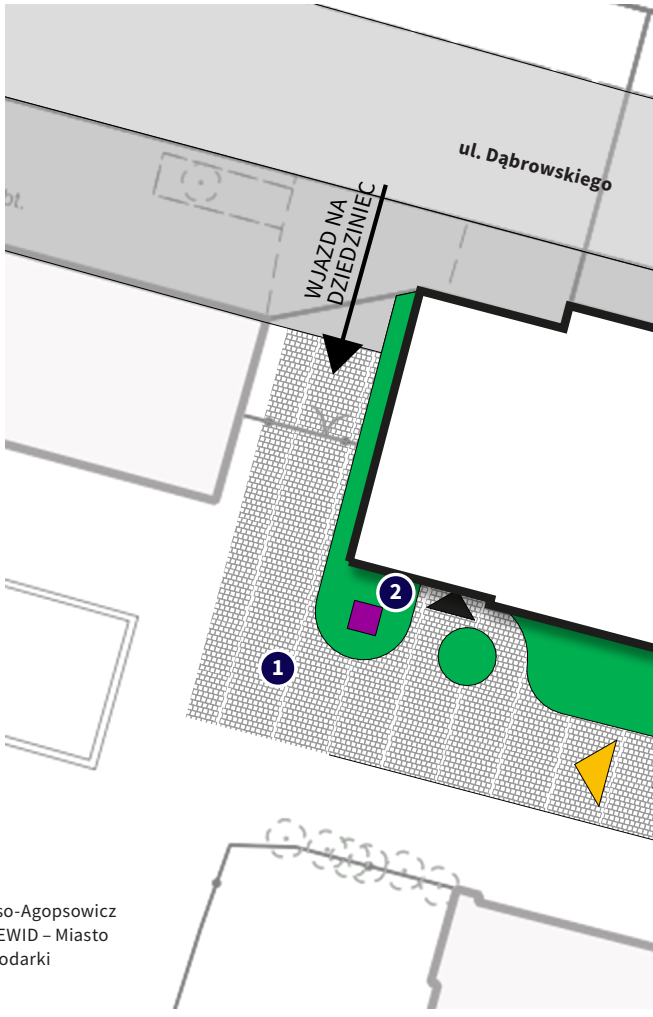
7.3. Budynek dawnej wartowni w zespole koszar kawalerii
wzniesiony w latach 1885–1886

ul. Dąbrowskiego 4a, Olsztyn

WPIS OBSZAROWY DO REJESTRU ZABYTKÓW

ZARZĄDCA	Zakład Lokali i Budynków Komunalnych w Olsztynie
OPRACOWANIE	Tomasz Jeleński, Ewelina Pękała
AUTORZY KONCEPCJI	Mirosława Aziukiewicz, Anna Bobko, Jakub Gołębiewski, Natalia Hasso-Agopsowicz, Bartosz Lewiński, Emanuel Okoń, Piotr Wiszowaty

ZAGOSPODAROWANIE TERENU

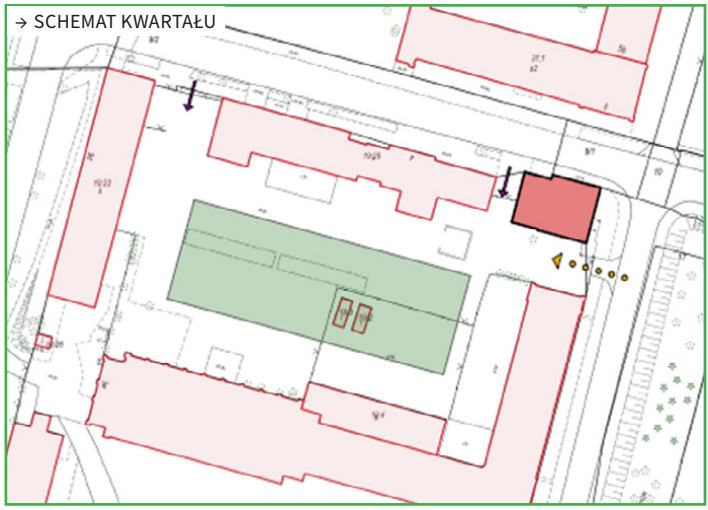


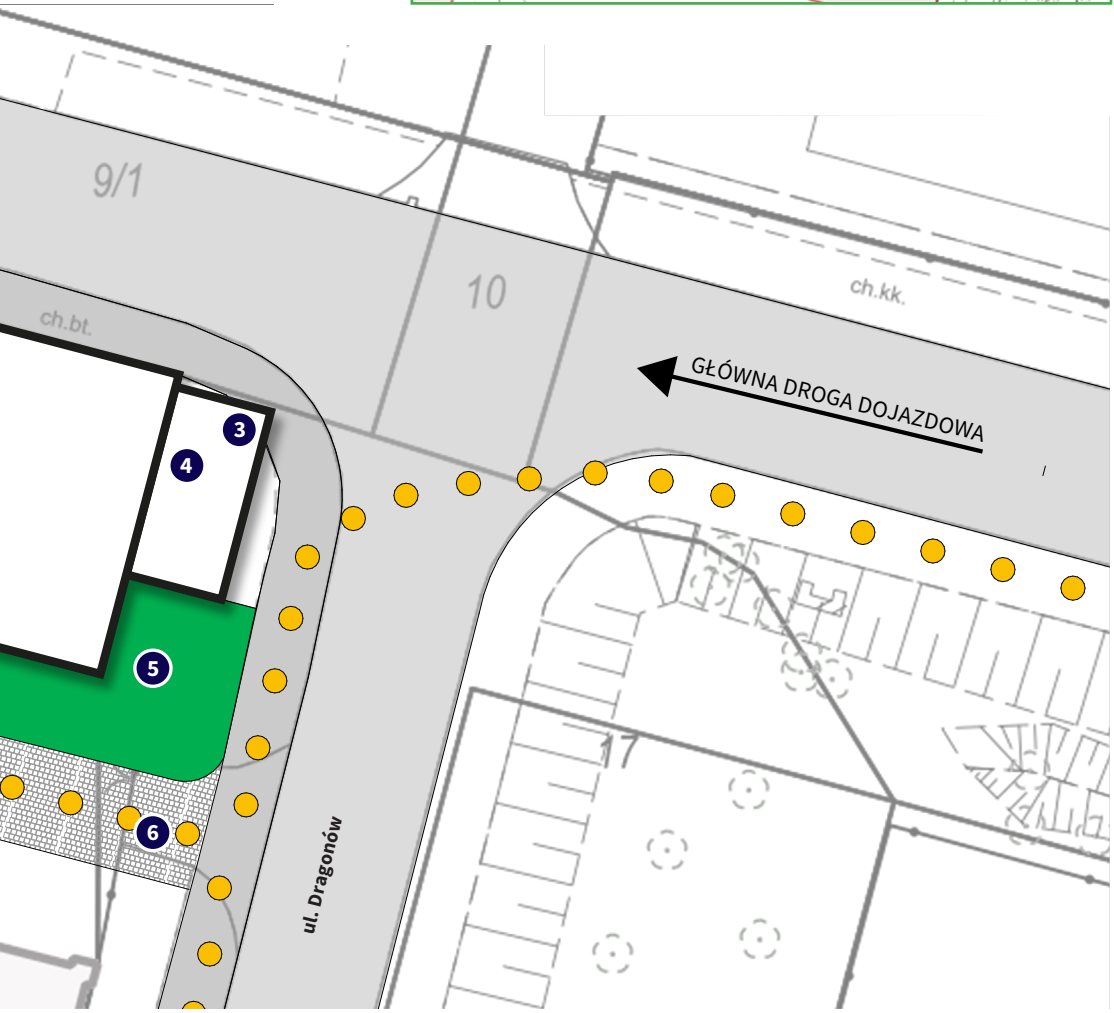
1. Ciągi komunikacyjne wykonać z kamienia naturalnego z odzysku.
2. Możliwa lokalizacja pompy ciepła. Proponowana nowoczesna obudowa z blachy, osłonięta bluszczem zwyczajnym na trejażu.
3. Najbardziej wyeksponowana część budynku.
4. Odtworzenie podcienia na podstawie dostępnej dokumentacji fotograficznej.
5. Projektowana zieleń niska wokół budynku. Ewapotranspiracja nadmiaru wilgoci z gruntu.
6. Likwidacja wjazdu dla samochodów. Wyeksponowane piesze wejście na teren zabytkowego kwartału z możliwością wjazdu straży pożarnej

→ Wody opadowe z dachu zaleca się odprowadzić do podziemnego zbiornika (z przelewem do studni chłonnej) i wykorzystać do spłukiwania toalety i podlewania projektowanej zieleni.

