

Ocena jakości wykonania dotychczasowych termomodernizacji i próba klasyfikacji charakterystycznych problemów za pomocą dwupoziomowej termografii

Anna Ostańska

<https://orcid.org/0000-0002-1789-4288>

a.ostanska@pollub.pl

*Katedra Architektury, Urbanistyki i Planowania Przestrzennego,
Wydział Budownictwa i Architektury, Politechnika Lubelska*

Streszczenie: W badaniach zastosowano termografię dwuetapową. Oznacza to, że termogramy w pierwszym etapie badań termograficznych wykonano z wykorzystaniem transportu lotniczego (oblot osiedla helikopterem). Następnie, po wytypowaniu nieszczelnych termicznie budynków, w drugim etapie badań termograficznych dokonano obserwacji z poziomu terenu (obchód i oględziny elementów budynków wytypowanych w pierwszym etapie).

Celem badań w podczerwieni, sukcesywnie prowadzonych od 2006 do 2020 roku, była bieżąca ocena jakości izolacji termicznej budynków wielorodzinnych metodą nieniszczącą oraz próba określenia niezbędnych zaleceń naprawczych, których celem jest wyeliminowanie pozostałych lub nowo powstałych nieszczelności termicznych w powłoce budynku oraz zrównoważona eksploatacja budynku wielorodzinnego.

W artykule przedstawiono wyniki badań termograficznych oraz zaproponowano trzy sposoby analizy (wstępną, jakości i statystyczną).

Słowa kluczowe: zrównoważona eksploatacja budynków wielorodzinnych, termomodernizacja, oszczędzanie energii, opinia użytkowników

Wstęp

Budynki wielorodzinne, wykonane w technologii wielkopłytywowej, z elementów prefabrykowanych¹, już od końca lat 90. XX. wieku przechodziły, w całej Polsce, wiele różnych etapów termomodernizacji [1].

Na podstawie ogólnej oceny dotychczasowych dociepleń stwierdzono, że w kraju nie przywiązywano znaczącej uwagi do skutecznej likwidacji nieszczelności termicznych. Ponadto, wybrane do badań osiedla i budynki nie były poddawane systemowemu programowaniu działań naprawczych.

Do opracowania nieniszczącej metody oceny „skorupy”, wielokrotnie ocieplonych budynków wielorodzinnych, wykorzystano badania dwupoziomowej termografii. Oznacza to, że termogramy w pierwszym etapie badań wykonano z wykorzystaniem transportu lotniczego (oblot osiedla śmigłowcem). Następnie, po wytypowaniu nieszczelnych termicznie obiektów, w drugim etapie badań wykonywano obserwacje poszczególnych elementów budynków z poziomu terenu (obchód i kontrola elementów wytypowanych w pierwszym etapie budynków).

Analiza diagnostyczna zestawienia przykładów termogramów zrealizowana została za pomocą nieniszczącej techniki obserwacji obrazu w podczerwieni. Zaproponowana wstępna analiza termogramów (tabela 1)

¹ Budynki prefabrykowane – o konstrukcji prefabrykowanej ścian i stropów, tj. systemy wielkopłytywowe i wielkoblokowe ze ścianami wykonanymi w zakładzie prefabrykacji (np. w regionie lubelskim Scalone Elementy Gazobetonowe, zwane dalej SEG).

obrazująca typowe problemy utraty ciepła z budynku oraz szczegółowa analiza jakości (tabela 2) i statystyczna (tabela 3) umożliwiły skuteczną inwentaryzację błędów, polegających na wytypowaniu aktualnych nieszczelności i ich analizę. Dzięki temu możliwe będzie precyzyjne wytypowanie dalszych niezbędnych działań naprawczych.

Ze względu na złożoną istotę problemu starano się wybrać najbardziej reprezentatywne przykłady błędów dla różnych typów budynków, w różnych regionach kraju, tak aby mogły one posłużyć do wskazania dobrych praktyk termomodernizacyjnych. Podjęto również próbę wytypowania pozostawionych jeszcze obszarów do pilnych działań naprawczych i przyjęto, że stanowiąc one podstawę do projektowania nowych budynków w Polsce. W tym celu ocenę jakości dociepleń z użyciem analizy dwuetapowych badań termograficznych, przeprowadzonych w latach 2006–2020², wykonano na terenie sześciu polskich miast. Efektem dwuetapowej termografii (lotniczej i naziemnej) była analiza badań stanu techniczno-energetycznego budynków poprzez wskazanie aktualnych nieszczelności termicznych.

