

# Propozycja metody oceny diagnostycznej w podczerwieni termomodernizowanych budynków wielorodzinnych



dr inż.  
**ANNA EWA OSTAŃSKA**  
Politechnika Lubelska  
Wydział Budownictwa i Architektury  
**ORCID: 0000-0002-1789-4288**

Niezwykle istotną wydaje się wiedza, w jakim aktualnie stanie termicznym znajdują się zasoby mieszkaniowe w Polsce po wielokrotnym podejmowaniu działań termomodernizacyjnych i ewentualnie pozostawionych lub nowo powstałych potrzebach działań naprawczych ukierunkowanych na oszczędzanie energii cieplnej.

## Wprowadzenie

Utrzymanie budynków wielorodzinnych zrealizowanych z elementów prefabrykowanych to szczególne wyzwanie ze względu na skalę, jaką stanowią one w Polsce. Mieszka w nich prawie 50% mieszkańców miast. Mieszkania te, mimo upływu prawie pięćdziesięciu lat, są nadal w dobrym stanie technicznym i lokalizacji oraz mają konkurencyjną cenę w stosunku do nowo budowanych.

W świetle współczesnych wymagań użytkowników tego typu zasoby mieszkaniowe potrzebują różnych ulepszeń. Są one konieczne, by utrzymać wartość rynkową [1] i obniżyć koszt utrzymania osiedli mieszkaniowych. Dlatego modernizacja osiedla wymusza na planiście wybór działań uzasadnionych technicznie oraz ekonomicznie [2, 3]. Istotne jest też sprawdzenie, czy zostaną one zaakceptowane przez właścicieli mieszkań, ponieważ to oni zwykle partycypują w kosztach planowanych realizacji termomodernizacji [4]. Piętnastoletnie badania mieszkańców osiedli mieszkaniowych i analizy wyników badań autorki potwierdzają [5], że w ich zainteresowaniu jest każda możliwość zmniejszenia kosztu użytkowania, w tym zmniejszenie zużycia energii cieplnej. Potwierdzają to także badania [6] prezentujące zintegrowane podejście do aspektów energetycznych w analizowanych budynkach z perspektywy wpływu na środowisko i synergię pomieszczeń.

Dodatkowo w styczniu 2021 roku zaostrożono przepisy [7] dotyczące ochrony ciepłej budynków [8]. Wynikiem tego jest stwierdzenie, że mimo przeprowadzenia w budynkach nawet kilku etapów termomodernizacji to nowe wymagania [8] są aktualnie najczęściej nadal niespełnione. To stało się przyczynkiem do przyjrzenia się nierozwiązanym jeszcze problemom termicznym i podjęcia próby opracowania metody nieniszczącej oceny diagnostycznej termomodernizacji.

Rozpoznanie problemów na wybranym obszarze (osiedle) rozpoczęto od kwerendy dokumentacji archiwalnej i eksploatacyjnej oraz badań *in situ* budynków wielorodzinnych wykonanych z elementów wielkowymiarowych. Wyniki analizy potwierdziły, że w dotychczasowych działaniach naprawczych ani osiedla mieszkaniowe, ani budynki [9] nie były poddawane systemowemu programowaniu działań termomodernizacyjnych, stąd też efekty podejmowanych działań nie były monitorowane.

