

Analiza możliwości działań naprawczych służących oszczędzaniu energii na przykładzie budynku klatkowego

Dr inż. Anna Ostańska, mgr inż. arch. Katarzyna Taracha, Politechnika Lubelska

1. Wprowadzenie

Prowadzone przez autorki obserwacje w Lublinie i statystyki¹ bilansujące wyniki audytów energetycznych potwierdzają, że dotychczas, aż 83% termomodernizacji budynków wielorodzinnych skupiało się głównie na ociepleniu ścian zewnętrznych. Ocieplano też stropodachy, strefę cokołową i realizowano prace instalacyjne. Powszechnie uznaje się takie działania za opłacalne. Bilans kosztów w stosunku do długoterminowych zysków energetycznych i ekonomicznych jest dość korzystny.

Dzisiaj istotne wydaje się być dostosowanie obiektu do takiego stanu, aby doprowadzić do zminimalizowania ciągle rosnących kosztów eksploatacyjnych, dlatego warto, już dzisiaj, rozważyć inne możliwe metody pozyskiwania i oszczędzania energii.

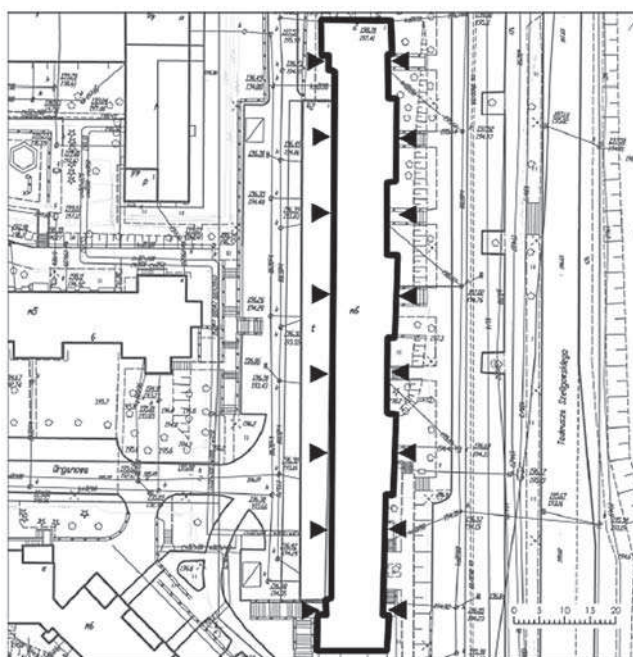
W artykule opisano, wzorem wcześniejszych przykładów², stan budynku przed i po termomodernizacji oraz możliwe działania naprawcze w zakresie remontowym i energetycznym (wg szablonu MDN/R+E).

2. Lubelski budynek segmentowy

Przedmiotem analizy jest jeden z wielu lubelskich budynków wielorodzinnych, zrealizowany w technologii prefabrykowanej. Budynek znajduje się w południowo-wschodniej części dzielnicy Czechów. Obiekt powstał na początku lat 90. Podobnie jak w wielu przypadkach obiektów wieloblokowych w mieście, został on poddany termomodernizacji. Budynek składa się z trzech segmentów. Każdy z nich posiada 8 klatek schodowych. Jedna klatka obsługuje dwa mieszkania na każdej kondygnacji. Rzuty mieszkań w segmencie zaprojektowano jako lustrzane odbicie. Optymal-

¹ Pawlak P., Statystyka audytów energetycznych. Analiza wyników audytów na wybranych przykładach. Prezentacja. BuildDesk dla Forum modernizacyjnego 2010, s. 7

² Autorki publikowały liczne artykuły o tej tematyce, m.in. w Przeglądzie Budowlanym, Inżynierii Budownictwa, i in.