To, zdaniem autorki, może być w przyszłości przyczynkiem do zrównoważonej eksploatacji wielorodzinnych obiektów budowlanych.

W artykule przedstawiono analizę wyników wybranych nieniszczących dwuetapowych badań termograficznych obiektów wielorodzinnych i zaproponowano, dla nich, trzy sposoby analizy (wstępna, jakości i statystyczna).

Analiza literatury

Współczesne oczekiwania użytkowników wielkich osiedli mieszkaniowych wymagają systemowych ulepszeń, szczególnie pod względem zużycia energii cieplnej w budynkach wielorodzinnych. Aktualnie wartość rynkowa [2] tych zasobów jest konkurencyjna dla rynku pierwotnego i niezmiernie istotne jest aby w sposób przemyślany obniżyć koszt utrzymania osiedli mieszkaniowych. W tym kontekście termomodernizacja budynków w osiedlu wymusza na projektancie wybór działań uzasadnionych technicznie i ekonomicznie [3, 4]. Istotna jest także akceptacja planowanych działań przez mieszkańców, ponieważ to oni finalnie partycypują w kosztach realizowanych termomodernizacji [5]. Piętnastoletnie badania ankietowe mieszkańców w dużych osiedlach mieszkaniowych i liczne analizy wyników autorskich badań termograficznych [6] potwierdzają, że w ich zainteresowaniu, w zasadzie, jest każda możliwość zmniejszenia kosztu użytkowania a szczególnie zmniejszenie zużycia energii cieplnej, zmierzająca ku zrównoważonej eksploatacji. Potwierdzają to także analizy wyników innych badaczy [7], prezentujących zintegrowane podejście do aspektów energetycznych w termomodernizowanych budynkach, z perspektywy wpływu na środowisko i synergię pomieszczeń. [1]

Dotychczasowe przepisy dotyczące ochrony cieplnej budynków [8] jeszcze bardziej zaostrzyły wymagania stawiane budynkom pod względem jakości energetycznej od stycznia 2021 r. Wynikiem tego było stwierdzenie, że mimo przeprowadzenia w budynkach nawet kilku etapów termomodernizacji, nowe wymagania [9] często są nadal niespełnione.

Taki stan rzeczy stał się przyczynkiem do podjęcia próby oceny dotychczasowych termomodernizacji. W tym celu niezbędna była analiza aktualnego stanu dociepleń i problemownieszczelności termicznych. Stąd w artykule zaproponowano wykorzystanie nieniszczącej oceny diagnostycznej dla eksploatowanych prefabrykowanych budynków wielorodzinnych, które są już po kilku etapach termomodernizacji.

Rozpoznanie problemów na wybranym obszarze (osiedle) rozpoczęto od kwerendy dokumentacji archiwalnej i eksploatacyjnej oraz badań „in situ” budynków wielorodzinnych, wykonanych z elementów wielkometryrowych. Wyniki analizy potwierdziły, że w dotychczas podejmowanych działaniach termomodernizacyjnych ani osiedla mieszkaniowe, ani budynki [10] nie były ani poddawane systemowemu programowaniu, ani ich efekty nie były monitorowane.

Celem autorskich badań w podczerwieni było sprawdzenie skuteczności działań termomodernizacyjnych budynków wielorodzinnych i monitorowanie ich wyników. Dlatego zaproponowano algorytm, który następnie podano, jako schemat nieniszczącej metody oceny diagnostycznej termomodernizacji [1] z wykorzystaniem podczerwieni (z powietrza i/lub z poziomu terenu), co w rozszerzeniu o analizę przedstawiono w niniejszym artykule.

2 Pierwsze badania autorka przeprowadziła wspólnie z Włodzimierzem Adamczewskim w 2006 r., a następnie w latach 2010–2011 realizowała samodzielnie badania, m.in. w ramach projektu strategicznego dla Narodowego Centrum Badań i Rozwoju (NCBiR) zadanie 1: *Analiza możliwości i skutków socjoekonomicznych wzrostu efektywności energetycznej w budownictwie*.

W artykule przyjęto, że najlepszą metodą będzie badanie w podczerwieni, dzięki któremu uzyskano aktualną wiedzę na temat stanu energetycznego wybranego osiedla i znajdujących się tam budynków. Opinię tę potwierdzają wieloletnie badania przeprowadzone przez czołowych badaczy w Polsce [11, 12 i 13], a także badania własne autorki prowadzone i sukcesywnie publikowane od 2006 roku [14]. Istotnym przy docieplaniu budynków wielorodzinnych jest, często pomijana przez inwestorów i projektantów, potrzeba przebudowy wentylacji [15], co w przyszłości może stanowić problem higieniczno-sanitarny ocieplonych budynków.