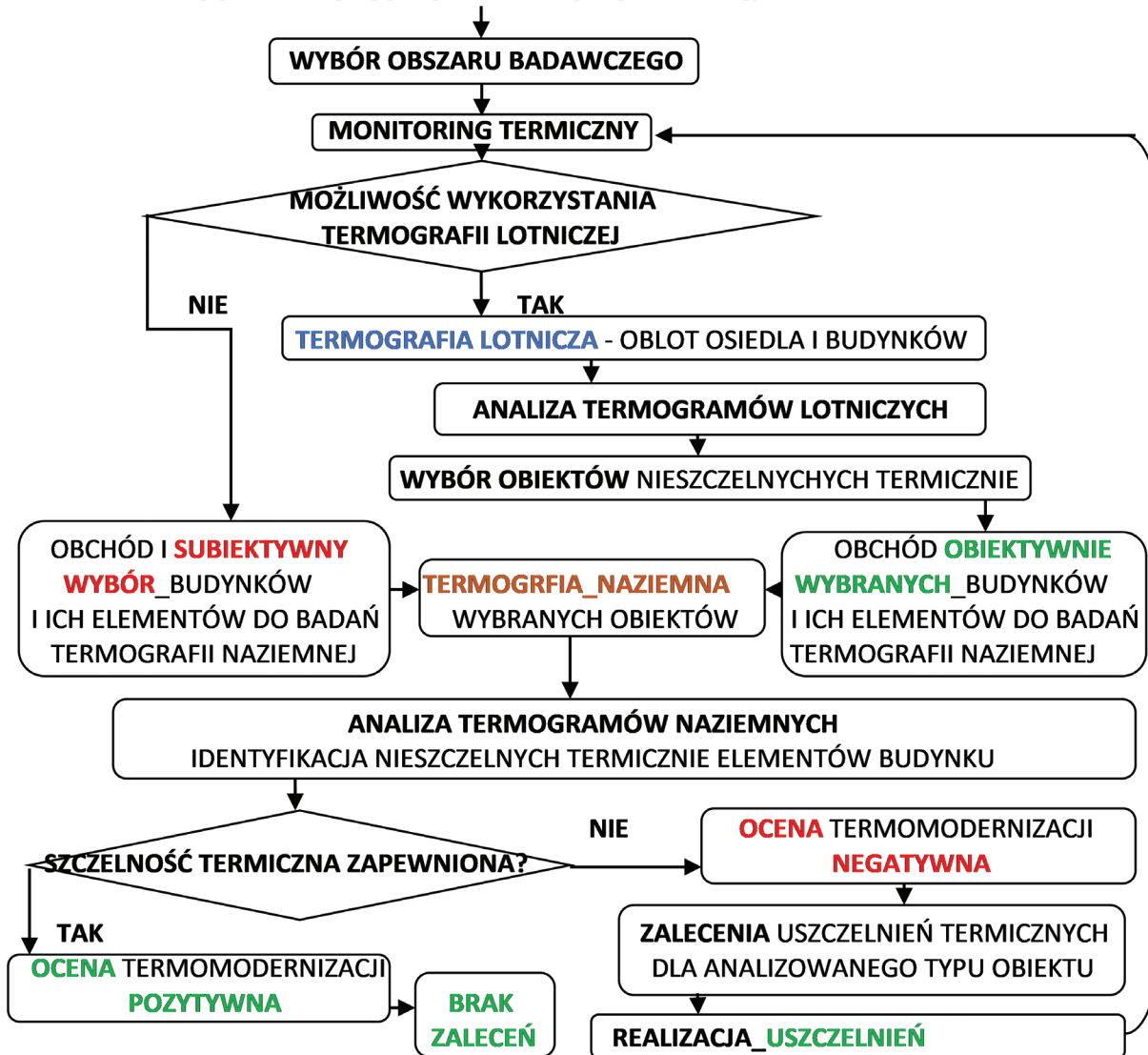
Celem autorskich badań w podczerwieni było sprawdzenie skuteczności działań termomodernizacyjnych budynków wielorodzinnych i monitorowanie ich wyników. Dlatego zaproponowano algorytm, który podano jako schemat nieniszczącej metody oceny diagnostycznej termomodernizacji z wykorzystaniem podczerwieni (z powietrza i/lub z poziomu terenu).

Przyjęto, że najlepszą metodą będzie badanie termowizyjne, dzięki któremu można zdobyć aktualną wiedzę na temat stanu energetycznego wybranego obszaru i znajdujących się tam obiektów. Opinię tę potwierdzają wieloletnie badania przeprowadzone przez czołowych badaczy w Polsce [10, 11 i 12], a także wieloletnie badania własne autorki prowadzone sukcesywnie od 2006 roku [13]. Przy docieplaniu budynków wielorodzinnych często pomijana jest konieczność wykonania przebudowy wentylacji [14], co w przyszłości może stanowić problem higieniczno-sanitarny w niektórych pomieszczeniach ocieplonych budynków. Dotychczas prowadzono też badania termograficzne, które wykorzystano do oceny jakości energetycznej budynków w zakresie wad elewacji. Przedstawiono również metodykę i zasady wykonywania badań termowizyjnych budynków oraz interpretację termogramów ilustrujących typowe przypadki występujących wad elewacji. Ocena jakościowa z powodzeniem znajduje zastosowanie przy ocenie energetycznej różnego typu

