

dr inż. Robert Stachniewicz<sup>1)</sup>  
ORCID: 0000-0003-0540-2503

# Ocena stanu technicznego budynku i jego instalacji za pomocą termowizji

## *Evaluation of the technical condition of the building and its installation using thermal imaging*

DOI: 10.15199/33.2021.01.03

**Streszczenie.** W artykule przedstawiono kilka przykładów zastosowania termowizji do oceny stanu technicznego budynku i jego instalacji. Ocenie poddano poprawność wykonania rozwiązań konstrukcyjnych, prac termomodernizacyjnych i sposobu użytkowania mieszkań. Analizowane budynki zostały wzniesione w technologii tradycyjnej, drewnianej i uprzemysłowionej. Wykazano, że termowizja jest szybką metodą oceny stanu technicznego elementów budynku oraz środowiska wewnętrznego. Umożliwia wskazanie miejsc wadliwego wykonania prac oraz przyczyn występowania niekorzystnych zjawisk w mieszkaniach.

**Słowa kluczowe:** termografia; termomodernizacja; infiltracja powietrza; wentylacja; pleśń.

**Abstract.** The article presents several examples of the use of thermovision to in order to assess the technical condition of a building and its installation. The author examines the factors, such as the correctness of constructional solutions, execution of thermomodernization treatments and the way of using apartments. The analyzed buildings were built in traditional, wooden and industrialized technology. It has been shown that thermovision is a quick method for assessing the technical condition of building elements and for assessing the internal environment. What is more, thermovision allows you to indicate places of faulty execution of works and the reasons for the occurrence of adverse phenomena in apartment.

**Keywords:** thermography; thermomodernization; air infiltration; ventilation; mould.

Technika termowizyjna jest wykorzystywana w bardzo wielu dziedzinach, m.in. w budownictwie. Kamery stosuje się do diagnostyki cieplnej budynków, np. do wykrywania mostków termicznych, ubytków termoizolacji, określania przyczyn rozwoju pleśni na ścianach, miejsc przecieków wody, a także poprawności działania instalacji wewnętrznych (wentylacyjnych, ogrzewania, ciepłej i zimnej wody) oraz ich awarii.

Stan techniczny budynku wpływa na komfort jego użytkowania oraz energooszczędność. W przypadku „zimnych” ścian lub podłóg mieszkańcy mogą odczuwać dyskomfort cieplny [1]. Duża wilgotność powietrza w pomieszczeniach i znacznie obniżona temperatura ścian zewnętrznych, szczególnie w narożach, może być przyczyną powstania pleśni [8, 11]. Zagrzybienie ścian i obecność chorobotwórczych zarodników pleśni w powietrzu wewnętrznym jest jednym z czynników tzw. syndromu chorego budynku (z ang. SBS – Sick Building Syndrome).

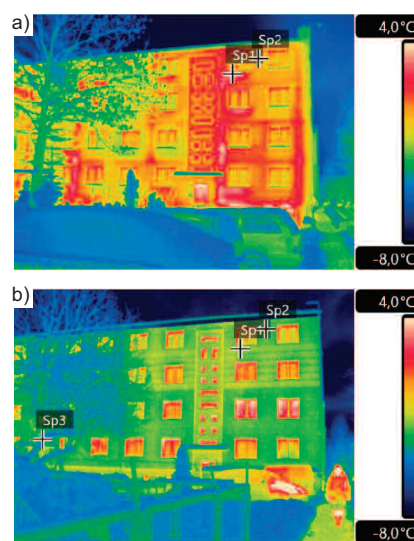
<sup>1)</sup> Politechnika Białostocka, Wydział Budownictwa i Nauk o Środowisku; r.stachniewicz@pb.edu.pl