W Polsce prowadzono badania termograficzne, które wykorzystano do oceny jakości energetycznej budynków w zakresie oceny wad elewacji. Przedstawiono metodykę i zasady wykonywania badań termowizyjnych budynków wraz z interpretacją termogramów ilustrujących analizowane przypadki wad elewacji. Ocena jakościowa, z powodzeniem, znajduje zastosowanie przy ocenie energetycznej każdego typu budynków. Analizowane w literaturze termogramy zostały zarejestrowane podczas badań budynku jednorodzinnego oraz budynku Wydziału Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska Politechniki Warszawskiej [16]. Jednak wymienione badania [11–16] dotyczyły głównie budynków jednorodzinnych lub użyteczności publicznej, nie uwzględniano budynków wielorodzinnych. Przeprowadzona analiza źródeł ciepła w budynkach użyteczności publicznej, prowadzona przez zespół lubelski [17] potwierdziła, że tylko kompleksowa termomodernizacja może zapewnić satysfakcjonujący poziom rzeczywistego spadku zużycia energii cieplnej (nawet o 51,4%). Natomiast obiekty poddane częściowej termomodernizacji osiągnęły sprawność 21,8%, czyli uzyskano ponad dwukrotnie niższy efekt sprawności niż zakładano w projekcie.

W ww. opracowaniach nie odniesiono się jednak do efektu: termomodernizacji dachu/stropodachu, albo poziomu jakości czy skuteczności zmniejszenia zużycia energii cieplnej.

Z badań literatury wynika także, że w podczerwieni badano również rozwarstwienia dotyczące wykończenia ścian zewnętrznych i pokrycia dachowego. Do tego celu wykorzystano zasadę działania techniki termografii podczerwonej, która polega na wykrywaniu energii przez skaner podczerwieni i odwzorowaniu pomiaru temperatury na powierzchni obiektu docelowego w celu zapewnienia odpowiedniej oceny uszkodzonego budynku czy konstrukcji [18]. Do badań wykorzystano zmieniającą się w czasie temperaturę, która była rejestrowana za pomocą urządzenia termograficznego, a każdy punkt należący do badanego obszaru był analizowany ilościowo. Dane były przetworzone w celu opracowania mapy defektów ściany, opartej na wybranym stabilnym parametrze termicznym. Dzięki temu możliwe było zbadanie termiczno-fizycznych aspektów różnych defektów okładziny obiektu, wraz z opisem uproszczonych modeli do interpretacji danych temperatury powierzchni. Przegrody zewnętrzne budynku badano głównie w przejściowym reżimie termicznym, czyli w sytuacji zmieniających się parametrów, np. warunków atmosferycznych w jakich realizowane są pomiary. Przedstawione przykłady eksperymentalnych wyników badań dotyczyły oceny braków izolacji i mostków termicznych oraz wykrywania przecieków powietrza. Wynika stąd, że analizy ilościowe [19] powinny być prowadzone w czasie ogrzewania budynku, przy niskich temperaturach zewnętrznych i w ustalonym stanie, czyli minimum po 4–6 godzinach od ustania nasłonecznienia a najlepiej nad ranem.

W tym miejscu zauważyć należy, że zrównoważone projektowanie modernizacji obszarów zabudowanych, szczególnie z budynkami wielorodzinnymi wymaga synergicznego zarządzania i oszczędzania energii, oparte go również na opinii mieszkańców w zakresie akceptowanym przez wszystkich interesariuszy [20]. W ostatnim czasie, w literaturze, przedstawiono oryginalny schemat do nieniszczącej oceny diagnostycznej dla budynków po termomodernizacji z wykorzystaniem podczerwieni [1]. Wymaga on jednak przedstawienia zastosowania, co będzie przedmiotem dalszych publikacji autorki.

Metodyka badań

Do realizacji badań termograficznych przyjęto następujące założenia:

1. Wykonanie „in situ” w wybranych miastach i przedziale czasu (dzień, godzina). Pomiary wykonano aparaturą AGEMA ThermaCAM 570 z obiektywem o kącie polowym 24° (2006 r.), a także Cauvin Arnoux 1884 (lata 2010–2011) i FLIR B350 (lata 2011–2012) oraz FLIR E60bx (lata 2013–2020). Część termogramów (2006 r.) uzyskano za pomocą nakładki telex2 na obiektyw, zmieniając kąt polowy na 12°.
2. Do analizy termogramów użyto narzędzi analitycznych z programów: ThermaCAM Reporter2000 (analiza współautorska 2006 r.), RayCAM Report (autorskie analizy, lata 2010–2011) i FLIR Reporter 8,5 i 9,0

(autorskie analizy, lata 2011–2020). Do analizy wykorzystano: pole temperatury, linię na termogramie (opisaną też jako minimalną i maksymalną temperaturę), profil termiczny przegród zewnętrznych i paletę barw żelaza.