Il. 60. Propozycje zagospodarowania terenu. Rys. Natalia Hasso-Agopsowicz na podstawie opracowania warsztatowego. Źródło mapy: WebEWID – Miasto Olsztyn, katalog e-usług publicznych Wydziału Geodezji i Gospodarki Nieruchomościami Urzędu Miasta Olsztyna.

→ SCHEMAT KWARTAŁU

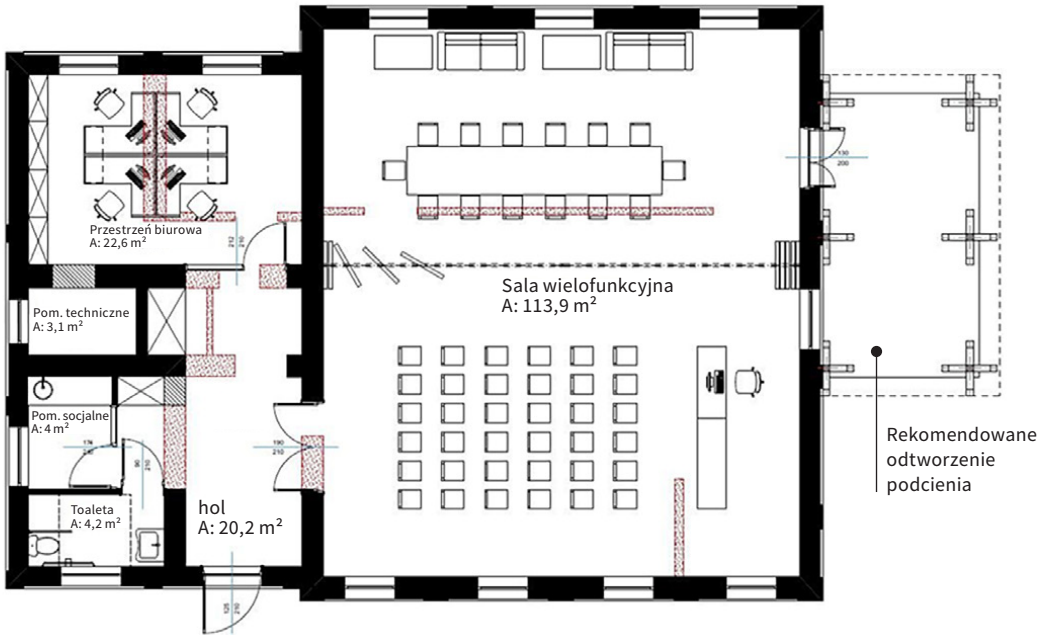




Budynek dawnej wartowni w zespole koszar kawalerii

ul. Dąbrowskiego 4a, Olsztyn

KONCEPCJA ARCHITEKTONICZNO-BUDOWLANA



Il. 61. Koncepcja adaptacji – rzut parteru. Autorzy: Jakub Gołębiewski, Natalia Hasso-Agopsowicz. Rys. Jakub Gołębiewski.

→ Koncepcja uwzględnia wprowadzenie funkcji społeczno-kulturalnej.

PIWNICE

→ Przed przystąpieniem do rewaloryzacji niezbędne jest wykonanie badań architektonicznych, w szczególności ustalenie, czy budynek jest podpiwniczony.

ELEWACJE

→ Stopień zachowania oryginalnej substancji nadal umożliwia rewaloryzację i wyeksponowanie zabytkowych walorów obiektu.

→ Zachować należy elementy pierwotne: kompozycje i artykulacje elewacji, w tym rytm otworów okiennych i drzwiowych w ich pierwotnym wykroju i lokalizacji.

STOLARKA/ŚLUSARKA OKIENNA I DRZWIOWA

→ Zalecana stolarka/ślusarka z materiałów tradycyjnych, we współczesnej technologii, z odtworzeniem oryginalnych podziałów i profili na podstawie ikonografii. Zaleca się przy tym odstępstwo na poszerzenie skrzydeł drzwi wejściowych w celu ich przystosowania do potrzeb osób z niepełnosprawnościami.

→ Kolorystyka w oparciu o wyniki badań wykonanych na oryginalnych elementach zespołu koszar.

DACH

Zalecane jest przywrócenie oryginalnej geometrii dachu i odtworzenie attyk oraz:

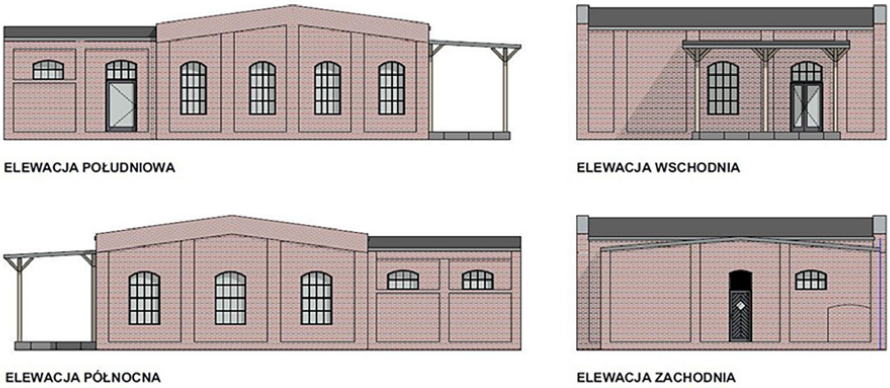
→ wprowadzenie zielonego dachu na dwóch bardziej zacienionych połaciach,

→ na nasłonecznionych połaciach – pokrycie bitumiczne i panele fotowoltaiczne,

→ wymiana zniszczonych krokwi i wiązarów. Proponowana konstrukcja drewniana z uwzględnieniem obciążenia projektowaną instalacją fotowoltaiczną oraz zielonym dachem i ociepleniem. W sali wielofunkcyjnej – odsłonięte wiązary i krokwie (dolne części),

→ ocieplenie zielonego dachu odwróconego szkłem piankowym. Pod połacią z pokryciem bitumicznym – ocieplenie wełną celulozową wentylowane pod poszyciem,

→ nowy system rynnowy z odprowadzeniem wód opadowych z połaci z pokryciem bitumicznym do podziemnego zbiornika (z przelewem do studni chłonnej), a z zielonego dachu bezpośrednio do studni chłonnej.



Il. 62. Proponowana rekonstrukcja elewacji. Przy wejściu należy uwzględnić pochylnię dla wózków. Rys. Jakub Gołębiewski.

WNĘTRZA

→ Wnętrza nie posiadają zachowanych elementów pierwotnych.

→ Niezbędne jest wykonanie nowych instalacji: elektrycznej, multimedialnej i alarmowej oraz wodnej i kanalizacyjnej, a także podłączenie do miejskiej sieci wodno-kanalizacyjnej.

Zaleca się ocieplenie:

→ ścian obwodowych od strony wnętrza (płytami klimatycznymi lub tynkami ciepłochronnymi),

→ stropu w części administracyjnej (wełną celulozową),

→ podłóg (szkłem piankowym),

→ posadzki ceramiczne na instalacji niskotemperaturowego ogrzewania wodnego (zachować szerokie dylatacje między wylewką i posadzką a ścianami).

WENTYLACJA

→ Rekomendowana wentylacja mechaniczna z odzyskiem ciepła obsługiwana przez dwie centrale (NW1 i NW2) zlokalizowane na poddaszu technicznym (nad częścią biurową), z wyrzutnią powietrza przez istniejący komin i czerpnią wkomponowaną w nieużywane drzwi w elewacji zachodniej.

→ Układ NW1 obsługujący część biurowo-socjalną: nawiewy nad oknami, wyciągi w toaletach i pomieszczeniu technicznym.