### Ocena izolacyjności cieplnej przegród

Najczęstszym zastosowaniem kamery termowizyjnej w budownictwie jest ocena strat ciepła w budynku. Ze względów praktycznych (dostępność do mieszkań) inspekcję przeprowadza się zwykle od strony zewnętrznej budynku. Aby można było dokonać prawidłowej interpretacji termogramu, badania należy wykonać w ściśle określonych warunkach, by wykluczyć lub zminimalizować czynniki zakłócające, do których zalicza się m.in. opady deszczu lub śniegu, mgłę, intensywne promieniowanie słoneczne, silny wiatr, odkryty nieboskłon, a nawet otoczenie budynku. Najkorzystniejsze warunki występują przy całkowicie zachmurzonym nieboskłonie i stabilnej temperaturze zewnętrznej utrzymującej się przez ok. 24 h przed pomiarem [3, 5, 13]. Zaleca się, aby różnica temperatury pomiędzy środowiskiem zewnętrznym i wewnętrznym budynku wynosiła nie mniej niż 10–15°C, a różnica ciśnienia istotna w przypadku badania szczelności obudowy budynku była nie mniejsza niż 5 Pa. Przy bardzo dużej czułości termicznej

kamer (Flir 450sc i SC660) różnica temperatury wynosząca 0,03°C (NETD < 30 mK) może być już zarejestrowana na termogramach.

Przykładowy termogram nieocieplonego i identycznego ocieplonego budynku przedstawiono na fotografii 1. Termogramy zostały wykonane w stycz-



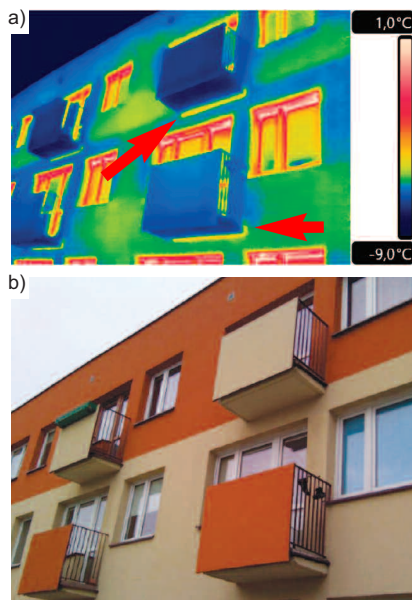
Fot. 1. Budynek z cegły silikatowej: a) nieocieplony; b) ocieplony  
Photo 1. The building is made of silicate brick: a) uninsulated; (b) insulated

niu o godz. 14.30 przy temperaturze zewnętrznej  $-4,2^{\circ}\text{C}$  i prawie całkowicie zachmurzonym nieboskłonie. Ze względu na złą izolacyjność ścian zewnętrznych budynku nieocieplonego (fotografia 1a), co potwierdza przyjęty z dokumentacji współczynnik przenikania ciepła U, obiekt powinien być poddany termomodernizacji. Wniosek ten potwierdzają także badania termowizyjne.

Na termogramie budynku ocieplonego (fotografia 1b) widoczna jest różnica pomiędzy temperaturą trzeciej oraz czwartej kondygnacji w porównaniu z dwoma niższymi. Wynikają one m.in. z kolorystyki elewacji i związanego z tym pochłaniania promieniowania słonecznego. Tynk dwóch ostatnich kondygnacji jest ciemniejszy (brązowy) i mimo braku bezpośredniego promieniowania słonecznego został „podgrzany” przez rozproszone promieniowanie słoneczne. Różnica jest niewielka i wynosi ok.  $0,8^{\circ}\text{C}$ , ale przy dużej czułości termicznej kamery (Flir SC660) jest widoczna na termogramie.

Coraz częściej termografię stosuje się przy odbiorze prac ociepleniowych. Jest to najprostsza metoda pozwalająca szybko ocenić ich jakość [10] oraz wykryć anomalie. W miejscach nieciągłości ocieplenia ścian zewnętrznych pojawiają się punktowe mostki termiczne, spowodowane przez kołki mocujące izolację. Liniowe mostki termiczne powstają w wyniku np. niewypełnienia szczelin pomiędzy płytami izolacji lub nieocieplenia płyt wspornikowych balkonów (fotografia 2) [10]. W takich miejscach temperatura powierzchni elewacji może wzrosnąć od  $1^{\circ}\text{C}$  do nawet  $2^{\circ}\text{C}$  przy temperaturze zewnętrznej ok.  $0^{\circ}\text{C}$ . Metodą termowizji można też ocenić, czy rozkład kołków na ścianie oraz ich liczba na  $1\text{ m}^2$  są zgodne z wymaganiami i projektem docieplenia.