3. Do badań przyjęto następujące warunki środowiskowe i zasady realizacji. Zwracano uwagę na to, aby przed upływem 6–8 godzin nie badać ścian nasłonecznionych (szczególnie cokołów). Uważano też na to, aby wiatr był słaby i bardzo słaby o kierunku południowo-zachodnim i prędkości nie większej niż 2 m/s. Temperatura w pomieszczeniach wynosiła ok. 20°C i nie była regulowana od 4 godzin przed badaniami. Podczas wykonywania cyklicznych badań termograficznych obserwowano z poziomu terenu: cokoły, ściany, płyty balkonowe lub loggie, stolarkę okienną i drzwiową oraz stropodachy i dachy, a także zawilgocenia murów.

Analiza wyników badań termograficznych

Do analizy przyjęto budynki wielorodzinne. Spośród 130 analizowanych obiektów na terenie województwa lubelskiego (Lublin, Lubartów, Zamość) i województwa śląskiego (Częstochowa) do analizy wybrano w sumie 65 budynków, zrealizowanych w systemach wielowymiarowych (wielkoblokowym – 1 i wielkopłytowych – 3). W tym do termografii lotnicznej wybrano 22. reprezentantów, a do termografii naziemnej wybrano 43. reprezentantów. W artykule poddano analizie tylko kilkudziesięcioletnie eksploatowane budynki wielorodzinne zrealizowane w systemach: wielkoblokowym (WBLŻ) i wielkopłytowych (OWT-67, W-70, Wk-70), we wszystkich wykonano co najmniej 3 etapy termomodernizacji.

Kryteria oceny błędów popełnianych w zrealizowanych dotychczas działaniach termomodernizacyjnych w poszczególnych rodzajach technologii realizacji analizowanych budynków, będących w ciągłej eksploatacji, podano w tabeli 2. W artykule dokonano oceny za pomocą trzech zaproponowanych sposobów analiz i wynikającej z nich oceny, co szczegółowo podano w dalszej części artykułu.

Wstępna ocena dociepleń z wykorzystaniem dwupoziomowej termografii

W tabeli 1 zestawiono wybrane i charakterystyczne przykłady wstępnej oceny dotychczasowych działań termomodernizacyjnych w wybranych budynkach mieszkalnych i nadal nieszczelnych elementach. Ocena wstępna oznacza, że oceny dokonano za pomocą dwupoziomowej termografii, ale bez szczegółowej analizy termogramów za pomocą wykresów. Analizie poddano jedynie uzyskany w badaniach obraz termograficzny, wg skali temperatury na termogramie.

W ramach wstępnej oceny w tabeli 1, w kolumnie pierwszej („0”) – podano zakres zrealizowanych w analizowanym przypadku działań termomodernizacyjnych (wg numeru błędu opisanego w tabeli 2). W kolumnie drugiej (a) – zestawiono przykłady źle wykonanych termomodernizacji w zakresie wyspecyfikowanych problemów i niedociągnięć technicznych stwierdzonych po przeprowadzeniu kilku etapów termicznej modernizacji budynków wielorodzinnych. W kolumnie trzeciej (b) – pokazano termogram prawidłowo wykonanego ocieplenia ocenianego elementu. W kolumnie czwartej (c) – zamieszczono komentarz odnośnie sposobu wykonania pomiaru za pomocą obchodu czy oblotu, analiza przyczyn błędu polegającego na stwierdzeniu nieszczelności termicznych i zalecanych działań naprawczych wobec popełnionego błędu.

Po analizie termogramów za pomocą analizy wstępnej stwierdzono, że wykonane do 2000 roku docieplenia na budynkach wielorodzinnych nie potwierdziły (w analizie wstępnej zgodnie z tabelą 1) znacząco gorszej jakości efektywności energetycznej przegród zewnętrznych budynków, niż tych które wykonano po tym czasie.

Wszystkie ocieplenia wymagają, niezależnie od technologii realizacji budynku, dalszych uszczelnień. Nadal brakuje dobrych przykładów likwidowania ucieczki ciepła przez balkon i wykorzystania nadmiernej ucieczki ciepła przez kominy, co potwierdza termografia lotnicza.