→ Układ NW2 obsługujący salę wielofunkcyjną: nawiewy nad oknami, wyciąg środkiem sali.

OGRZEWANIE

→ Rekomendowana jest pompa ciepła powietrze-woda zasilająca układ ogrzewania podłogowego. Jednostka zewnętrza pompy zlokalizowana przy południowej elewacji; skropliny odprowadzane do niecki chłonnej. W pomieszczeniu technicznym zlokalizowana wewnętrzna jednostka pompy i bufor CO o pojemności ok. 200–300 l połączony z czterema pętlami grzewczymi.

→ W pomieszczeniach sanitarnych i socjalnych zaleca się montaż elektrycznych podgrzewaczy przepływowych.

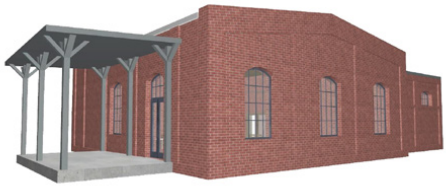
OZE

→ Dzięki pompie ciepła, budynek będzie pozyskiwał z otoczenia większość energii potrzebnej do ogrzewania, co znacząco obniży jego zapotrzebowanie na energię końcową (EK).

→ Produkcja energii w instalacji fotowoltaicznej na dachu znacząco obniży zużycie nieodnawialnej energii pierwotnej (EP).

PARTYCYPACJA

→ Zaleca się nawiązanie przez Zarządcę dialogu z potencjalnymi użytkownikami – organizacjami pozarządowymi – w celu dopracowania optymalnego rozwiązania projektowego.



Il. 63. Rekonstrukcyjna wizualizacja budynku – widok od strony północno-wschodniej. Rys. Jakub Gołębiewski.

Il. 64. Rekonstrukcyjna wizualizacja budynku – widok od strony zachodniej. Rys. Jakub Gołębiewski.

7.4. Budynek Liceum Ogólnokształcącego nr 1
wzniesiony ok. 1880–90, rozbudowany ok. 1920–30

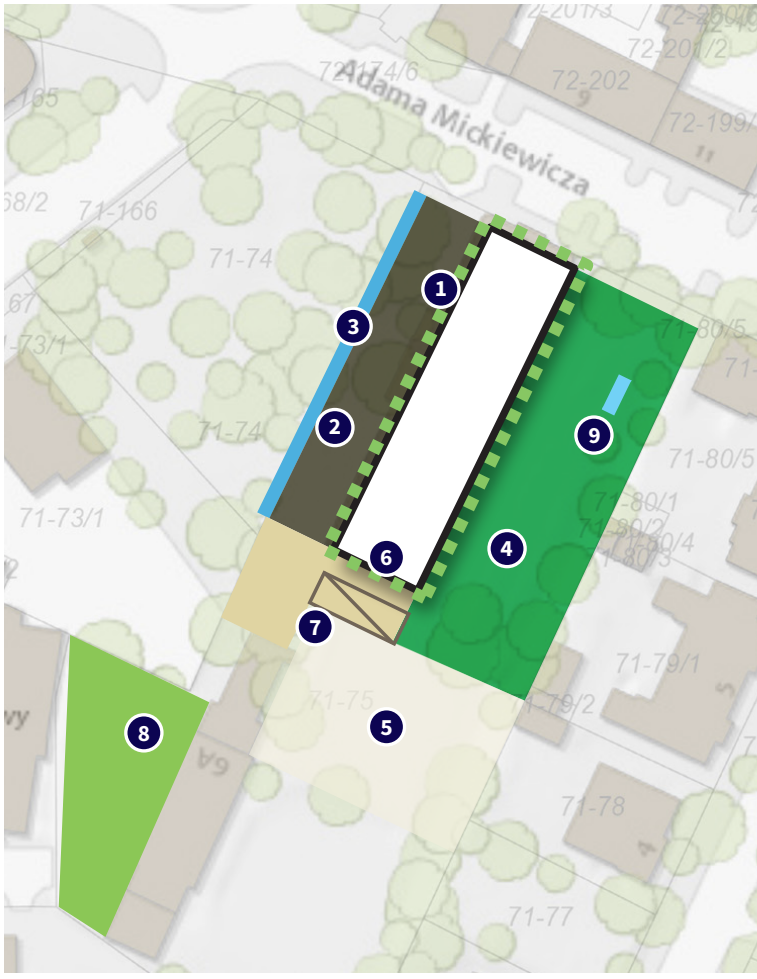
ul. Mickiewicza 6, Olsztyn

WPISANY DO REJESTRU ZABYTKÓW

ZARZĄDCA	Miasto Olsztyn
OPRACOWANIE	Tomasz Jeleński, Agnieszka Czachowska
AUTORZY KONCEPCJI	Sylwia Brzezińska, Marcin Gregorowicz, Paweł Haczkowski, Agnieszka Kaczurba, Nina Kowiel-Zielińska, Piotr Popławski, Krzysztof Soszyński, Łukasz Szymański, Agata Zapart

ZAGOSPODAROWANIE TERENU

1. Likwidacja twardych opasek przycokołowych, rozszczelnienie powierzchni, utworzenie ogródka fasadowego, obsadzenie roślinami chłonącymi wilgoć.
2. Zdjęcie nawierzchni asfaltowej, profilowanie spadku od budynku w kierunku projektowanego rowu infiltracyjnego; instalacja podziemnego zbiornika na wodę deszczową (z zachodniej połaci dachu); wykorzystanie historycznego bruku z odzysku do utwardzenia miejsc parkingowych; nawierzchnie jezdne półprzepuszczalne; ścieżki piesze z kostki bezfazowej.
3. Budowa rowu infiltracyjnego.



4. Ogród warzywno-ziołowy; budowa podziemnego zbiornika na wodę deszczową (ze wschodniej połaci dachu) i ogrodu deszczowego zasilanego wodą przelewową ze zbiornika podziemnego; wykorzystanie deszczówki do podlewania ogrodu.
5. Wymiana nawierzchni boiska na półprzepuszczalną, ekologiczną, ze zrębków drewnianych.
6. Dostosowanie wejścia do budynku do potrzeb osób z niepełnosprawnością ruchową.
7. Budowa fotowoltaicznych wiat na rowery i hulajnogi, ładowanie pojazdów elektrycznych.
8. Utworzenie dodatkowej przestrzeni edukacyjnej np. otwartego laboratorium biologicznego; budowa podziemnego zbiornika na wodę deszczową (z dachu sal gimnastycznych) i ogrodu deszczowego zasilanego wodą przelewową ze zbiornika podziemnego.
9. Przykładowa lokalizacja pompy ciepła „powietrze-woda”.

II. 65. Propozycje zagospodarowania terenu. Rys. Agata Zapart na podstawie opracowania autorów koncepcji. Źródło mapy: MSIPMO, Miejski System Informacji Przestrzennej Miasta Olsztyna.

Budynek Liceum Ogólnokształcącego nr 1

ul. Mickiewicza 6, Olsztyn

KONCEPCJA ARCHITEKTONICZNO-BUDOWLANA

PRZYZIEMIE

→ Nie rozkopywać gruntu przy ścianach fundamentowych. Nie ma potrzeby wprowadzenia izolacji zewnętrznej.

Zaleca się:

→ uzupełnienie spoin cokołu,

→ profilowanie terenu z odpowiednimi spadkami i zmianę opasek betonowych/asfaltowych wokół budynku na ogródki fasadowe, czyli pas zieleni transpirującej nadmiar wody i wilgoci z gruntu.

We wnętrzu:

→ zdjęcie lamperii, boazerii i uszkodzonych tynków dla odparowania/suszenia ścian; odsłonięcie większej powierzchni ścian w pomieszczeniach sanitarnych poprzez skucie części kafelek,

→ w miejscach zawilgoceń – odgrzybianie i uzupełnienie tynków zaprawami wapienno-piaskowymi albo renowacyjnymi; stosowanie farb o wysokiej paroprzepuszczalności.

