

Rola pomiarów w certyfikacji i auditingu energetycznym budynków

Termografia - trzecie oko audytora energetycznego

Prowadzę działalność audytorską w dziedzinie termografii już od 1997 r. i często spotykałem się ze zjawiskiem rozbieżności między wynikami termogramów i odczytanymi z nich temperaturami a wynikami dotyczącymi przenikalności cieplnej przegród pozyskanymi z projektów czy symulacji komputerowych.

Zaczynałem w czasach, gdy termografia miała już swą renomę jako narzędzie identyfikacji wad jakościowych typu: gdzie jest mostek termiczny; która ściana jest izolowana termicznie, a która nie itd. Jednak przez długie lata odmawiano technice termograficznej prawa do wykorzystania jej w ocenie ilościowej wad przegród budowlanych. Chodzi tu o ocenę strumienia ciepłego przechodzącego przez przegrodę czy określenia wartości współczynnika przenikalności cieplnej U przegrody. Na szczęście ten czas już jest za nami. Obecna wiedza poparta udanymi wieloletnimi eksperymentami [6] potwierdziła moje oraz kolegów audytorów doświadczenia i nieśmiało próby propagowania tego typu technik pomiarowych.

Poza termografią zajmujemy się w moim przedsiębiorstwie zdalnymi pomiarami zużycia mediów energetycznych oraz parametrów środowiskowych użytkowanych budynków. Każda z tych technik wskazuje nam, że wyliczenia teoretyczne w dziedzinie przewidywania zużycia energii na ogrzewanie budynków niosą ze sobą duże ryzyko błędu.

Ilustracja 1 (wykres) obrazuje wynik sprawdzalności obliczeń teoretycznych wykonanych na bazie ustawy termomodernizacyjnej [7] i odniesionych do rzeczywistego zużycia mediów energetycznych na ciepło do ogrzewania w kilku konkretnych budynkach w Polsce.

Wnioski z analizy tego wykresu są dość zastanawiające. Po pierwsze, błąd wyliczeń czasem przekracza 50%. Zajmuję się metrologią już od 30 lat i w mojej opinii błędy tej wielkości dyskwalifikują tego typu prognozy. Ponadto widać, że budynki usytuowane w Katowicach i w Olsztynie nie wymagają termomodernizacji, bo same bez działań remontowych zmniejszyły zapotrzebowanie na ciepło.

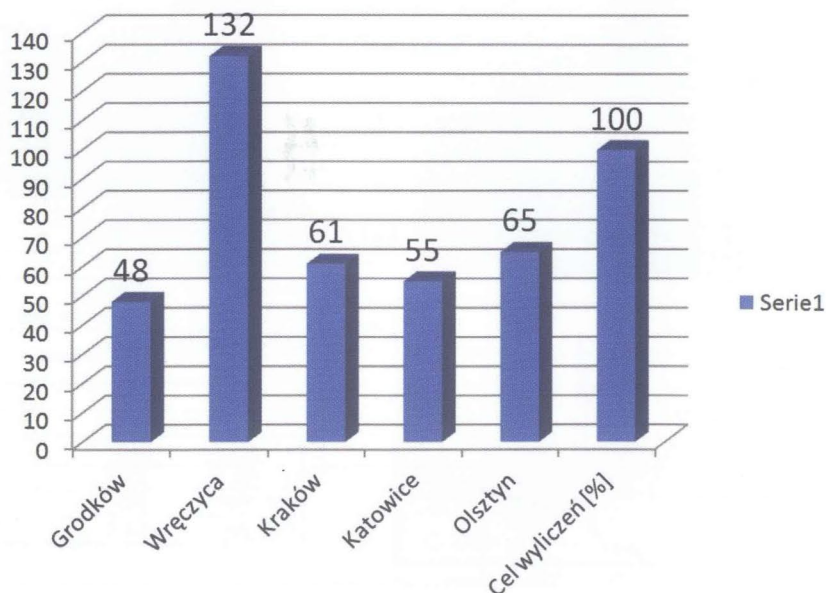
Tak wielkie różnice między tym, co ma być a co jest zastanawiają również w świetle wyliczania stóp zwrotu nakładów inwestycyjnych, które mogą przekraczać znacznie wyliczony w audytach czas. Jeżeli czas zwrotu liczony najprostszą techniką, jaką jest SBPT, wydłuży