Tabela 1. Wybrane przykłady wstępnej oceny dociepleń budynków w poszczególnych elementach prefabrykowanych budynków mieszkalnych, oprac. A.O.

Lp. błędu wg tabeli 2	Nieprawidłowo	Prawidłowo	Metoda pomiaru termografii. Analiza uzyskanych wyników. Zalecenia
0	a	b	c
6, 7, 9			<p>a) Obłot. Duża ucieczka ciepła przez kominy i różnorodna jakość termiczna stolarki okiennej. Usprawnić wentylację, np. wprowadzić rekuperację i dokończyć wymianę stolarki zewnętrznej, ze szczególnym zwróceniem uwagi na jakość termiczną.</p> <p>b) Obłot. Brak zaleceń.</p>
1, 2, 4, 5			<p>a) Obchód. Brak ocieplenia ścian, budynek prefabrykowany w stanie pierwotnym ścian trójwarstwowych, mostki liniowe na stykach prefabrykatów (w węzłach połączenia) i w miejscach kotwienia warstwy osłonowej. Styki prefabrykatów uszczelnić lub ocieplić.</p> <p>b) Obchód. Ściany i cokół budynku prefabrykowanego ocieplone prawidłowo. Brak zaleceń.</p>
3, 6, 7, 8			<p>a) Obchód. Brak ocieplenia ścian w strefie przyziemia (w budynkach wielorodzinnych prefabrykowanych – nieszczelny cokół).</p> <p>Strefę przyziemia (cokół) ocieplić min. do 100 cm poniżej terenu.</p> <p>b) Obchód. Strefa cokołu i ścian ocieplone prawidłowo, ale wymieniona stolarka otworowa – drzwi wejściowe – niedostosowane do jakości ścian. Ocieplić ramę drzwi i dokleić szybę.</p>
2, 3, 5, 9, 10			<p>a) Obchód. Zła jakość ocieplenia ścian zewnętrznych przyziemia w budynku oraz tarasu nad garażem (stropodach).</p> <p>Ocieplić taras i ściany garażu, ale wcześniej poprawić izolację przeciwwilgociową tarasu na styku ze ścianą mieszkania.</p> <p>b) Obchód. Prawidłowo ocieplony gzyms wieńczący. Brak zaleceń.</p>
5, 6, 7			<p>a) Obchód. Brak obwodowego ocieplenia balkonów wspornikowych, styk balkonu ze ścianą generują mostki liniowe, płyta zawilgocona. Złe ocieplenie ościeży zewnętrznych. Wykonać brakujące izolacje i poprawić ocieplenie ościeży.</p> <p>b) Obchód. Ściana prawidłowo ocieplona na styku z balkonami wspornikowymi. Brak zaleceń do balkonów, cokół – ocieplić.</p>

Ocena jakości dociepleń z wykorzystaniem dwupoziomowej termografii

Dotychczasowe działania termomodernizacyjne zbadano metodą nieniszczącą, tj. przeprowadzono badania za pomocą dwuetapowej termografii i analizy termogramów przy użyciu odpowiedniego oprogramowania. Do oceny jakości przyjęto czterostopniową skalę (od 2 do 5). W uwagach podano, jaka może być przyczyna obniżenia oceny w obranej skali.

Tabela 2. Ocena jakości stanu techniczno-energetycznego na podstawie zrealizowanych/zaniechanych działań proenergetycznych, wg wybranych technologii realizacji budynków prefabrykowanych. Numer błędu podano kolejno od 1 do 10 a oceny dokonano w skali 2:5. Oprac. A.O.

Rodzaj zabudowy – Wielorodzinna / Technologia realizacji – Uprzemysłowiona	Zakres oceny jakościowej działań termomodernizacyjnych:										Średnia ocena jakości wykonanych działań naprawczych stwierdzona na podstawie stanu technicznego budynku i analizy termogramów	UWAGI
	kotwienie ściany przed dociepleniem	ocieplenie ścian zewnętrznych	ocieplenie ścian zewnętrznych przyziemia (cokół)	ocieplenie na gzymsach	ocieplenie balkonów obwodowo lub styku loggi ze ścianą	ocieplenie ościeży zewnętrznych obwodowo	wymieniona stolarka otworowa	wymienione ocieplenie instalacji c.o. i c.w. w piwnicach	w kierunku modernizacji systemu wentylacji, np. odzysku ciepła	ocieplenie stropodachu lub dachu		
Lp. błędu:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
System:												
OWT-67	2,0	4,0	2,0	2,0	2,0	4,0	3,5	3,5	2,0	4,0	2,90	brak kotew scalających ściany trójwarstwowe
W-70	3,0	4,5	3,5	3,0	3,0	4,0	4,0	4,0	2,0	4,0	3,50	brak kotew scalających ściany trójwarstwowe
Wk-70	2,0	4,0	4,0	3,0	3,5	3,0	4,0	4,0	2,0	4,0	3,35	brak kotew scalających ściany trójwarstwowe
WBLz	Nie dot.	4,5	4,0	2,0	2,0	4,0	3,5	3,5	2,0	4,0	3,28	brak zastrzeżeń