Kamera termowizyjna jest przydatna także podczas inspekcji pokryć dachowych. Możemy np. sprawdzić, czy woda nie przenika przez warstwę izolacji przeciwwilgociowej. Woda parując, obniża temperaturę powierzchni i ujawnia miejsce przecieku. Podczas przeglądów wykonywanych w trakcie dnia miejsce przecieku będzie miało obniżoną temperaturę w porównaniu z powierzchnią otaczającą. Nocą sytuacja będzie odwrotna. Związane jest



**Fot. 2. Ocieplona elewacja z nieocieplonymi płytami wspornikowymi balkonów: a) termogram; b) widok elewacji**

*Photo 2. Insulated facade with uninsulated balcony support plates: a) thermogram; b) facade view*

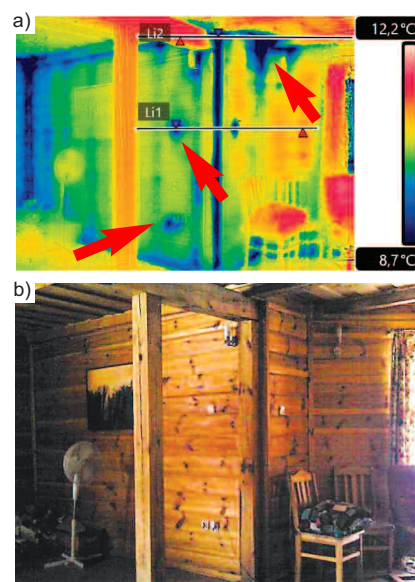
to z dużą akumulacyjnością ciepła wody i możliwością utrzymania ciepła przez pewien czas nawet po zachodzie słońca. Ponadto, zawilgocone materiały mają większą przewodność cieplną niż suche, co powoduje większą ucieczkę ciepła z wnętrza budynku.

### Infiltracja powietrza i wentylacja pomieszczeń

Oceniając stan techniczny przegród zewnętrznych z wykorzystaniem termowizji, możemy sprawdzić szczelność powłok obudowy budynku. Nieszczelności pojawiają się np. w miejscach przejść instalacji elektrycznych, kanalizacyjnych i gazowych do wnętrza budynku. Nieszczelnienie takich miejsc wynika przeważnie z konieczności poniesienia dodatkowych kosztów oraz braku świadomości, że w wyniku dużej infiltracji powietrza zewnętrznego zwiększają się straty ciepła.

Niekiedy trudno jest zbudować całkowicie szczelny budynek, szczególnie w technologii szkieletu drewnianego lub z bali drewnianych [4]. W przypadku nieszczelności przegród zewnętrznych, może nastąpić znaczne wychłodzenie powierzchni wewnętrznych oraz rozwój pleśni [2, 7]. Przykładowy termogram nieszczelności powietrznych, stwier-

dzonych podczas inspekcji budynku z bali drewnianych, przedstawiono na fotografii 3. Widoczne są miejsca znacznego obniżenia temperatury na połączeniu stropu ze ścianą (fotografia 3a – granatowe „zacieki”) oraz w miejscu lokalizacji włączników oświetlenia i gniazdka elektrycznego, przez które na skutek bardzo słabej szczelności ścian zewnętrznych następuje infiltracja powietrza. Spadek temperatury na profilach temperatury Li1 (połączenie strop-ściana) i Li2 (włączniki oświetlenia) dochodzi nawet do  $6^{\circ}\text{C}$  w porównaniu z temperaturą zaizolowanego stropu i ścian.