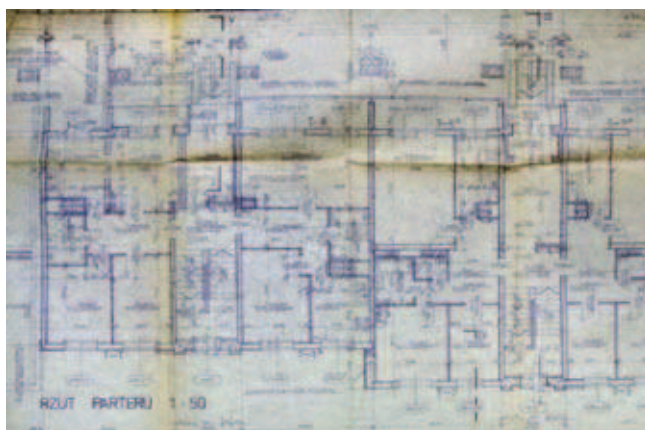


Rys. 1. Lokalizacja budynku klatkowego, z zaznaczonymi strefami wejścia do budynku

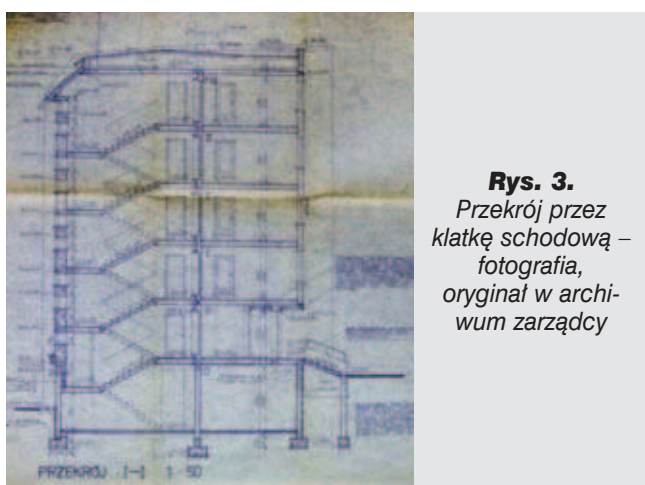
ne naświetlenie mieszkań osiągnięto projektując okna zwrócone na wschód i zachód, w wyniku ustawienia budynku wzdłuż osi północ-południe. Klatka schodowa posiada bezpośrednie doświetlenie przez okna.

3. Pierwotne założenia projektowe

Analizowany budynek jest pięciokondygnacyjny, podpiwniczony, przy czym część budynku i taras od strony zachodniej znajduje się nad garażami, które usytuowano w poziomie piwnic. Było to możliwe dzięki korzystnemu usytuowaniu terenu. Budynek usytuowano wzdłuż osi północ-południe, a rozmieszczenie ośmiu klatek schodowych umożliwia dostęp do nich z dwóch stron (rys. 1). Obiekt znajduje się w sąsiedztwie zabudowy wielorodzinnej o zbliżonych parametrach architektonicznych i drogi lokalnej. W obiekcie znajdują się 103 lokale, obecnie wszystkie są użytkowane.



Rys. 2. Rzut parteru – fotografia, oryginał w archiwum zarządcy



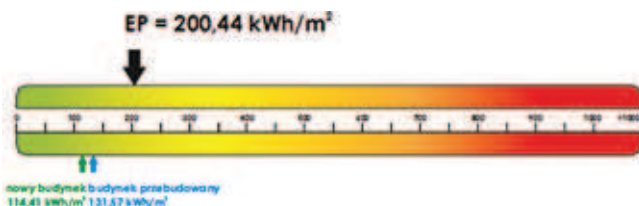
Rys. 3. Przekrój przez klatkę schodową – fotografia, oryginał w archiwum zarządcy

4. Stan obiektu przed termomodernizacją

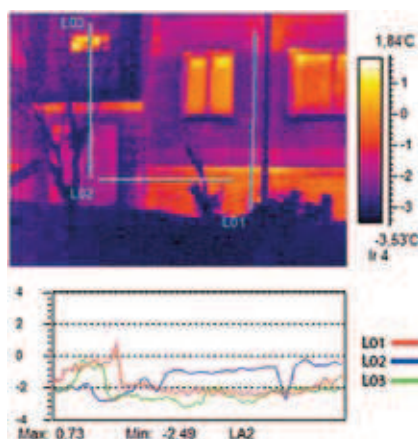
Na podstawie dokumentacji archiwalnej (rys. 2 i 3) stwierdzono, że analizowany budynek zaprojektowano w technologii prefabrykowanej WBLŻ w roku 1991, a w latach 1995–1996 wykonano i rozpoczęto użytkowanie.