ELEWACJE

→ Zaleca się zachowawczą konserwację elewacji budynku: analizę spękań; czyszczenie; odsalanie; uzupełnienie fug i ubytków w cegłach i spoinach, wymianę wtórnych krat w oknach przyziemia na repliki zachowanych krat oryginalnych.

INSTALACJA WENTYLACYJNA

→ Obecna wentylacja grawitacyjna jest niewystarczająca. Konieczna jest inwentaryzacja kanałów wentylacyjnych oraz badanie/poprawa ich drożności i wydajności.

→ Rozwiązaniem zalecanym ze względu na potrzebę zwiększenia wymiany powietrza w budynku o funkcji edukacyjnej i możliwe duże oszczędności energii końcowej, jest wprowadzenie systemu wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła – np. system kaskadowy wykorzystujący istniejące kanały wentylacyjne i nieużywane dymowe (nawiew w salach dydaktycznych – wyciąg w korytarzach i pomieszczeniach sanitarnych).

→ Warunkiem koniecznym dla zapewnienia właściwego przepływu powietrza jest stałe otwarcie naświetli między salami dydaktycznymi i korytarzami albo montaż tam wentylatorów.

→ Centrala rekuperacyjna byłaby umieszczona na poddaszu, w części nieadaptowanej na pomieszczenia dydaktyczne.

STOLARKA OKIENNA I DRZWIOWA

Sposób renowacji stolarki uzależniony będzie od typu wentylacji budynku:

→ przy pozostawieniu wentylacji grawitacyjnej – szczelne okna w pomieszczeniach z zawilgoceniami należy doposażyć w nawiewniki,

→ przy zastosowaniu wentylacji mechanicznej – niezbędne uszczelnienie wszystkich okien i drzwi oraz ich osadzenia z murze.

W oknach witrażowych – rozważyć dodatkowe wewnętrzne szklenie o funkcji osłony termicznej.

W pomieszczeniach adaptowanych na strychu – docieplenie okien przez dodanie skrzydeł wewnętrznych z pakietem dwu/trzyszybowym.

DACH I PODDASZE

→ Zaleca się remont dachu z przełożeniem pokrycia, wyprowadzeniem kominów ponad połać dachu, wymianą i naprawą obróbek blacharskich, zastosowaniem płotków śniegowych oraz siatek i koszy na liście.

→ Przy adaptacji części poddasza na pomieszczenia dydaktyczne – docieplenie połaci dachowych, ścian zewnętrznych i wewnętrznych od strony nieogrzewanych przestrzeni poddasza (il. 66).

W pozostałej części poddasza:

→ ocieplenie całej podłogi oraz stropu i ścian auli (il. 67),

→ renowacja podłogi z desek – w maksymalnym stopniu wykorzystać materiał oryginalny.

Do wszystkich ociepleń użyć wełny celulozowej ze względu na znikomy ślad węglowy, korzystne parametry i niskie koszty.

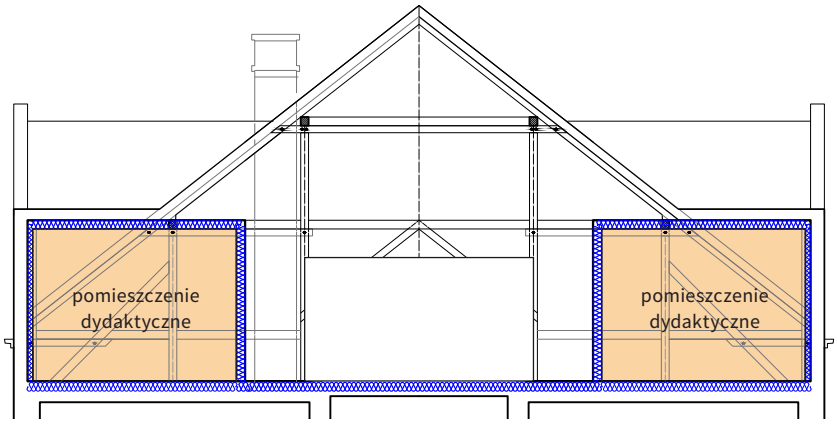
WNĘTRZA

Dostosowanie obiektu do potrzeb osób z niepełnosprawością ruchową:

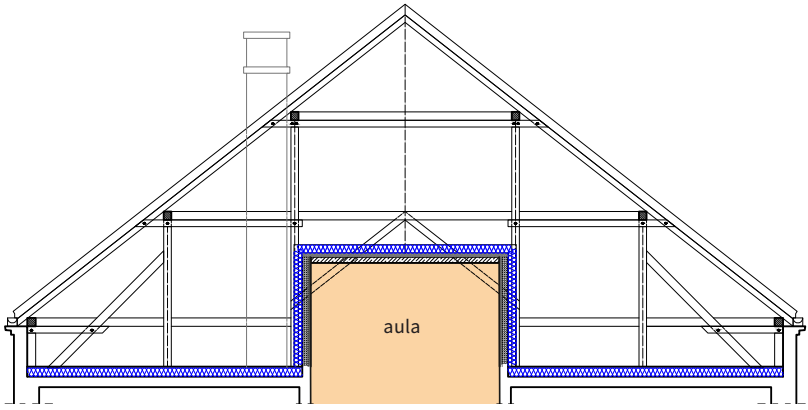
→ instalacja windy w szybie wydzielonym z klas przyległych do klatki schodowej,

→ instalacja windy schodowej (platformy) między bocznym wejściem a poziomem parteru,

→ dostosowanie toalet.



Il. 66. Przekrój poprzeczny przez poddasze: zaznaczono sposób ocieplenia pomieszczeń adaptowanych na sale dydaktyczne. Rys. Agata Zapart.



Il. 67. Przekrój poprzeczny przez poddasze: zaznaczono sposób docieplenia podłogi i obudowy auli. Rys. Agata Zapart.

INSTALACJA GRZEWCZA

→ Potrzebna modernizacja systemu grzewczego z przebudową węzła cieplnego; zalecane uzupełnienie systemu o pompę ciepła powietrze-woda – jednostka zewnętrzna do zlokalizowania w przestrzeni ogrodu.

→ Po zainstalowaniu pompy ciepła, węzeł MPEC wykorzystywany byłby tylko przy bardzo niskich temperaturach zewnętrznych.

Ponadto zaleca się:

→ modernizację grzejników na niższy parametr, z automatycznymi głowicami sterowanymi zdalnie; zastosowanie algorytmu obniżania temperatury w pomieszczeniach aktualnie nieużywanych, w nocy i dni wolne,

→ osobne opomiarowanie i sterowanie systemem grzewczym sal gimnastycznych,

→ doprowadzenie ogrzewania do adaptowanych pomieszczeń poddasza.

INSTALACJA WODNA

→ Zaleca się wyposażenie kranów w perlatory, a przy wymianie baterii zastosowanie systemu bezdotykowego.

→ Przy modernizacji instalacji wodnej – wydzielenie instalacji do spłukiwania toalet i zasilenie jej wodą deszczową ze zbiornika podziemnego zlokalizowanego po zachodniej stronie budynku.

INSTALACJA ELEKTRYCZNA

→ Inwentaryzacja opraw oświetleniowych, wymiana świetlówek na LED, zastosowanie systemu automatycznego sterowania.