Analiza profilu termicznego, umożliwiła ustalenie problemów dotyczących ucieczki ciepła z budynków. Wyniki pokazano w tabeli oceny poszczególnych systemów (tabela 2).

Z przedstawionej oceny jakości wynika, że w eksploatowanych wielorodzinnych budynkach prefabrykowanych dotychczas zrealizowane termomodernizacje wśród wybranych do oceny elementów najlepiej wypadają: ocieplenie ścian, a następnie stropodachu/dachu i ościeży oraz instalacji, a także wymiana stolarki otworowej. Niepokojącym jest fakt, że działania wykonywane w kierunku bezpieczeństwa ścian osłonowych (trójwarstwowych) i modernizacja systemu wentylacji, na przykład w kierunku odzysku ciepła i ocieplenie gzymsów są jakościowo wykonane najgorzej lub w ogóle ich brakuje.

Na podstawie przeprowadzonej analizy badań termograficznych stwierdzono, że najlepszą kondycję po wykonanych w Polsce termomodernizacjach wśród prefabrykowanych budynków wielorodzinnych ma system W-70 (3,50). W budynkach prefabrykowanych ze ścianami trójwarstwowymi wpływ na taką ocenę ma niewątpliwie

brak dodatkowego połączenia, przed ociepleniem, warstwy osłonowej z warstwą konstrukcyjną. Jest to dość istotne, ze względu na konieczność zapewnienia bezpieczeństwa użytkowania tych budynków. Analiza badań potwierdziła, że mimo prawidłowej, w wielu budynkach, realizacji ocieplenia i uzyskania oceny w przedziale 4,0÷4,5, w rzeczywistości jakość ocieplenia wypada gorzej. Wynika to z braku dodatkowego kotwienia ścian trójwarstwowych przed ich ociepleniem. Ten błąd techniczny obniża jakość działań termomodernizacyjnych pod względem bezpieczeństwa dalszej eksploatacji ścian wielowarstwowych.

Ocena statystyczna dociepleń z wykorzystaniem dwupoziomowej termografii

Ocenę statystyczną stanu techniczno-energetycznego na podstawie zrealizowanych lub zaniechanych działań termomodernizacyjnych, według technologii realizacji przeprowadzono na podstawie dwustopniowej skali zero-jedynkowej. Oznacza to, że jeżeli błąd w dociepleniu występował, to wpisano 1, a jeżeli nie występował, to wpisano 0. Uśrednioną ocenę statystyczną wykonanych działań naprawczych, stwierdzoną na podstawie stanu technicznego budynku i analizy termogramów przedstawiono w procentach liczonych w stosunku do całości popełnianych błędów w danym rodzaju budynku, co zestawiono w tabeli 3.

Tabela 3. Ocena statystyczna stanu techniczno-energetycznego na podstawie dotychczasowych działań termomodernizacyjnych, wg wybranych technologii realizacji budynków prefabrykowanych. Oceny dokonano w skali 0:1 (opis w tekście). Oprac. A.O.

Rodzaj zabudowy – Wielorodzinna / Technologia realizacji – Uprzemysłowiona / System...	Zakres oceny statystycznej błędów popełnianych w zrealizowanych dotychczas działaniach termomodernizacyjnych w poszczególnych systemach budynków przedstawiono, według przyjętych kryteriów									
	zaniechanie kotwienia ścian zewnętrznych przed dociepleniem	niedokładności w dociepleniu ścian	brak ocieplenia ścian przyziemia (cokół)	brak ocieplenia na gzymsach	brak ocieplenia balkonów obwodowo lub styku loggi ze ścianą	brak ocieplenia ościeży zewnętrznych obwodowo	zły montaż lub jakość wymienionej stolarki otworowej	brak wymiany ocieplenia instalacji co. i c.w. w piwnicach	zaniechanie działań w kierunku usprawnienia systemu wentylacji	złe ocieplenie stropodachu lub dachu
Lp. błędu 1–10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
OWT-67	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
W-70	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0
Wk-70	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Wieloblokowy	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0
Ocena statystyczna błędu w prefabrykowanych budynkach wielorodzinnych	100%	75%	75%	75%	100%	50%	100%	75%	100%	25%