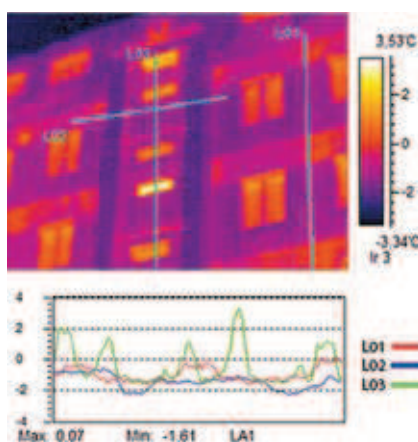
Rys. 4. Widok narożnika północno-wschodniego przed modernizacją, stan grudzień 2010 r.



Rys. 5. Charakterystyka energetyczna budynku klatkowego przed termomodernizacją ścian, pod kątem oceny jakości energetycznej, wg wymagań WT 2008, względem obliczeniowego zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną



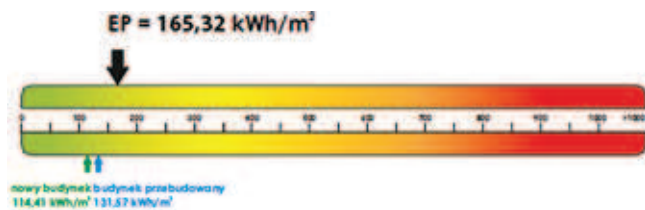
Rys. 6. Termogram elewacji wschodniej przed dociepleniem ścian – widoczne liniowe mostki cieplne na styku płyt w strefie cokołowej i „nadprożowo-wieńcowej” oraz w glicach



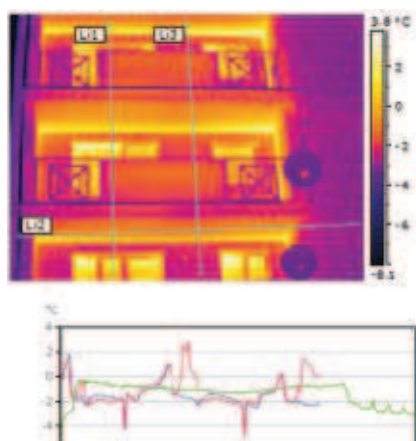
Rys. 7. Termogram elewacji wschodniej przed dociepleniem ścian – widoczne liniowe mostki cieplne w strefie „nadprożowo-wieńcowej” i w glicach

W budynku zastosowano układ konstrukcyjny poprzeczny. Ściany konstrukcyjne i szczytowe wykonano z płyt żerańskich, przy czym szczytowe ocieplono gazobetonem. Ściany osłonowe wykonano z płyt kurtynowych scalanych z dyli gazobetonowych, stropy kanałowe typu Żerań. Charakterystyczna dla budynku jest ostatnia kondygnacja, stanowiąca użytkowane poddasze. Ściany poddasza wykonano z gazobetonu i częściowo osłonięto blachodachówką „chowając” piętro w mansardzie (rys. 4).

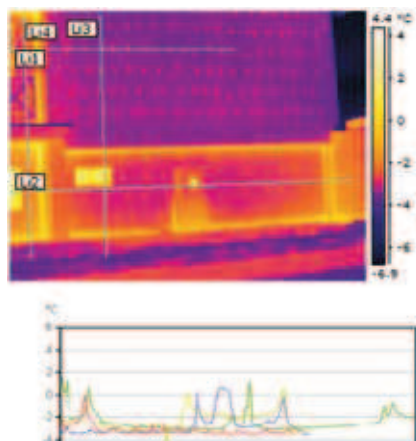
Budynek przykrywa dwuspadowy dach mansardowy oparty na płytach korytkowych, wentylowanych i przykrytych papą. Okna w mieszkaniach są drewniane, szklone podwójnie lub PCV. Drzwi wejściowe wymieniono na termoizolowane. W budynku zaprojektowano



Rys. 8. Charakterystyka energetyczna budynku klatkowego po termomodernizacji ścian, pod kątem oceny jakości energetycznej, wg wymagań WT 2008, względem obliczeniowego zapotrzebowania na nieodnawialną energię pierwotną



Rys. 9. Termogram elewacji południowej po dociepleniu ścian – widoczne liniowe mostki ciepłne na styku płyt balkonowych i ścian loggiowych oraz w glicach



Rys. 10. Termogram elewacji południowej po dociepleniu ścian – widoczne liniowe mostki ciepłne na styku płyt balkonowych i ścian loggiowych, styku ściany szczytowej z cokołem oraz cokołu z opaską przyobiektową

wano wentylację grawitacyjną – w kuchniach i łazienkach. C.O. i przygotowanie C.W. lokalne w wymiennikowni, opomiarowanie lokali indywidualne.