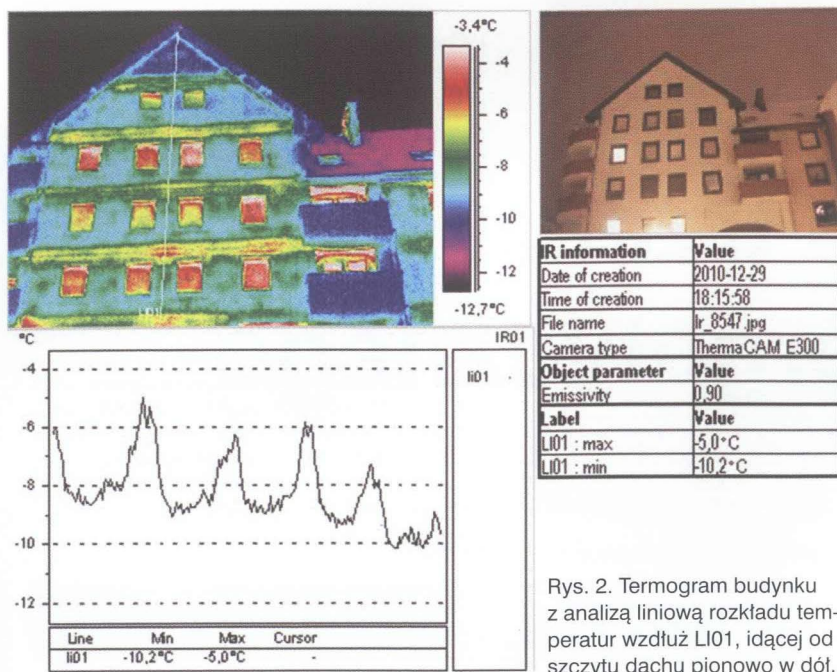
się nam np. z 9 lat do 18 lat, to jakie mogą być dodatkowe koszty obsługi kredytu, który należy na ten czas zaciągnąć, wiedzą tylko ci inwestorzy, którzy dożyją końca spłaty. Wygląda to jak typowa pułapka kredytowa, z której można wyjść jedynie przez spłatę kredytu innymi środkami finansowymi niż te, które były przeznaczone na termomodernizację. A przecież jednym z ciekawszych cech działań termomodernizacyjnych ma być samofinansowanie się spłaty kredytu ze zmniejszonych kosztów na ogrzewanie.

Rozbieżności między teorią a praktyką w ocenie zapotrzebowania budynków na energię mogą mieć wiele źródeł. W mojej opinii są trzy podstawowe:

1 Brak w audytach energetycznych mechanizmów przeliczania zapotrzebowania budynku na energię według innych sposobów użytkowania jego pomieszczeń niż normatywne. Dotyczy to szczególnie temperatur powietrza wewnętrznego oraz strat energii na wentylację pomieszczeń.

Rys. 1. Sprawdzalności wyliczeń zapotrzebowania na energię ciepłą istniejących przykładowych budynków w stosunku do realnego zużycia energii liczonego wg faktur rozliczeniowych. Grodków [1], Wręczyca [2], Kraków [3] po termomodernizacji. Katowice [4] i Olsztyn [5] przed termomodernizacją. Cel wyliczeń – 100 [%] sprawdzalność





Rys. 2. Termogram budynku z analizą liniową rozkładu temperatur wzdłuż LI01, idącej od szczytu dachu pionowo w dół.

2 Zignorowanie w audytach energetycznych technik pomiarowych strat energii cieplnej przez przegrody oraz technik pomiaru zużycia mediów energetycznych zasilających budynek.

3 Brak technik przeliczania krótkookresowych danych klimatycznych (liczonych w pojedynczych latach) na dane klimatyczne długookresowe (liczone w dziesiętkach lat). Dane długookresowe są podstawą w obliczeniach normatywnych i przy dzisiejszych zauważalnych zmianach klimatu wydają się trochę nieaktualne.