Na podstawie przeprowadzonej analizy statystycznej (tabela 3), według kryterium systemu prefabrykowanego stwierdzono, że w klasyfikacji techniczno-energetycznej najczęściej popełniane błędy we wszystkich analizowanych systemach, to:

- **Lp. błędu 1** – brak wykonania kotwienia ścian zewnętrznych przed dociepleniem;
- **Lp. błędu 5** – brak ocieplenia obwodowo balkonów lub styku loggi ze ścianą
- **Lp. błędu 7** – zły montaż lub jakość wymienionej stolarki otworowej;
- **Lp. błędu 9** – brak działań w kierunku usprawnienia wentylacji.

Podsumowanie

Na podstawie analizy wieloletnich wyników badań termograficznych wielorodzinnych budynków mieszkalnych stwierdzono, że zaproponowana metoda może stanowić podstawę do poszerzenia wiedzy w zakresie współczesnych tendencji w dziedzinie zrównoważonej eksploatacji budynków i całych osiedli mieszkaniowych. Może też być podstawą do uzyskania najbardziej aktualnej wiedzy na temat oceny jakości energetycznej wielorodzinnych budynków prefabrykowanych z wykorzystaniem badań termograficznych. Przedstawiony sposób przeprowadzenia badań za pomocą dwupoziomowej diagnostyki termograficznej, tj. termografii lotniczej powiązanej z termografią naziemną umożliwiającą niemal natychmiastową ocenę stanu techniczno-energetycznego wybranych do analizy obszarów, budynków i ich elementów. Efektem jest, m.in. możliwość dokonywania napraw bez pogarszania wyników zrealizowanych dotychczas działań. Dodatkowo zaproponowana nieniszcząca metoda badań i zaproponowana analiza (wstępna, jakości i statystyczna) stanowi ważny element uaktualnienia stanu techniczno-energetycznego prefabrykowanych budynków wielorodzinnych w Polsce. Na tej podstawie stwierdzono, że z analizy:

1. Wstępnej wynika, iż w zasadzie wszystkie budynki wymagają dalszych dociepleń.
2. Jakości wynika, że w najlepszej kondycji, pod względem skuteczności dotychczasowych termomodernizacji, są budynki zrealizowane w systemie W-70.
3. Statystycznej wynika, iż w zasadzie 100% błędów popełniono w wyniku braku:
 - kotwienia ścian zewnętrznych (szczególnie trójwarstwowych) przed dociepleniem;
 - skutecznego obwodowego ocieplenia balkonu lub usunięcia nieszczelności termicznych na styku loggi ze ścianą;
 - szczelnego montażu lub złej jakości nowo zamontowanej stolarki otworowej;
 - działań, równoczesnych z ociepleniem, zapewniających odpowiednią jakość wentylacji w lokalach mieszkalnych i pominięcie możliwego odzysku ciepła.

Taki stan rzeczy potwierdza potrzebę kontynuowania działań naprawczych, które winny być skupione głównie na doszczelnieniu budynków wraz z zapewnieniem odpowiedniej wentylacji.

Przyjęty sposób oceny dotychczasowych termomodernizacji, zweryfikowanych na konkretnych budynkach prefabrykowanych, za pomocą dwuetapowych badań termowizyjnych i trzech sposobów analizy uzyskanych wyników badań, wydaje się być wystarczający do oceny dotychczasowych działań i dalszego perspektywnego projektowania podwyższania efektywności energetycznej, co może w przyszłości być początkiem zrównoważonej eksploatacji wielorodzinnych budynków i to nie tylko w kraju, ale i na świecie.