budynków. Prezentowane termogramy zostały zarejestrowane podczas badań budynku jednorodzinnej oraz budynku Wydziału Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska Politechniki Warszawskiej [15]. Jednak badania [10–15] dotyczyły jedynie budynków jednorodzinnych lub użyteczności publicznej, a nie budynków wielorodzinnych. Również przeprowadzona analiza źródeł ciepła w budynkach użyteczności publicznej, prowadzona przez zespół lubelski [16], potwierdziła, że tylko kompleksowa termomodernizacja zapewnia najbardziej satysfakcjonujący poziom rzeczywistego spadku zużycia energii cieplnej (nawet o 51,4%), natomiast obiekty poddane częściowej termomodernizacji osiągnęły sprawność 21,8%, czyli uzyskano ponad 2-krotnie niższy efekt sprawności niż zakładano pierwotnie. W wymienionych opracowaniach nie odniesiono się jednak do możliwego efektu z termomodernizacji dachu/stropodachu czy efektu zmniejszenia zużycia energii cieplnej. W podczerwieni badano już rozwarstwienia wykończenia ścian zewnętrznych i pokrycia dachowego. Do badań wykorzystano zasadę działania techniki termografii podczerwonej, która polega na wykrywaniu energii przez skaner podczerwieni i odzworowaniu pomiaru temperatury na powierzchni obiektu docelowego w celu zapewnienia odpowiedniej oceny uszkodzonego budynku lub konstrukcji [17]. W badaniach eksperymentalnych wykorzystano zmieniającą się w czasie i przestrzeni temperaturę, która jest rejestrowana przez urządzenie termograficzne, a każdy punkt należący do badanego obszaru jest analizowany ilościowo. Dane są przetwarzane w celu uzyskania mapy defektów ściany, opartej na wybranym lokalnym parametrze termicznym. Badano zatem termiczno-fizyczne aspekty różnych defektów wraz z opisem uproszczonych modeli do interpretacji danych temperatury powierzchni. Z kolei przegrody zewnętrzne



## OCENA DIAGNOSTYCZNA TERMOMODERNIZACJI



Rys. 1. Schemat nieniszczącej metody oceny diagnostycznej termomodernizacji z wykorzystaniem podczerwieni, oprac. A.O. 2021

budynku badano głównie w przejściowym reżimie termicznym. Wynika to z mogących ulec zmianie parametrów, szczególnie dotyczących warunków atmosferycznych, w jakich realizowane są pomiary. Zatem eksperymentalne wyniki dotyczyły oceny braków izolacji i mostków termicznych oraz wykrywania przecieków powietrza. Dlatego analizy ilościowe [18] powinny być prowadzone w czasie ogrzewania budynku, przy niskich temperaturach zewnętrznych i w ustalonym stanie, czyli minimum po 4–6 godzinach od ustania nasłonecznienia: najlepiej nad ranem.

Na tej podstawie stwierdzono, że dotychczasowe analizy dla kompleksowej oceny termicznej modernizowanych budynków są niewystarczające i zaproponowano autorską metodę opartą na algorytmie określonym jako schemat postępowania z wykorzystaniem podczerwieni oraz zastosowaniem dwóch poziomów termografii, tj. lotniczej – z powietrza i/lub naziemnej – z poziomu terenu (rozdz. 2). Z tym że zastosowanie termografii lotniczej jest możliwe tyl-

ko wtedy, gdy istnieje opcja uzyskania zgody na przelot nad miastem i sfinansowanie badań przez zarządcę. Autorka ma świadomość, że innym rozwiązaniem może być:

- oblot osiedla dronem, co w warunkach niskich temperatur jest trudne, bo zbyt krótkie, szczególnie przy kilku–kilkunastu budynkach wielokobaturowych (długich i wysokich);

- uzyskanie termogramów z satelity NASA albo źródła innej firmy mającej dostęp do satelity (drogie).