Na podstawie audytu energetycznego ustalono (rys. 5), że wartość energii pierwotnej w analizowanym budynku przed dociepleniem ścian jest przekroczona o ponad 52%.

Podczas badań „in situ” i na podstawie dokumentacji fotograficznej oraz termogramów (rys. 6 i 7) stwierdzono różnicę rozkładu temperatury rzędu 3K, i to w zasadzie w każdym z analizowanych przekrojów. Dotyczy to szczególnie styku płyt prefabrykowanych cokołu i ścian zewnętrznych, daszku nad wejściem od strony wschodniej i strefy „nadprożowo-wieńcowej”.

5. Stan obiektu po termomodernizacji

W roku 2011 przeprowadzono termomodernizację, budynek ocieplono płytami styropianowymi EPS70/040 o grubości 12 cm (ściany) lub 8 cm – ściany w loggiach cofniętych i cokół tylko na fragmencie ściany zachodniej od strony południowej i na ścianie południowej. Docieplono też stropodach wełną mineralną w granulacie o grubości średnio 9 cm.

W styczniu 2012 r. wykonano powtórnie badania termograficzne po realizacji docieplenia. Pierwsza analiza termogramów zrealizowanych przed dociepleniem, omówionych w punkcie 4, wykazała liczne liniowe i powierzchniowe mostki ciepłne.

Następnie, na podstawie audytu energetycznego ustalono (rys. 8), że wartość energii pierwotnej w analizowanym budynku po dociepleniu ścian jest przekroczona już tylko nieznacznie o ponad 25%, zatem w efekcie termomodernizacji ścian spadła o prawie 50%.

Termogramy stanu budynku po dociepleniu potwierdziły obliczenia z audytu, ponieważ w znacznym stopniu zlikwidowano problem ucieczki ciepła przez ściany i cokół (ściana południowa), jednak nadal nie zlikwidowano mostków liniowych przy balkonach (rys. 9), a nawet wytworzono kolejne mostki liniowe na styku docieplenia ściany i cokołu oraz cokołu z opaską odwadniającą (rys. 10). Jest to spowodowane prawdopodobnie zbyt małym zakładem docieplenia ścian na ocieplenie cokołu i brakiem ocieplenia (min. 60 cm) poniżej terenu.

Działania te zdecydowanie zmniejszyły ucieczkę ciepła przez ściany, a co za tym idzie zmniejszyło się również zapotrzebowanie na energię cieplną. Mimo to w dalszym ciągu możliwe jest ograniczenie zapotrzebowanie na energię w analizowanym budynku, np. poprzez zastosowanie działań proponowanych w szablonie MDN/R+E (p. 5.1, tab. 1).

6. Zmniejszenie zapotrzebowania energetycznego budynku

Dotychczasowe działania termomodernizacyjne zmniejszyły jego energochłonność. Jednak jak wynika z analizy badań termograficznych, niewrażliwymi elementami są nadal pozostawione i nowo powstałe mostki liniowe ciepłne oraz różnorodna stolarka okienna wraz z glicami i nieocieplony komin.

Na podstawie badań „in situ” i analizy termogramów oceniono stan techniczno-energetyczny budynku. Następnie sporządzono szablon MDN/R+E³, na podstawie którego wytypowano – możliwe w analizowanym budynku klatkowym do realizacji – działania przyczyniające się do poprawy bilansu cieplnego.