7.5. Budynek mieszkalny wielorodzinny wzniesiony w latach 1891–92

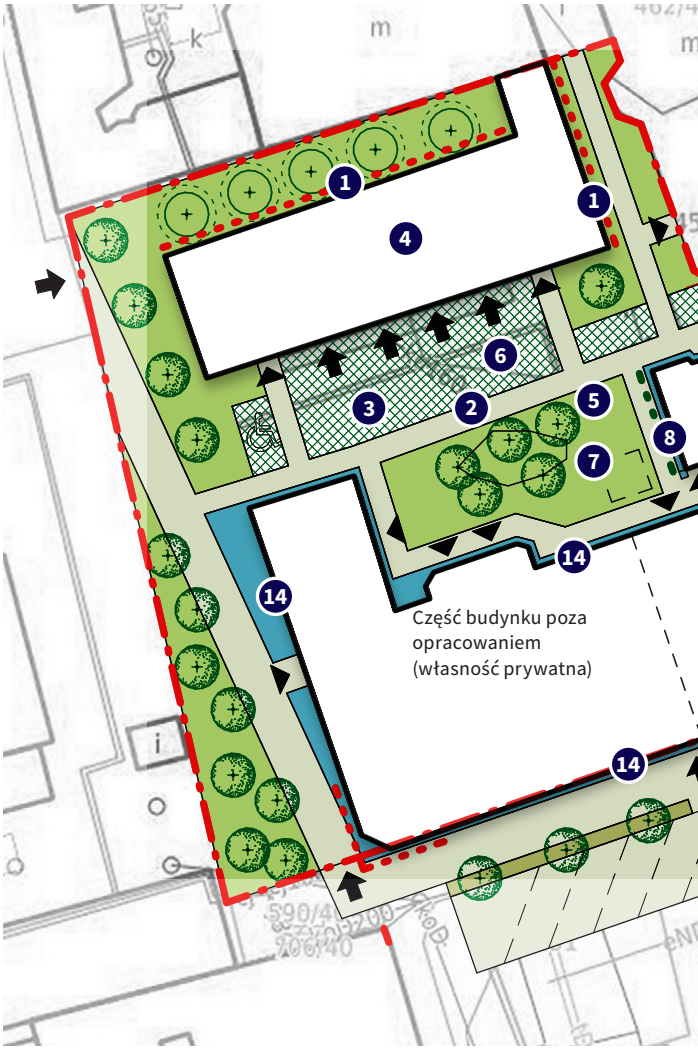
ul. Grunwaldzka 22, Mysłowice

WPISANY DO REJESTRU ZABYTKÓW

ZARZĄDCA	Miejski Zarząd Gospodarki Komunalnej w Mysłowicach
OPRACOWANIE	Tomasz Jeleński, Ewelina Pękała
AUTORZY KONCEPCJI	Katarzyna Buda, Krystian Kopka, Ewa Krzysztoń, Dobrawa Skonieczna-Gawlik, Natalia Szablowska

ZAGOSPODAROWANIE TERENU

1. Bliskość zbudowy sąsiedniej, konieczna ekspertyza zapezpieczenia ppoż.
2. Utrzymanie i utwardzenie istniejącego przejścia pieszego, co podniesie jakość przestrzeni półprywatnej, oraz będzie w zgodzie z potrzebami mieszkańców.
3. Ograniczenie możliwości wjazdu samochodów na podwórze, z zachowaniem pojedynczych miejsc parkingowych dla osób z niepełnosprawnościami.
4. Zachowanie budynku „wozowni" wprowadzenie tam funkcji usługowej.
   → Wykorzystanie potencjału miejsca bez zwiększania śladu węglowego.

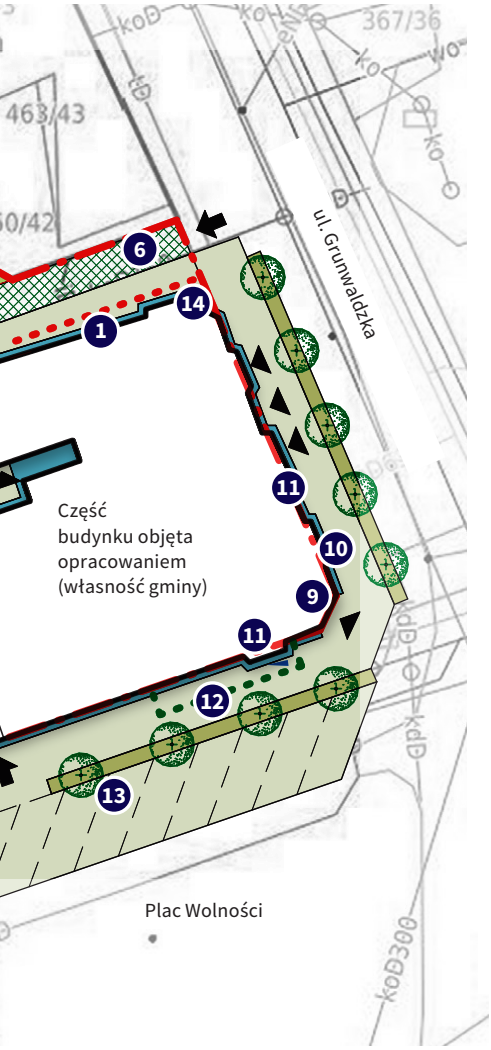


Bilans terenu – stan istniejący:

→ pow. zabudowy	52%
→ pow. utwardzona	6%
→ pow. nieutwardzona	42%
→ pow. zieleni urządzonej	0%

Bilans terenu – stan projektowany:

→ pow. zabudowy	52%
→ pow. utwardzona	14%
→ pow. półprzepuszczalna	8%
→ pow. zieleni urządzonej	26%



5. Zwiększenie powierzchni terenów rekreacji i zieleni, wprowadzenie ogrodów deszczowych:
   - → mikroretencja, odciążenie kanalizacji ogólnospławnej,
   - → ewapotranspiracja – ochrona przed wyspą ciepła i zawilgoceniem budynków,
   - → poprawa jakości powietrza,
   - → funkcje społeczne.
6. Nawierzchnia półprzepuszczalna na powierzchniach jezdnych dziedzińca,
   - → mikroretencja, odciążenie kanalizacji ogólnospławnej.
7. Naprawa rur spustowych; odprowadzenie wody opadowej z dachu do zbiornika bezodpływowego z przelewem do ogrodu deszczowego.
8. Zazielenienie ślepej ściany (pnącza) zzachowaniem oryginalnej tektoniki elewacji,
   - → ochrona budynku przed zawilgoceniem,
   - → poprawa jakości powietrza.
9. Przywrócenie pierwotnej funkcji gastronomicznej w narożnym lokalu na parterze,
   - → wykorzystanie potencjału lokalizacji.
10. Budowa pochylni,
    - → zapewnienie dostępności dla osób z niepełnosprawnościami.
11. Podłączenie rur spustowych do kanalizacji,
    - → ochrona przed zawilgoceniem budynku.
12. Przywrócenie przedogródka dla potrzeb restauracji.
13. Odtworzenie oryginalnych nasadzeń zieleni miejskiej – drzew formowanych (głóg, akacja robinia umbrella),
    - → ochrona przed przegrzaniem, poprawa jakości środowiska.
14. Zielona opaska wokół budynku, usunięcie kostki betonowej, wprowadzenie ogródków fasadowych,
    - → ochrona przed zawilgoceniem cokołu i piwnic,
    - → odciążenie kanalizacji ogólnospławnej,
    - → poprawienie estetyki.

Il. 68. Propozycje zagospodarowania terenu. Rys. Natalia Szablowska na podstawie opracowania autorów koncepcji. Źródło mapy: Miejski Zarząd Gospodarki Komunalnej w Mysłowicach.

Budynek mieszkalny wielorodzinny

ul. Grunwaldzka 22, Mysłowice

KONCEPCJA ARCHITEKTONICZNO-BUDOWLANA

Il. 69. Rozwinięcie elewacji południowej i wschodniej – szkic arch. E. Knauta. Akta Policji Budowlanej w Mysłowicach 1891–1902, Archiwum Miasta Mysłowice.

PIWNICE

→ Przywrócenie użytkowania pomieszczeń piwnicznych – proponowana funkcja usługowa (np. winiarnia, browar restauracyjny).

→ Z uwagi na panujący mikroklimat i pierwotny charakter pomieszczeń, możliwe częściowe przywrócenie funkcji przechowawczej (np. magazyn win). W tym celu należy udrożnić i zabezpieczyć istniejące zsypy.

ELEWACJE

→ Przywrócenie historycznego wyglądu fasad: czyszczenie oraz uzupełnienie powierzchni ceglanych, odrestaurowanie sztukaterii, uzupełnienie detalu, usunięcie wtórnych przemalowań i przywrócenie oryginalnej kolorystyki obiektu zgodnie z przeprowadzonymi badaniami (na podstawie oryginalnego projektu, badań stratygraficznych i programu prac konserwatorskich).

STOLARKA/ŚLUSARKA OKIENNA I DRZWIOWA

→ Zaleca się przywrócenie historycznego wyglądu stolarki okiennej i drzwiowej (zewnętrznej).