Ilustracja 2 pokazuje przykładowy termogram ściany budynku mieszczącego się w jednym z dużych miast Polski w 4 strefie klimatycznej. Budynek oddano do użytkowania ok. 1995 r. Ściana osłonowa ma konstrukcję 3-warstwową, z termoizolacją z wełny i z przerwą

wentylacyjną. Widoczne mostki termiczne mają wielki wpływ na straty ciepła na ogrzewanie tego budynku oraz jeszcze większy wpływ na komfort cieplny osób w nim mieszkających.

Na ilustracji nr 3 widać rozkłady temperatur na ścianie osłonowej, które wydają się być bliskie temperaturze powietrza wewnętrznego, czyli ok. + 16°C. Z wywiadu wynika, że ta temperatura jest bliska maksymalnej, jaką mieszkańcom udało się uzyskać w pomieszczeniu w tych warunkach pogodowych. Mimo ciągłej pracy grzejników podokiennej o temperaturze 70°C, nigdy nie udało się mieszkańcom uzyskać temperatury powietrza wewnętrznego zapewniającego komfort cieplny. Taka sytuacja miała i pewnie ma miejsce nadal, bowiem temperaturę w tym pomieszczeniu reguluje strop, który wychładzany jest do temperatury +5,2°C.

Mimo bardzo licznych mostków termicznych, budynek ten osiągać może wystarczające wskaźniki zapotrzebowania na energię, bowiem opisana prawem polskim metodologia wymaga przyjęcia wskaźnika przenikalności U dla takiej ściany równego 0,4 [W/m²K]. Wynika to z projektu budynku potwierdzonego symulacją pokazaną na rysunku nr 4.

Podjęliśmy zatem próbę wyliczenia współczynnika U na bazie termogramu z rysunku nr 2. Zalecane [6] wykonanie obliczeń z termogramów strony wewnętrznej ściany osłonowej byłoby niemiernodajne, bowiem głównym mostkiem termicznym jest tutaj strop i jego mocowanie w ścianie zewnętrznej. Przepływają przez niego strumienie ciepła nie tylko z badanego pomieszczenia, ale też z pomieszczeń sąsiednich.

U badanej elewacji można wyliczyć metodą porównawczą ze wzoru:

$$U_1 / U_2 = (T_1 - T_c) / (T_2 - T_c) \quad [8],$$

gdzie:

U_1 – U badanego miejsca, przegrody [W/m²K],
 U_2 – wartość oczekiwana U , np. z projektu, lub uznana za poprawną, np. wg najniższego punktu przegrody = 0,39 [W/m²K],

T_1 – temperatura zmierzona na badanej powierzchni (strona zimna) = -8,1 [°C],

T_2 – temperatura oczekiwana lub uznana za poprawną (strona zimna) = -8,8 [°C],

T_c – temperatura powietrza otoczenia przegrody w momencie wykonywania pomiarów (strona zimna) = -10,1 [°C].

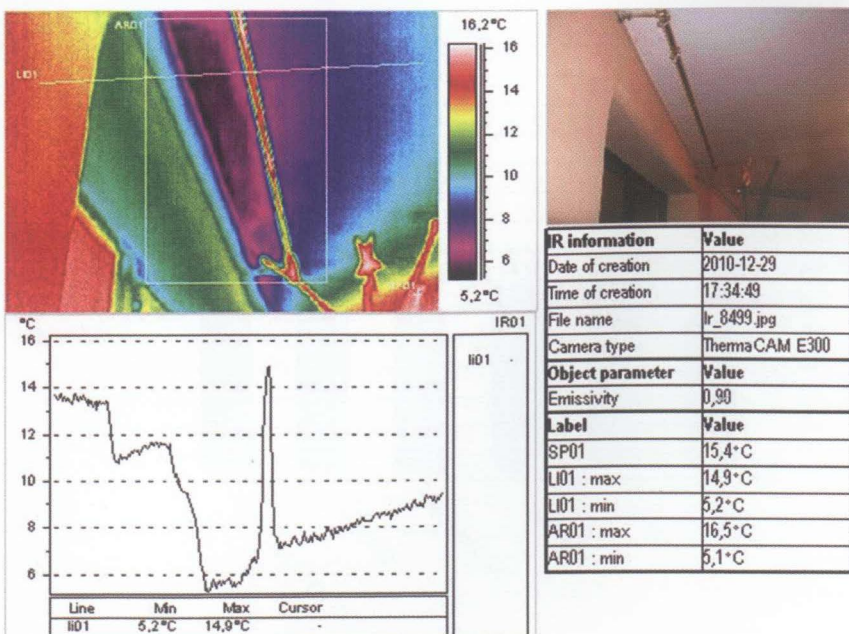
Sposób znalezienia i odczytania powyższych temperatur z termogramu wykracza poza ramy tego artykułu.