³ Ostańska A., Taracha K., Analiza możliwości działań naprawczych służących oszczędzaniu energii na przykładzie galeriowca. Przegląd Budowlany 9/2011, s. 89–95

Tabela 1. Zakres możliwych działań naprawczych MDN/R+E dla niskiego budynku klatkowego*

Zakres rzeczowy możliwych działań naprawczych MDN/R+E w odniesieniu do planowanego stanu energetycznego budynku	Aktualny/Projektowany stan energetyczny		
	Pierwotny	Standard	Energooszczędny
Montaż nawiewników higrosterowanych			X
Wymiana okien wraz z montażem nawiewników lub z nawiewnikami		X	X
Wymiana drzwi zewnętrznych	X	X	X
Docieplenie ścian		X	X
Docieplenie ścian stykających się z gruntem		X	X
Docieplenie stropów nad piwnicami			X
Docieplenie stropodachów niewentylowanych – mansard			X
Docieplenie stropodachów/dachów wentylowanych		X	X
Zabudowa balkonów			X
Docieplenie pozostawionych mostków liniowych (balkony)			X
Płukanie instalacji c.o.	X	X	X
Regulacja instalacji c.o.	X	X	X
Ocieplenie rur/urządzeń c.o.		X	X
Wymiana instalacji c.o. (grzejniki płytowe, przewody, zawory termostacyjne, zawory podpiornowe, armatura, izolacja)			
Wykonanie instalacji mechanicznej wyciągowej (kratki, wentylatory)			X
Wykonanie układu solarnego (kolektory słoneczne, armatura)			X
Wykonanie układu fotowoltaicznego (panele fotowoltaiczne, armatura)			X
Wykonanie układu odzysku wody szarej (zbiorniki, armatura, instalacja do WC)			X
Wymiana instalacji elektrycznej			
Montaż oświetlenia LED			X
Inne			
Dokumentacja i nadzór dla wybranego zakresu MDN/R+E w odniesieniu do planowanego stanu energetycznego budynku	Aktualny/Projektowany stan energetyczny		
	Pierwotny	Standard	Energooszczędny
Ekspertyza – ocena stanu technicznego			X
Audyt energetyczny albo świadectwo charakterystyki energetycznej		X	X
Projekt docieplenia i kolorystyki elewacji (termomodernizacji)	X	X	X
Projekt zabudowy balkonów i likwidacji pozostawionych mostków			X
Projekt wymiany instalacji c.o.			
Projekt instalacji wentylacji mechanicznej			X
Projekt instalacji solarnej dla potrzeb c.w.			X
Projekt instalacji fotowoltaicznej dla potrzeb prądu wspólnego/produkcyjnych			X
Projekt instalacji szarej wody dla potrzeb wc			X
Projekt zastosowania energooszczędnego oświetlenia LED			X
Inne			
Nadzór inwestorski	X	X	X

* Szablon opracowała dr inż. Anna Ostańska w ramach współpracy z Uniwersytetem Zielonogórskim w Projektach strategicznych dla Narodowego Centrum Badań i Rozwoju Nr SP/B/1/91454/10 i Nr SP/B/8/91015/10

6.1. Możliwe działania naprawcze, remontowe i energooszczędne wg szablonu MDN/R+E (tab. 1)

6.2. Propozycja działań naprawczych służących oszczędzaniu energii

6.2.1. Zmiany architektoniczne

W ramach proponowanych działań podnoszących efektywność energetyczną obiektu należy rozważyć zabudowę zestawami szklanymi loggi cofniętych. Obecnie lokatorzy na własną rękę zabudowują balkony, ale proces ten nie podlega kontroli, w związku z tym estetyka wykonania takich samowolnych przestroni może

działać na szkodę obiektu. Przeprowadzone badania ITB i obserwacje autorek potwierdziły zasadność stosowania zabudowy balkonów. Zauważono, że jeśli są to nawet tylko częściowe zabudowy, to i tak skutecznie ograniczają straty, szczególnie przed wywiezieniem ciepła z mieszkania. Zabudowy balkonów stanowią też korzystny wpływ na komfort akustyczny mieszkań, a to w sytuacji sąsiedztwa drogi lokalnej jest bardzo istotne. Proponuje się również lokalnie (na ścianie południowej, pełną zabudowę balko-

⁴ Ewa Kosmala, Wady wielkiej płyty, konsekwencje dotychczasowych prac termomodernizacyjnych, www.cieplej.pl