→ Do rozważenia montaż szkleń typu Quantum Glass (ogniwa fotowoltaiczne o wysokiej transparentności i izolacyjności cieplnej).

DACH

→ Po wykonaniu szczegółowej analizy nośności konstrukcji dachu należy rozważyć wymianę lub wzmocnienie więźby dachowej wraz z poszyciem i pokryciem połaci od strony podwórza, z uwzględnieniem potrzeby docieplenia i możliwości montażu paneli fotowoltaicznych na niewidocznych połaciach.

STRYCH / PODDASZE

→ Strych i poddasze o funkcji mieszkalnej – potrzebny remont i docieplenie.

WENTYLACJA

→ Należy wykonać analizę efektywności różnych typów wentylacji. Ze względu na zawilgocenie budynku, zaleca się zastąpienie wentylacji grawitacyjnej mechaniczną z odzyskiem ciepła. Do przeprowadzenia przewodów wentylacyjnych można wykorzystać m.in. nieużywane kanały dymowe oraz pion pomieszczeń pomocniczych przy spocznikach klatki schodowej.

OGRZEWANIE

→ Planowane ogrzewanie tylko z sieci ciepłowniczej wraz z odrębnym opomiarowaniem dla każdego lokalu.

OZE

→ Do rozważenia możliwość wprowadzenia paneli fotowoltaicznych (na niewidocznych, wypłaszczonych połaciach dachu) lub przeszkleń w technologii Q Glass, jw.

EFEKTYWNOŚĆ ENERGETYCZNA

→ Po podłączeniu wszystkich lokali do sieci ciepłowniczej, renowacji lub modernizacji stolarki okiennej i drzwiowej, docieplenie dachu, montażu paneli fotowoltaicznych i zmianie wentylacji grawitacyjnej na mechaniczną, szacowane oszczędności zużycia energii wyniosą co najmniej 30%.

7.6. Przedszkole Vjeverica
wzniesione w 1975 r.

ul. Ksaverska cesta 14, Zagrzeb, Chorwacja

WPISANE DO GMINNEJ EWIDENCJI ZABYTKÓW

ZARZĄDCA	Zakład Gospodarki Mieszkaniowej
OPRACOWANIE	Tomasz Jeleński, Hrvoje Bartulović, Agnieszka Czachowska
AUTORZY KONCEPCJI	Hrvoje Bartulović, Kristina Spigl Uhrl, Marko Premec, Mirna Sabljak, Jasmina Smokvina

ZAGOSPODAROWANIE TERENU

- Budynek, usytuowany pod wzgórzem Medvednica, składa się z segmentów ułożonych odpowiednio do nachylenia terenu i jest osłonięty od dominujących wiatrów.
- Miejsca parkingowe, zlokalizowane na południowy zachód od budynku, przy wejściu głównym, są dobrze wkomponowane w otaczającą zieleń.
- Podjazd od północy zapewnia właściwą obsługę zaopatrzenia, ewakuacji i drogę pożarową.
- Budynek jest przystosowany do potrzeb osób z niepełnosprawnością ruchową.
- Architektura jest zintegrowana z kompozycją krajobrazu; tereny zieleni są bezpośrednio dostępne z zabudowań. Plac zabaw jest zacieniony otaczającym drzewostanem.
- Nawierzchnie utwardzone są wyeksploatowane i wymagają wymiany.
- W odniesieniu do proponowanych poniżej rozwiązań modernizacyjnych, instalacja pompy ciepła nie zaburzyłaby walorów krajobrazowych obiektu, a trawnik można byłoby przywrócić do stanu wyjściowego.
- Zastosowanie ogniw fotowoltaicznych nie powodowałoby znaczącej zmiany w krajobrazie.

Il. 70. Zdjęcie lotnicze działki, na której zlokalizowane jest przedszkole. Źródło mapy: ZGGEOPORTAL, System Informacji Przestrzennej Miasta Zagrzebia. Wydział Urzędu Miasta ds. Gospodarki, Zrównoważonego Środowiska i Planowania Strategicznego.

KONCEPCJA ARCHITEKTONICZNO-BUDOWLANA

→ Stan techniczny budynku jest dość dobry, bez wilgoci, pleśni i innych uszkodzeń.

→ Do renowacji należy podchodzić z maksymalnym poszanowaniem oryginalnego projektu architektonicznego, jego poszczególnych elementów i całości, działając w porozumieniu z urzędem konserwatora zabytków i właścicielem architektonicznych praw autorskich.

→ Główne problemy obiektu to straty energii przez wentylację, niedostateczna izolacja termiczna oraz stan stolarki drewnianej.

ODPORNOŚĆ SEJSMICZNA

→ Budynek nie ma większych widocznych uszkodzeń spowodowanych niedawnymi trzęsieniami ziemi. Konieczne jest zbadanie stanu stalowych słupów i ich połączeń z płytami żelbetowymi, konstrukcją dachu i dylatacji, jeśli takie istnieją. Słupy mają wysoką wartość architektoniczną i wymagają szczególnej ochrony. Wszelkie działania naprawcze zależą od wyników badania.

ODPORNOŚC OGNIOWA

→ Nie zaobserwowano podziału budynku na strefy pożarowe, dlatego proponuje się co najmniej wydzielenie strefy pomieszczeń technicznych i pomocniczych, która obejmie m.in. kotłownię i kuchnię.

→ Również w części dydaktycznej przedszkola należy rozważyć możliwość wprowadzenia podziału na strefy.

→ Konieczne jest zbadanie stanu słupów stalowych i pokrycie ich powłokami zapewniającymi odporność ogniową REI 90.

→ Zaleca się wdrożenie systemu sygnalizacji pożarowej jako ustalonego już standardu dla budynków użyteczności publicznej. Należy też rozważyć wykonanie zewnętrznej i wewnętrznej sieci hydrantowej.

→ Wizja lokalna zapewniła pełny wgląd w zachodnią część budynku (w większości pozbawioną otworów w elewacji) i drogi pożarowe tam zlokalizowane. Należy zbadać pod tym względem sytuację od strony wschodniej i usunąć ewentualne przeszkody.

Fot. Boris Magaš

Il. 71. Przedszkole Vjeverica w parku Mihaljevac w Zagrzebiu, zaprojektowane przez architekta Borisa Magaša w latach 1973–1975.

ŚCIANY ZEWNĘTRZNE

→ Konieczne jest sprawdzenie stanu elementów żelbetowych w miejscach, gdzie zostały otynkowane. Po naprawieniu ewentualnych uszkodzeń należy przeanalizować dopuszczalną grubość tynku ciepłochronnego, uwzględniając detale połączeń.

→ Przy nakładaniu tynku ciepłochronnego konieczne jest zachowanie lub odnowienie dekoracyjnej faktury – wzoru pionowych bruzd.

→ W przypadku braku możliwości zastosowania termoizolacyjnego tynku należy rozważyć możliwość zastosowania nowych technologii, takich jak nano-powłoki ciepłochronne, wybierając produkty certyfikowane i spełniające wszelkie wymogi prawne dla obiektów tego typu.

STOLARKA OKIENNA I DRZWIOWA

→ Stan stolarki wymaga szczegółowego zbadania. Skrzydła i okucia należy w miarę możliwości naprawić albo zmodernizować, unikając zbędnego demontażu istniejących ościeżnic osadzonych w konstrukcji żelbetowej, oraz uzupełnić o sterowanie automatyczne. Drewno laminowane powinno być traktowane jako materiał pierwszego wyboru przy rekonstrukcji uszkodzonych skrzydeł.

→ Należy odnowić elementy zacieniające okna oraz rozważyć możliwość automatycznego sterowania nimi, zarządzanego przez System Monitoringu i Sterowania (SMS) budynku, opisany poniżej.

DACH

→ Dach wymaga izolacji termicznej. Decyzja o lokalizacji ocieplenia, nad lub pod płytą żelbetową, zależeć będzie od analizy detali architektonicznych i ciesielskich. Preferowane są materiały przyjazne dla środowiska; należy wziąć pod uwagę parametry cieplno-wilgotnościowe, ognioodporność, podział budynku na strefy pożarowe i klasy odporności ogniowej materiałów. Sugeruje się stosowanie próżniowych paneli izolacyjnych, które przy niewielkiej grubości mogą umożliwić uzyskanie pożądanej charakterystyki energetycznej, w minimalnym stopniu wpływając na wygląd budynku, w tym zachowanie detali architektonicznych.