Bibliografia

- [1] Ostańska A.E., *Propozycja metody oceny diagnostycznej w podczerwieni termomodernizowanych budynków wielorodzinnych*, Builder, 2021, Open Access Journals, XXV.290/9/2021, s. 35–37. DOI:10.5604/01.3001.0015.1939.
- [2] Zyga J., *Ocena budownictwa wielopłytowego przez pryzmat rynku nieruchomości*, Budownictwo i Architektura, 2014, vol. 13, nr 3, s. 57–64.
- [3] Nowogońska B., Magdalena Mielczarek, *Renovation management method in neglected buildings*, Sustainability (Switzerland), 2021, 13 (2), 929. DOI: 10.3390/su13020929.
- [4] Nowogońska B., *A methodology for determining the rehabilitation needs of buildings*, Applied Sciences (Switzerland), 2020, 10 (11), 3873, DOI:10.3390/app10113873.
- [5] Ostańska A., *Programowanie rewitalizacji osiedli mieszkaniowych z zastosowaniem modelu PEARS*, Polska Akademia Nauk, Lublin 2018, s. 169. ISBN 978-83-939534-4-8.
- [6] Ostańska A., *Wielka płyta: analiza skuteczności podwyższania efektywności energetycznej: termomodernizacja, termografia, wytyczne naprawcze*, PWN, Warszawa 2016, s. 221, ISBN 978-83-01-18512-1.
- [7] Moga L., Soimosan T., *Environmental and Human Impact of Buildings An Energetics Perspective*, An Energetics Perspective. January, 2021, DOI:10.1007/978-3-030-57418-5, ISBN: 978-3-030-57417-8.
- [8] 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.
- [9] 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.
- [10] Ostańska A., *Badania wybranych obszarów w Lublinie z uwzględnieniem typoszeregów budynków*, Teza Komisji Architektury, Urbanistyki i Studiów Krajobrazowych – Polska Akademia Nauk. Oddział w Lublinie, 2020, vol. 16, nr 3, s. 58–65.
- [11] Nowak H., *Zastosowanie badań termowizyjnych w budownictwie*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2012, s. 1–332.
- [12] Wróbel Al., Wróbel A., *Kontrola termograficzna izolacyjności cieplnej nowo wzniesionych budynków mieszkalnych – cz. I*, Inżynier Budownictwa, 2011, nr 2 i 3, s. 55–60.
- [13] Kisielewicz T., *Wpływ izolacyjnych, dynamicznych i spektralnych właściwości przegród na bilans cieplny budynków energooszczędnych*, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków 2008, ISSN serii: 0860-097X.
- [14] Ostańska A., *Increasing the energy efficiency of dwelling houses: case study of residential quarter in Upper Silesia, Poland*, Budownictwo i Architektura, 2019, Vol. 18, nr 1. DOI: 10.24358/Bud-Arch_19_181_03.
- [15] Stachniewicz R., *Kontrola sprawności wentylacji przy użyciu termowizji.*, Materiały Budowlane, 2019, nr 1. DOI: 10.15199/33.2019.01.06.
- [16] Kędziński P., Szumski M., *Zastosowanie termografii do oceny jakości energetycznej budynków*, Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo, Wentylacja, 2019, T. 50, nr 4. DOI 10.15199/9.2019.4.3.
- [17] Życzyńska A., Majerek D., Suchorab Z., Żelazna A., Kočí V., Černý R., *Improving the Energy Performance of Public Buildings Equipped with Individual Gas Boilers Due to Thermal Retrofitting*, in: MDPI, Energies, 2021, 14 (6), 1565; doi.org/10.3390/en14061565.
- [18] Tommy Y. Lo, K.T.W. Choi, *Building defects diagnosis by infrared thermography*, Structural Survey, 2004, 22 (5). DOI: 10.1108/02630800410571571.
- [19] Grinzato E., Vavilov V., Kauppinen T., *Quantitative infrared thermography in buildings*, Energy and Buildings, 1998, nr 29: 1–9.
- [20] Ostańska A.E., *Propozycja synergicznego zarządzania i oszczędzania energii w osiedlu mieszkaniowym opartej na opinii mieszkańców – przykład Lublina*, Teza Komisji Architektury, Urbanistyki i Studiów Krajobrazowych – Polska Akademia Nauk. Oddział w Lublinie, 2021, vol. 17, nr 1, s. 68–78.

Quality assessment of past thermal upgrading projects and an attempt to classify characteristic problems using two-level thermography

Summary: Two-stage thermography was used in this study. This means that thermograms in the first stage of thermographic research were made using air transport (helicopter tour of the housing estate). Then, after selecting thermally leaking buildings, in the second stage of thermographic research observations were made from the ground level (round and inspection of buildings elements selected in the first stage).

The aim of infrared investigations, successively carried out from 2006 to 2020, was the current assessment of the quality of thermal insulation of multifamily buildings using a non-destructive method and an attempt to determine the necessary repair recommendations, which are aimed at elimination of the remaining or newly formed thermal leaks in the building shell and sustainable operation of the multifamily building.

The article presents the results of thermographic tests and proposes three ways of analysis (preliminary, quality and statistical).

Keywords: sustainable operation of multi-family buildings, thermal rehabilitation, energy conservation, user opinion