Mając na uwadze konieczność uzyskania zgód i wysokie koszty pozyskania materiału badawczego oraz niezbędną skalę dokładności obrazu w podczerwieni, algorytm obejmuje tradycyjną ścieżkę monitorowania efektów docieplenia. Autorka ma świadomość, że termografia naziemna osiedla może być obciążona pewnymi subiektywnymi błędami w ocenie, ale w efekcie jest niewątpliwie tańsza niż lotnicza. Dzięki zaproponowaniu dwóch ścieżek badawczych uzyskano uniwersalne narzędzie i możliwość zastosowania odpowiedniej w zależności

od dostępności: nie tylko sprzętu lotniczego czy naziemnego, ale również możliwości finansowych zarządcy/spółdzielni.

### Propozycja metody oceny diagnostycznej z wykorzystaniem podczerwieni

Zaproponowana metoda oceny diagnostycznej termomodernizacji (rys. 1.) polega w pierwszej kolejności na wyborze obszaru badawczego, którym może być osiedle i/lub znajdująca się tam zabudowa.

Następnie wykonywany jest monitoring termiczny. Jeżeli możliwa jest termografia lotnicza, to wykonuje się oblot wybranego obszaru badań, np. osiedla i budynków z użyciem helikoptera. Analiza termogramów lotniczych daje możliwość obiektywnego ograniczenia obszaru/objektu badawczego, tylko z potwierdzoną nieszczelnością termiczną.

W kolejnym kroku, na podstawie wyników analizy termogramów lotniczych, wykonywany jest obchód obiektywnie wybranych budynków

i ich elementów. Takie podejście skraca czas badań w trudnych termicznie warunkach zewnętrznych (ujemnej temperatury) oraz umożliwia skupienie się tylko na budynkach lub ich elementach wymagających dalszych interwencji termicznych.

W sytuacji kiedy nie ma możliwości skorzystania z termografii lotniczej, badacz dokonuje obchodu osiedla i budynków, a następnie intuicyjnie dokonuje wyboru budynków do badań termografii naziemnej oraz wykonuje monitoring termiczny.

Następnie przeprowadzana jest analiza termogramów naziemnych, dzięki której następuje identyfikacja nieszczelnych termicznie elementów budynku. Zastosowanie termografii naziemnej, bez wykorzystania lotniczej, nie pozwala na ocenę stropodachu lub kominów. Brak danych do dalszych działań termomodernizacyjnych w tym zakresie. Nie ma też wstępnej selekcji budynków szczelnych termicznie.

W kolejnym kroku termografii naziemnej analizie poddano kwestię zapewnienia szczelności termicznej przegród zewnętrznych.

Jeżeli szczelność jest zapewniona, to ekspert stwierdza, że nie ma zaleceń naprawczych. Oznacza to, że ocena termograficzna obiektu i jego elementów jest pozytywna, czyli stan termiczny analizowanego obiektu ma ocenę przy najmniej „dobrą”.

W algorytmie przyjęto, że analizowane w podczerwieni przegrody nie są szczelne, gdy różnica temperatury na termogramie jest większa niż 3K. Oznacza to, że ocena termograficzna obiektu i/lub jego elementu jest negatywna, czyli stan termiczny jest „dostateczny” lub „zły”. Wówczas ekspert podaje wytyczne dla budynku lub elementu w celu określenia zaleceń naprawczych w zakresie uszczelnień termicznych.

W kolejnym kroku następuje realizacja wytycznych do zaleconych uszczelnień termicznych. Następnie w celu sprawdzenia jakości wykonanej naprawy następuje powrót do poziomu „Monitoring termiczny”, gdzie powtarzana jest ocena szczelności termicznej obiektu lub jego elementu aż do uzyskania oceny pozytywnej stanu termicznego, czyli co najmniej „dobrej”.