→ Dużym problemem jest brak okapników na odsłoniętych częściach elementów betonowych; konieczne jest ich zainstalowanie, aby zapobiegały degradacji i nalotom grzybów i alg.

→ Nie ma możliwości wykonania zielonego dachu na całym budynku. Sekwencja trójkątnych połaci dachowych to kluczowy element architektoniczny, który dzięki oryginalnemu materiałowi pokrycia kontrastuje z otaczającym krajobrazem.

→ Jest kilka niewielkich części budynku z płaskimi dachami, które ewentualnie można by pokryć zielenią.

ZARZĄDZANIE WODĄ DESZCZOWĄ

→ Istniejący system odwadniający rozsącza wodę deszczową z dachu w przyległym ogrodzie. Konieczne jest zbadanie drożności tego systemu i wydajności drenażu. Jeśli jest on niewystarczający, należy skorygować jego wymiary, ale w duchu oryginalnego projektu.

→ Przy samym budynku konieczne jest zbadanie drożności odwodnienia oraz hydro- i termoizolacji ścian fundamentowych oraz ewentualna naprawa albo wymiana izolacji.

→ Odwodnienie można zmodernizować tak, aby umożliwiało gromadzenie wody deszczowej w zbiorniku podziemnym. Ze względu na duże powierzchnie dachów zbieraną wodę można wykorzystać na potrzeby sanitarne budynku i nawadnianie ogrodu.

SYSTEM MONITORINGU I STEROWANIA

→ Proponuje się zastosowanie Centralnego Systemu Monitoringu i Sterowania (CSMS), zarządzającego ogrzewaniem, chłodzeniem i wentylacją. System połączony z czujnikami temperatury, wilgotności i jakości powietrza podniósłby komfort i zapewnił optymalne wykorzystanie energii w systemie HVAC.

→ Cały system oświetleniowy jest już wyposażony w lampy LED; możliwa jest jego dalsza modernizacja również poprzez integrację z CSMS.

WENTYLACJA

→ Zaleca się wykorzystanie istniejących otworów: okien, świetlików, kopuł dachowych itp. do naturalnej wentylacji i chłodzenia w letnie noce.

→ Zainstalowanie czujników temperatury, wilgotności i jakości powietrza lub podłączenie do CSMS umożliwiłoby automatyczną kontrolę i zdalne sterowanie wentylacją przez okna (np. VELUX ACTIVE z systemem wentylacji opartym na inteligentnych czujnikach NETATMO).

→ W okresie grzewczym wentylację powinna zapewniać wentylacja mechaniczna z odzyskiem ciepła. W budynku są pomieszczenia techniczne z systemem HVAC, w których można umieścić rekuperator.

→ Konieczne jest zharmonizowanie wentylacji mechanicznej z innymi wymaganiami m.in. bezpieczeństwa pożarowego i akustyki oraz właściwe zwymiarowane kanałów wentylacyjnych.

OGRZEWANIE I KLIMTYZACJA

→ Po poprawieniu izolacyjności termicznej dachów, ścian i podłóg potrzebne jest znalezienie optymalnego rozwiązania dla systemów HVAC, zapewniającego samowystarczalność energetyczną, aby budynek był wentylowany i ogrzewany bez konieczności korzystania z zewnętrznego źródła energii pierwotnej (EP).

→ Zamiast istniejącego systemu ogrzewania pomieszczeń grzejnikami proponuje się realizację ogrzewania i chłodzenia za pomocą klimakonwektorów. Podział budynku na strefy umożliwiłby automatyczną regulację temperatur przez CSMS, przynosząc dodatkowe oszczędności dzięki możliwości programowania temperatur w poszczególnych strefach niezależnie (np. 14°C gdy strefa nie jest użytkowana, 22°C gdy w strefie są dzieci).

→ Konieczne jest zbadanie czy instalacja geotermalnej pompy ciepła z poziomą pętlą kolektora lub pionowymi odwiertami byłaby możliwa i która z nich byłaby w tym miejscu bardziej wydajna. Niektóre pompy mogą działać w trybie chłodzenia pasywnego, wykorzystując temperaturę wód gruntowych. Nie uruchamiają sprężarki w okresach niskiego obciążenia, aby zapewnić dodatkowe oszczędności energii.

→ W 2017 r. zmodernizowano system CWU w kuchni, wprowadzając kolektory słoneczne. Proponuje się jego połączenie z CSMS.

→ Pompy ciepła muszą być zwymiarowane tak, aby w połączeniu z instalacją kolektorową zapewnić optymalną ilość ciepłej wody.

OZE

→ Dzięki pompie ciepła budynek pozyskiwałby energię z otoczenia na pokrycie większości swojego zapotrzebowania na energię cieplną, co znacznie zmniejszyłoby zużycie energii końcowej (EK).

→ Konieczne jest również zbadanie możliwości wykorzystania ogniw fotowoltaicznych do zasilania pompy ciepła i rekuperatora. Ogniwa mogą być instalowane np. na częściach dachu, które nadają się do instalacji zintegrowanej z pokryciem dachu (w porozumieniu z właścicielem praw autorskich do architektury i urzędem ochrony zabytków).

Spis ilustracji

1. Globalna Emisja CO_2 w podziale na sektory.

2. Fazy cyklu życia budynku.

3. Ślad węglowy niektórych materiałów izolacyjnych. Ilustracja pochodzi z: *Architecture2030, Why the building sector?* https://architecture2030.org/buildings_problem_why/ (sierpień 2021). Źródło danych: *Builders for Climate Action – 2019 White Paper Low-Rise Buildings as a Climate Change Solution*.

4. Pałac Augusta Abegga w Elblągu – biuro Nadleśnictwa Elbląg. Fot. Jan Piotrowski.

5. Zamek w Zaboku, Chorwacja. Fot. u góry po lewej i prawej IMage Produkcija, fot. u dołu Tomasz Jeleński.

6. Pałac Tiele-Wincklerów w Bytomiu-Miechowicach. Fot. po lewej CC Ewa Waryś, fot. po prawej © Jan – stock.adobe.com.

7. Źródła zawilgocenia piwnic i przyziemia.

8. Fundamenty kościoła – błędy przy izolowaniu. Fot. Bogumiła J. Rouba.

9. Wadliwe ukształtowanie terenu – przykład. Fot. Bogumiła J. Rouba.

10. Destrukcyjny efekt rozbryzgu wody deszczowej na cokół budynku – przykład. Fot. Bogumiła J. Rouba.

11. Ogródki fasadowe przy historycznych budynkach. Fot. po lewej © LOGORYTM – stock.adobe.com, fot. po prawej © Frans – stock.adobe.com.

12. Wieżowiec Viticia w Zagrzebiu (1957–1960). Fot. Ana Šenhold, Croatia Green Building Council.

13. Rekonstrukcja historycznej elewacji przy użyciu profili polistyrenowych. Fot Jacek Przetakiewicz, www.styro.pl.

14. Docieplenie budynku drewnianego otwarte dyfuzyjnie. Ilustracja pochodzi z: www.ubakus.de.

15. Przekrój poprzeczny projektu adaptacji dziewiętnastowiecznego budynku w Olsztynie, z widocznym ociepleniem od wewnątrz. Projekt: © Dżus GK Architekci.

16. Adaptacja powojskowego budynku w Olsztynie. Fot. po prawej Jakub Obarek, fot. po lewej Dżus GK Architekci.

17. Budynek Muzeum Narodowego we Wrocławiu. Fot. po lewej © promesaartstudiostock.adobe.com, fot. po prawej © makasana photo – stock.adobe.com.

18. Zrekonstruowane okno Pałacu Saskiego w Kutnie. Fot. Anna Zaręba.

19. Różne typy rozwiązań regulujących nasłonecznienie. Ilustracja pochodzi z: Troi Alexandra, Bastian Zeno (red.), *Energy Efficiency Solutions for Historic Buildings: A Handbook*, Birkhäuser, Basel 2015, 150. Autor rysunków © Passive House Institute.