**Fot. 3. Budynek drewniany widziany od wewnątrz: a) termogram; b) ściana**

*Photo 3. Wooden building seen from the inside: a) thermogram; b) wall*

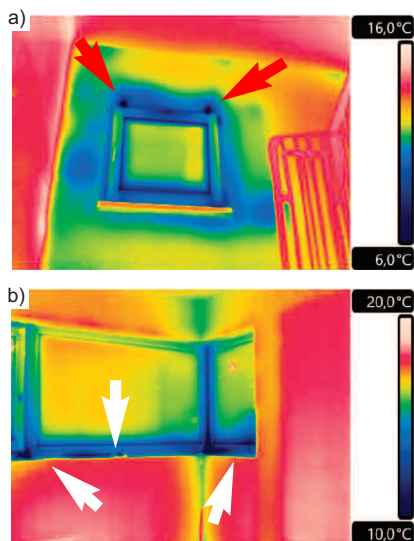
Wszystkie miejsca nieszczelności można wskazać podczas testu ciśnieniowego budynku lub obserwacji od wewnątrz przegrody położonej od strony nawietrznej. W przypadku dużej nieszczelności okien i drzwi może wystarczyć włączenie wentylatora wyciągowego w kuchni i łazience [9]. Spowoduje to powstanie niewielkiego podciśnienia w mieszkaniu, umożliwiając w ten sposób napływ powietrza zewnętrznego przez szczeliny w połączeniach.

Z niechcianą infiltracją powietrza mamy do czynienia również w przypadku niestarannego montażu nowej stolarki okiennej. Wymiana stolarki na nową ma ograniczyć straty ciepła przez zwiększenie jej izolacyjności oraz przez ograni-



czenie infiltracji powietrza przez nieuszczelnności w starych oknach. Najczęściej występujące błędy podczas montażu stolarki, to zbyt słabe ocieplenie ościeży (fotografia 4a), brak ocieplenia podokienników oraz brak pianki montażowej na całym obwodzie ramy okna (fotografia 4b). W skrajnych przypadkach przedmuchy powietrza mogą być tak silne, że spowodują w pomieszczeniach o dużej wilgotności, takich jak kuchnie i łazienki, wykroplenie pary wodnej na wychłodzonym wewnętrznym fragmencie ściany lub ramy okiennej. W przypadku bardzo dużego przenikania powietrza i niskiej temperatury zewnętrznej może dojść nawet do zamarzania skroplonej wilgoci w pobliżu nieuszczelnności.

W czasie montażu nowych okien pionuje się je i stabilizuje za pomocą drewnianych klinów montażowych. Zdarzają się przypadki, że po związaniu pianki montażowej i wyjęciu klinów pozostawia się otwory niewypełnione pianką (fotografia 4a).



**Fot. 4. Nieszczelnności w osadzaniu ram okiennych**

*Photo 4. Air leaks in the window frames*

Po wymianie stolarki okiennej na szczelną, ale pozbawioną nawiewników, może dojść do niekorzystnych zjawisk mykologicznych w mieszkaniu. Na powierzchniach wewnętrznych słabo ocieplonych ścian zewnętrznych lub w miejscach mostków cieplnych (narożniki ścian zewnętrznych) następuje znaczne obniżenie temperatury w odniesieniu do powierzchni przyległych. Przy braku

dotatecznej wentylacji pomieszczeń i osłonięciu tych miejsc, np. zasłonami lub dostawionymi do kątów meblami oraz przy podwyższonej wilgotności, dochodzi często do rozwoju pleśni [2, 11]. W takich przypadkach niezbędne jest sprawdzenie poprawności działania systemu wentylacji przy użyciu anemometrów, wytwornic dymu, termowizji [9], albo w najprostszy sposób, obserwując kierunek odchylenia płomienia zapalanej świecy lub zapałki przy kratkach wentylacyjnych. Stwierdzamy wtedy kierunek ruchu powietrza, który w przypadku wentylacji naturalnej powinien być zwrócony w kierunku kratki wentylacyjnej. Niedopuszczalna jest sytuacja, kiedy na skutek braku dopływu powietrza zewnętrznego do mieszkania przez nawiewniki lub rozszczelnione okna powietrze krąży pomiędzy kanałami wentylacyjnymi w mieszkaniu. Może to wywołać w jednym z pionów wentylacyjnych tzw. ciąg odwrotny, a w efekcie wychłodzenie ściany kanału wentylacyjnego na ostatnich kondygnacjach, a przy zwiększonej wilgotności powietrza wewnętrznego – wykraplanie pary wodnej i powstanie pleśni [8, 13]. Mimo że Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki [6] nakłada obowiązek stosowania w pomieszczeniach z wentylacją grawitacyjną lub wiewną urządzeń nawiewnych, mieszkańcy często zakleją nawiewniki w obawie przed zwiększeniem rachunków za ogrzewanie.