## Podsumowanie

Proponowana metoda nieniszcząca, z wykorzystaniem podczerwieni, oparta na algorytmie ujętym w schemacie postępowania w zależności od dostępności transportu lądowego czy lotniczego, może stanowić podstawę do poszerzenia wiedzy na temat dobrych przykładów współczesnych tendencji termomodernizacyjnych i umożliwi bieżące monitorowanie efektów.

Zaproponowany algorytm obejmuje opracowanie propozycji schematu monitorowania kamerą termowizyjną z powietrza (termografia lotnicza), co umożliwi obiektywny wybór obiektów i ich obiektywną ocenę. Natomiast monitoring termiczny z ładu (termografia naziemna – w sytuacji braku możliwości dostępu do transportu powietrznego, choćby ze względu na

koszty) może pozwolić na subiektywny wybór obiektów oraz obiektywną ocenę eksperta na temat szczelności poszczególnych elementów budynku. Obie części badań mogą być realizowane niezależnie i odrębnie, jednak bez termografii lotniczej uzyskana ocena może być niepełna oraz wymaga więcej czasu na realizację. Ponadto możliwe jest, że ekspert subiektywnie pominie nieszczelny budynek, gdyż nie będzie miał jego pełnego obrazu wstępnego na tle sąsiednich obiektów.

Kontynuacją badań będzie opracowanie metody rozpoznania lub monitorowania procesu termomodernizacji i jej wdrożenie jako procedury do skutecznego monitorowania efektów termomodernizacji wraz ze wskazaniem niezbędnych działań. Wydaje się, że zaproponowana metoda nieniszcząca badań termowizyjnych będzie wystarczająca do obiektywnej oceny zrealizowanych działań oraz dalszego zmniejszenia kosztu użytkowania budynków, zarówno w polskich osiedlach mieszkaniowych, jak i w innych krajach Europy.

Przyjęty sposób nieniszczącej metody oceny dotychczasowych termomodernizacji w dalszych działaniach badawczych będzie zastosowany oraz zweryfikowany na przykładzie konkretnego osiedla.

## Literatura:

- [1] Zyga J., 2014, Ocena budownictwa wielokopłytowego przez pryzmat rynku nieruchomości, „Budownictwo i Architektura”, vol. 13, nr 3, s. 57–64.
- [2] Nowogóńska B., Magdalena Mielczarek, 2021, Renovation management method in neglected buildings. Sustainability (Switzerland), 13(2), 929. DOI: 10.3390/su13020929.
- [3] Nowogóńska B., 2020, A methodology for determining the rehabilitation needs of buildings. Applied Sciences (Switzerland), 10(11), 3873; <https://doi.org/10.3390/app10113873>.
- [4] Ostańska A., 2018, Programowanie rewitalizacji osiedli mieszkaniowych z zastosowaniem modelu PEARS. Polska Akademia Nauk, Lublin, s. 169 ISBN 978-83-939534-4-8.
- [5] Ostańska A., 2016, Wielka płyta: analiza skuteczności podwyższania efektywności energetycznej: termomodernizacja, termografia, wytyczne naprawcze. PWN, Warszawa, s. 221. ISBN 978-83-01-18512-1.
- [6] Moga L.M., Soimosan T., 2021, Environmental and Human Impact of Buildings An Energetics Perspective: An Energetics Perspective. January, DOI: 10.1007/978-3-030-57418-5, ISBN: 978-3-030-57417-8.
- [7] 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.
- [8] 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.
- [9] Ostańska A., 2020, Badania wybranych obszarów w Lublinie z uwzględnieniem typoszeregów budynków. Teka Komisji Architektury, Urbanistyki i Studiów Krajobrazowych – Polska Akademia Nauk, Oddział w Lublinie, vol. 16, nr 3, s. 58–65.
- [10] Nowak H., 2012, Zastosowanie badań termowizyjnych w budownictwie. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, s. 1–332.
- [11] Wróbel A., Wróbel A., 2011, Kontrola termograficzna izolacyjności cieplnej nowo wzniesionych budynków mieszkalnych – cz. I. Inżynier Budownictwa, nr 2 i 3, s. 55–60.
- [12] Kisielewicz T., 2008, Wpływ izolacyjnych, dynamicznych i spektralnych właściwości przegród na bilans cieplny budynków energooszczędnych. Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków, ISSN serii: 0860-097X.
- [13] Ostańska A., 2019, Increasing the energy efficiency of dwelling houses: case study of residential quarter in Upper Silesia, Poland, „Budownictwo i Architektura”, Vol. 18, nr 1, DOI: 10.24358/Bud-Arch\_19\_181\_03.
- [14] Stachniewicz R., 2019, Kontrola sprawności wentylacji przy użyciu termowizji. „Materiały Budowlane”, nr 1, DOI: 10.15199/33.2019.01.06.
- [15] Kędziński P., Szumski M., 2019, Zastosowanie termografii do oceny jakości energetycznej budynków. Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo, Wentylacja, T. 50, nr 4, DOI 10.15199/9.2019.4.3.