$$U_1 / 0,39 = [-8,1 - (-10,1)] / [-8,8 - (-10,1)] = 1,54$$

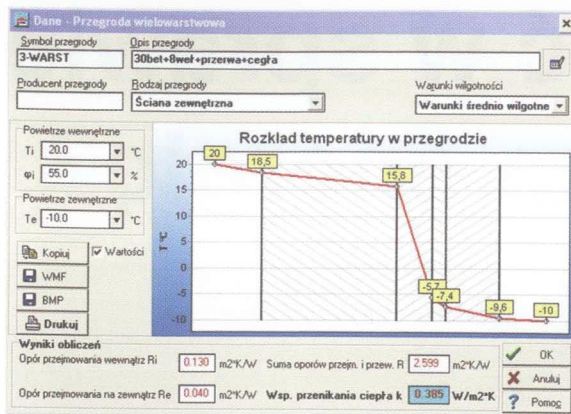
$$U_1 = 1,54 \cdot 0,39 = 0,60 \text{ [W/m}^2\text{K]}$$

Wyliczenie to oparte jest na założeniu, że wszystkie dane zostały pobrane z tego samego termogramu. Większość błędów systematycznych tego pomiaru termograficznego obarcza w sposób podobny prawie wszystkie pokazane na nim izotermy (czytaj piksele). Ta technika odczytu różnic temperatur z tego samego termogramu

Rys. 3. Termogram ściany osłonowej wykonany od wewnętrznej strony budynku z rys. nr 2



IR information	Value
Date of creation	2010-12-29
Time of creation	17:34:49
File name	lr_8499.jpg
Camera type	ThermaCAM E300
Object parameter	Value
Emissivity	0,90
Label	Value
SP01	15,4°C
LI01 : max	14,9°C
LI01 : min	5,2°C
AR01 : max	16,5°C
AR01 : min	5,1°C



Rys. 4. Symulacja rozkładu temperatur wewnątrz przegrody 3-warstwowej. Wyliczone U na rysunku k wynosi 0,385 [W/m²·K]

daje dość dobre wyniki, o błędach podobnych do odczytów z klasycznych ciepłomierzy montowanych na przegrodach [6].

Zmiana średniej wartości U dla nieprzeziernych części elewacji z 0,385 na 0,6 [W/m²·K] ma kapitalne znaczenie dla wyliczeń strat ciepła dla tego badanego budynku i może powiększyć zapotrzebowanie roczne nawet o kilkadziesiąt procent. Gdyby wyliczyć U w „najcieplejszych” częściach mostków termicznych, to wartość tego wskaźnika mogłaby wynieść nawet 1 – 1,5 [W/m²·K].

Z powyższego opisu wynika uzasadniony postulat, by choć jeden termogram badanego budynku, dla którego wykonuje się świadectwo charakterystyki energetycznej znalazł się w tym dokumencie. Wiem, że audyt termograficzny jako integralna część świadectwa charakterystyki energetycznej budynku jest tylko moim marzeniem.

Gabriel Miczka

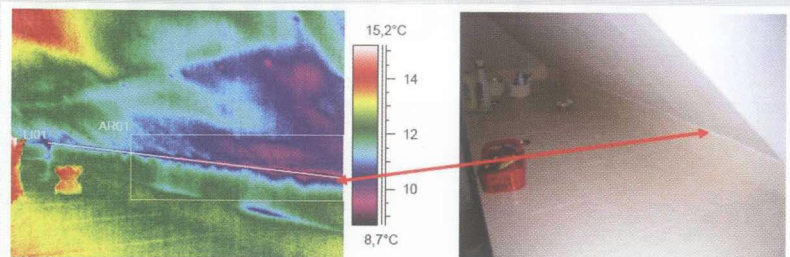
Bibliografia:

- [1] Jacek Zimny, Piotr Michalak. Energia i Budynek, nr 12 (43) 2010, strony 6-11
- [2] Anna Lis, Adam Ujma. Energia i Budynek nr 1 (44) 2011, strony 30-35
- [3] Alina Wróbel, Marek Kitliński. Energia i Budynek, nr 09 (40) 2010, strony 28-36
- [4] Arkadiusz Dębowy, Gabriel Miczka, Witold Kurczyński, Audyt Energetyczny w Katowicach
- [5] Arkadiusz Dębowy, Gabriel Miczka, Witold Kurczyński, Audyt Energetyczny ... w Olsztynie
- [6] Alina Wróbel, Termografia w pomiarach inwentaryzacyjnych obiektów budowlanych, Wydawnictwo AGH
- [7] Ustawa o Wspieraniu Termomodernizacji i Remontów (Dz. U. Nr 223/2008);
- [8] Techniczne Problemy Termomodernizacji. Materiały szkoleniowe dla kursów przygotowujących do czynności audytora energetycznego, część II, Fundacja Poszanowania Energii

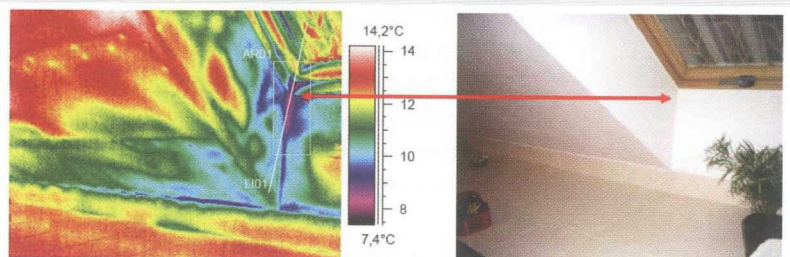
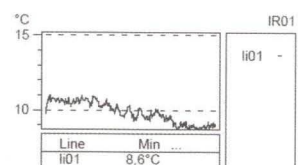
i

TYPOWE BŁĘDY NA PODDASZU

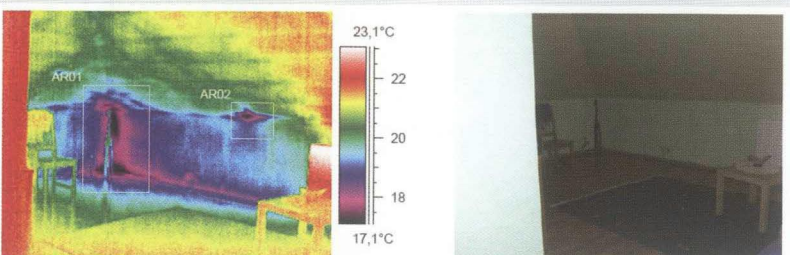
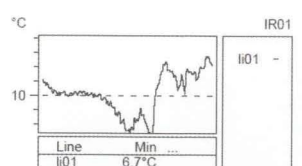
Przykłady kilku typowych i często występujących wad izolacji termicznej poddaszy użytkowych wykazane na termogramach.



IR information	Value
Date of creation	2008-03-01
Time of creation	20:43:51
File name	Ir_2700.jpg
Camera type	ThermaCAM E300
Object parameter	Value
Emissivity	0.89
Label	Value
LI01 : max	11,0°C
LI01 : min	8,6°C
AR01 : max	12,9°C
AR01 : min	8,6°C



IR information	Value
Date of creation	2008-03-01
Time of creation	20:43:52
File name	Ir_2699.jpg
Camera type	ThermaCAM E300
Object parameter	Value
Emissivity	0.89
Label	Value
LI01 : max	12,8°C
LI01 : min	6,7°C
AR01 : max	12,8°C
AR01 : min	6,6°C



IR information	Value
Date of creation	2008-01-29
Time of creation	18:04:06
File name	Ir_1526.jpg
Camera lens	45
Object parameter	Value
Emissivity	0.90
Label	Value
AR01 : max	20,6°C
AR01 : min	16,2°C
AR01 : avg	18,6°C
AR02 : max	20,8°C
AR02 : min	16,6°C
AR02 : avg	19,3°C

i

AUTOR

Gabriel Miczka – inżynier elektryk o specjalności elektroenergetyka. Audyt energetyczny budynków mieszkalnych i użyteczności publicznej. Członek Zrzeszenia Auditorów Energetycznych.