## Podsumowanie

Do zalet termowizji należy zaliczyć możliwość szybkiej, bezstykowej kontroli rozkładu temperatury na dużej powierzchni, co pozwala wykryć anomalie temperatury świadczące o wystąpieniu mostków termicznych, niesprawnej wentylacji, zagrożenia albo przyczyny pojawienia się pleśni na ścianach. Możliwe jest także wykorzystanie termowizji do odbioru prac dociepleniowych w budynkach nowych oraz termomodernizowanych. Podczas kontroli należy pamiętać o zachowaniu odpowiednich warunków, w których może być wykonany pomiar, aby wyciągać właściwe wnioski. Niezbędna jest wiedza i do-

świadczenie z dziedziny budownictwa oraz dostęp do dokumentacji projektowej badanego budynku.

## Literatura

- [1] Adamczewski Włodzimierz. 2008. „Badania termograficzne od zewnątrz”. *Chłodnictwo i Klimatyzacja* (3): 96 – 100.
- [2] Lee Hyun Hwa, Hae Rin Oh, Jae Han Lim, i Seung Yeong Song. 2016. „Evaluation of the Thermal Environment for Condensation and Mold Problem Diagnosis Around Built-in Furniture in Korean Apartment Buildings during Summer and Winter”. *Energy Procedia* 96 (October): 601 – 612. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2016.02.026.
- [3] Nowak Henryk. 2012. „Zastosowanie badań termowizyjnych w budownictwie”. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej.
- [4] Pihelo Peep, Targo Kalamees. 2016. „The effect of thermal transmittance of building envelope and material selection of wind barrier on moisture safety of timber frame exterior wall”. *Journal of Building Engineering* (6). 29 – 38. DOI: 10.1016/j.job. 2016.02.002
- [5] PN-EN 13187:2001. Właściwości cieplne budynków – Jakościowa detekcja wad cieplnych w obudowie budynku – Metoda podczuwieni.
- [6] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z 6 listopada 2008 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. Dz.U. 2008 r. nr 201, poz. 1238 z późniejszymi zmianami.
- [7] Różycki Kamil, Maciej Mijakowski. 2018. „Specyfika szczelności powietrznej budynku drewnianego”. *Materiały Budowlane* 545 (1): 60 – 61. DOI: 10.15199/33.2018.01.16
- [8] Sarosiek Wiesław, Beata Sadowska. 2006. „Wilgoć na wewnętrznych powierzchniach przegród zewnętrznych a mikroklimat mieszkań”. *Materiały Budowlane* (7): 25 – 27.
- [9] Stachniewicz Robert. 2019. „Kontrola sprawności wentylacji przy użyciu termowizji”. *Materiały Budowlane* 557 (1): 38 – 41. DOI: 10.15199/33.2019.01.06
- [10] Stachniewicz Robert. 2018. „Ocena termomodernizacji budynków mieszkalnych za pomocą termografii”. *Materiały Budowlane* 556 (12): 37 – 39. DOI: 10.15199/33.2018.12.12.
- [11] Stachniewicz Robert. 2018. „Use of thermography for determining places in danger of the mold growth in residential buildings”. *Ekonomia i Środowisko* (3): 142 – 156.
- [12] Stachniewicz Robert. 2015. „Using thermography to locate air leakages through the envelope of a building in the summer season”. *Measurement Automation Monitoring*, vol. 61, (6): 261 – 264.
- [13] Wróbel Alina. 2010. „Termografia w pomiarach inwentaryzacyjnych obiektów budowlanych”. Rozprawy i monografie AGH, zeszyt 209. *Badania zostały zrealizowane w ramach pracy nr WZ/WBiŚ/5/2019 i sfinansowane ze środków na naukę MNiSW.*

Przyjęto do druku: 15.12.2020 r.