[16] Życzyńska A., Majerek D., Suchorab Z., Żelazna A., Koçi V., Cerný R., 2021, Improving the Energy Performance of Public Buildings Equipped with Individual Gas Boilers Due to Thermal Retrofitting. in: MDPI, Energies, 14(6), 1565; <https://doi.org/10.3390/en14061565>.

[17] Tommy Y. Lo, K.T.W. Choi, 2004, Building defects diagnosis by infrared thermography, Structural Survey 22(5). DOI: 10.1108/02630800410571571.

[18] Grinzato E., Vavilov V., Kauppinen T., 1998, Quantitative infrared thermography in buildings. „Energy and Buildings”, nr 29.

DOI: 10.5604/01.3001.0015.1939

## PRAWIDŁOWY SPOSÓB CYTOWANIA

Ostańska Anna Ewa, 2021, Propozycja metody oceny diagnostycznej w podczerwieni termomodernizowanych budynków wielorodzinnych, „Builder” 09 (290). DOI: 10.5604/01.3001.0015.1939

**Streszczenie:** Utrzymanie budynków wielorodzinnych zrealizowanych z elementów prefabrykowanych to szczególne wyzwanie dla zarządców ze względu na skalę, jaką stanowią one w Polsce. Tym bardziej istotna wydaje się wiedza, w jakim aktualnie stanie termicznym znajdują się takie zasoby mieszkaniowe w Polsce po wielokrotnym podejmowaniu działań termomodernizacyjnych i ewentualnie pozostawionych lub nowo powstałych potrzebach działań naprawczych ukierunkowanych na oszczędzanie energii cieplnej. W tym celu wykorzystano powszechnie znane możliwości nieniszczącej metody badań w podczerwieni, dzięki której możliwe było podanie algorytmu mającego na celu sprawdzenie skuteczności działań termomodernizacyjnych za pomocą podanego w artykule schematu postępowania. Celem podjętego monitorowania było sprawdzenie skuteczności szczelności wielorodzinnych budynków poddanych już wielokrotnej termomodernizacji lub będących przed tym procesem. Wykorzystano nieniszczącą autorską metodę oceny diagnostycznej termomodernizacji z użyciem termowizji na dwóch poziomach (z powietrza – lotnicza i z ładu – naziemna). Otrzymane wyniki badań, uzyskane z wykorzystaniem obrazu w podczerwieni, będą mogły stanowić podstawę do poszerzenia wiedzy na temat dobrych przykładów we współczesnych tendencjach termomodernizacyjnych. Zaproponowany algorytm wydaje się odpowiedni do zastosowania również w innych obszarach i obiektach budowlanych znajdujących się w Europie.

**Słowa kluczowe:** algorytm, diagnostyka w podczerwieni, termowizja

**Abstract:** PROPOSAL OF AN INFRARED DIAGNOSTIC EVALUATION METHOD FOR THERMO-MODERNISED MULTIFAMILY BUILDINGS. This paper proposes the use of a non-destructive infrared diagnostic evaluation method for thermo-modernisation, with particular reference to multi-family buildings. The proposed algorithm seems to be suitable for application also in different areas and building structures located in Europe.

**Keywords:** algorithm, infrared diagnostics, thermal imaging