20. Zmiana pola temperatury 2D w miejscu połączenia stropu Kleina ze ścianą zewnętrzną w wyniku jednostronnego docieplenia ściany.

21. Wpływ docieplenia wewnętrznego ścian na zmianę temperatury minimalnej na powierzchni wewnętrznej węzła naroże-strop.

22. Wpływ docieplenia wewnętrznego ścian na zmianę temperatury minimalnej na powierzchni wewnętrznej węgła ostrokątnego.

23. Izolowanie mostka termicznego w narożu stropu i ściany zewnętrznej.

24. Zmiana pola temperatury spowodowana uruchomieniem systemu przeciwkondensacyjnego.

25. Efekt dogrzewania docieplonego węzła systemem przeciwkondensacyjnym (analiza 3D).

26. Stropodach odpowietrzany na podłożu betonowym – przekrój pionowy.

27. Stropodach wentylowany kanalikowy – przekrój pionowy.

28. Przykład zastosowania materiałów ociepleniowych otwartych dyfuzyjnie. Ilustracja pochodzi z: www.ubakus.de.

29. Przykład docieplenia dachu wcześniej izolowanego. Ilustracja pochodzi z: www.ubakus.de.

30. Pałac w Rzuchowie. Fot. Ewa Mackiewicz.

31. Charakterystyka pokryć dachowych pod kątem oddziaływania procesu produkcji na klimat. Ilustracja opracowana przez CINARK – Centre for Industrialised Architecture, The Royal Danish Academy – Architecture, Design, Conservation, pochodzi ze strony interaktywnej www.materialepyramiden.dk/#

32. Zasada wentylacji kaskadowej: nawiew tylko w sypialniach. Ilustracja pochodzi z: Troi Alexandra, Bastian Zeno (red.), *Energy Efficiency Solutions for Historic Buildings: A Handbook*, Birkhäuser, Basel 2015, 159.

33. System aktywnego przepływu – schemat. Rysunek pochodzi z: Troi Alexandra, Bastian Zeno (red.), *Energy Efficiency Solutions for Historic Buildings: A Handbook*, Birkhäuser, Basel 2015, 160.

34. Przykład rekuperatora decentralnego zamontowanego w warstwie izolacji zewnętrznej. Ilustracja: ©Alnor.

35. Podwórko przy ul. Pończoszników, Główne Miasto, Gdańsk. Fot. Natalia Szablowska.

36. Podwórko przy ul. Władysława IV 11a, Nowy Port, Gdańsk. Fot. Marcin Surowiec.

37. Podwórko przy ul. Gliwickiej 97, Katowice. Fot. Joanna Janiak.

38. Grupa robocza w trakcie wizji lokalnej w I LO w Olsztynie. Fot. Tomasz Jeleński.

39. Willa w Bielsku-Białej. Fot. Ewelina Pękała, Fundacja Sendzimira.

40. Budynek mieszkalny wielorodzinny w Bielsku-Białej. Fot. Agnieszka Czachowska.

41. Budynek mieszkalno-usługowy w Bielsku-Białej. Fot. Tomasz Jeleński.

42. Budynek mieszkalno-usługowy w Koprivincy. Fot. Ana Šenhold, Croatia Green Building Council.

43. Synagoga w Koprivnicy. Fot. Ana Šenhold, Croatia Green Building Council.

44. Budynek mieszkalno-usługowy w Koprivnicy. Fot. Ana Šenhold, Croatia Green Building Council.

45. Budynek Urzędu Miasta Mysłowice. Fot. Ewelina Pękała, Fundacja Sendzimira.

46. Hala sportowa w Mysłowicach. Fot. Agnieszka Czachowska, Fundacja Sendzimira.

47. Budynek mieszkalny wielorodzinny w Mysłowicach. Fot. Krystian Kopka.

48. Budynek byłej wartowni w zespole koszar kawalerii w Olsztynie. Fot. Ewelina Pękała, Fundacja Sendzimira.

49. I Liceum Ogólnokształcące w Olsztynie. Fot. Tomasz Jeleński.

50. Willa C. Hermenau w Olsztynie. Fot. Celina Łozowska.

51. Budynek Towarzystwa Filodrammatica w Rijece. Fot. Ana Šenhold, Croatia Green Building Council.

52. Budynek administracyjny w Rijece. Fot. Jana Kačar.

53. Chorwacki Dom Kultury w Rijece. Fot. Dean Miculinić.

54. Gvozdanović Palace w Zagrzebiu. Fot. Aleksandar Jelovac, Croatia Green Building Council.

55. Budynek administracyjny w Zagrzebiu. Fot. Aleksandar Jelovac, Croatia Green Building Council.

56. Przedszkole Vjeverica w Zagrzebiu. Fot. Ana Šenhold, Croatia Green Building Council.

57. Propozycje zagospodarowania terenu. Rys. Tomasz Jeleński na podstawie koncepcji warsztatowej.

58. Elewacja północno-zachodnia – propozycje działań rewaloryzacyjnych naniesione na stan obecny. Rysunek pochodzi z *Projektu przebudowy, remontu oraz termomodernizacji budynku mieszkalno-usługowego wraz z infrastrukturą towarzyszącą oraz wyburzaniem budynków innych* autorstwa Pracowni Projektowej ARCHIDOM Bernard Łopacz. Rys. Magdalena Zawojska.

59. Elewacja północno-zachodnia – propozycje działań rewaloryzacyjnych naniesione na archiwalny projekt kamienicy autorstwa arch. Carla Korna. Ilustracja pochodzi z Archiwum Miejskiego Konserwatora Zabytków w Bielsku-Białej.

60. Propozycje zagospodarowania terenu. Rys. Natalia Hasso-Agopsowicz na podstawie opracowania warsztatowego. Źródło mapy: WebEWID – Miasto Olsztyn, katalog e-usług publicznych Wydziału Geodezji i Gospodarki Nieruchomościami Urzędu Miasta Olsztyna.

61. Koncepcja adaptacji – rzut parteru. Autorzy: Jakub Gołębiewski, Natalia Hasso-Agopsowicz. Rys. Jakub Gołębiewski.

62. Proponowana rekonstrukcja elewacji. Przy wejściu należy uwzględnić pochylnię dla wózków. Rys. Jakub Gołębiewski.

63. Rekonstrukcyjna wizualizacja budynku – widok od strony północno-wschodniej. Rys. Jakub Gołębiewski.

64. Rekonstrukcyjna wizualizacja budynku – widok od strony zachodniej. Rys. Jakub Gołębiewski.

65. Propozycje zagospodarowania terenu. Rys. Agata Zapart na podstawie opracowania autorów koncepcji. Źródło mapy: MSIPMO, Miejski System Informacji Przestrzennej Miasta Olsztyna.

66. Przekrój poprzeczny przez poddasze: zaznaczono sposób ocieplenia pomieszczeń adaptowanych na sale dydaktyczne. Rys. Agata Zapart.

67. Przekrój poprzeczny przez poddasze: zaznaczono sposób docieplenia podłogi i obudowy auli. Rys. Agata Zapart.

68. Propozycje zagospodarowania terenu. Rys. Natalia Szablowska na podstawie opracowania autorów koncepcji. Źródło mapy: Miejski Zarząd Gospodarki Komunalnej w Mysłowicach.

69. Rozwinięcie elewacji południowej i wschodniej – szkic arch. E. Knauta. Akta Policji Budowlanej w Mysłowicach 1891–1902, Archiwum Miasta Mysłowice.

70. Zdjęcie lotnicze działki, na której zlokalizowane jest przedszkole. Źródło mapy: ZGGEOPORTAL, System Informacji Przestrzennej Miasta Zagrzebia. Wydział Urzędu Miasta ds. Gospodarki, Zrównoważonego Środowiska i Planowania Strategicznego.

71. Przedszkole Vjeverica w parku Mihaljevac w Zagrzebiu, zaprojektowane przez architekta Borisa Magaša w latach 1973-1975. Fot. Boris Magaš. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mihaljevac-Vjeverica-kindergarten-Boris-Magas.jpg.