Rys. 11. Prefabrykowany budynek mieszkalny – 4-kondygnacyjny z poddaszem zamieszkałym – wraz z przykładem zaleceń (MDN/E na ikonkach) i rozwiązań (MDN/R+E), opracowano na podstawie załącznika EAM dla Lublina

Tabela 2. Zestawienie oświetlenia na ciągach komunikacyjnych i w piwnicach

Nazwa urządzenia	Liczba sztuk w obiekcie	Moc [W]	Średni czas pracy [h]	Razem [Wh]
LED (komunikacja w tym oświetlenie zewnętrzne)	88	20	10	17600
LED (piwnice)	113	20	0,5	1130
			RAZEM	18730

nów na rzecz powiększenia powierzchni użytkowej w mieszkaniach sąsiadujących ze ścianą szczytową. Na rysunku 11 pokazano wizualizację budynku przedstawiającą niektóre z proponowanych rozwiązań, a ikony opisują propozycje wybrane dla szeregowca, opracowane w załączniku do EAM Lublin.⁵

6.2.2. Pasywne systemy pozyskiwania energii

W analizowanym obiekcie stwierdzono możliwość zastosowania instalacji pozyskującej energię słoneczną. Należą do nich w warunkach miejskich, m.in.:

1. Systemy solarne. Z dotychczasowych doświadczeń wynika, że „inwestycje polegające na modernizacji systemów przygotowania ciepłej wody w oparciu

o wykorzystanie kolektorów słonecznych, jako proekologiczne (spadek emisji zanieczyszczeń) wymagają dofinansowania i mechanizmy takie nadal powinny funkcjonować”⁶.

2. Systemy fotowoltaiczne. Obliczono liczbę ogniw i koszt instalacji dla zapotrzebowania na tak zwaną energię wspólną, czyli obsługę klatek schodowych, piwnic i oświetlenia zewnętrznego w budynku wielorodzinnym. W ramach proponowanych rozwiązań właściwym wydaje się być zastosowanie instalacji fotowoltaicznej do zmniejszenia kosztów energii wspólnej. Aby poprawnie dobrać ilość ogniw fotowoltaicznych konieczne jest określenie:⁷

- napięcia pracy odbiorników (12 VDC/24 VDC/230 VDC),
- typowe ogniwa pozwalają uzyskać napięcie stałe 12 VDC lub 24 VDC. W przypadku szczególnego zapotrzebowania zaleca się zastosowanie odpowiedniej przetwornicy,
- napięć i czasu pracy urządzeń wykorzystywanych w obiekcie w zakresie prądu wspólnego. Zapotrzebowanie na napięcie oświetlenia dla potrzeb klatek schodowych i korytarzy w piwnicach oszacowano w sumie na 18 730 Wh dziennie.
- minimalnej pojemności akumulatora: $18\,730\text{ Wh}/12\text{ V} = 1560\text{ Ah}$; $1560\text{ Ah} * 1,5 = 2340\text{ Ah}$,
- wielkości baterii słonecznych (przyjęto zależną od czasu pozyskiwania przez instalację promieniowania słonecznego:
 - Zimą – 3 h
 - Wiosną lub Jesienią – 8 h
 - Latem – 10 h
 - Całorocznie – 5 h).

W związku z tym wielkość baterii słonecznej przyjęto następująco:

Okres działania baterii słonecznych	Pojemność baterii/ czas pracy	Minimalna wartość ogniw
Zima	2340 Ah/3 h=780 A	$12\text{ V} * 780 = 9360\text{ W} = 9,360\text{ kW}$
Wiosna/Jesień	2340 Ah/8 h= 292,5 A	$12\text{ V} * 292,5 = 3510\text{ W} = 3,510\text{ kW}$
Lato	2340 Ah/10 h=234 A	$12\text{ V} * 234 = 2808\text{ W} = 2,808\text{ kW}$
Cały rok	2340 Ah/5 h=468 A	$12\text{ V} * 468 = 5616\text{ W} = 5,616\text{ kW}$

Wynika stąd, że wartość mocy baterii słonecznych podawana jest dla napięcia maksymalnego, lub maksymalnego napięcia w punkcie mocy, przyjęto wartość roczną mnożoną przez 1,5 jednostki. W analizowanym przypadku klatkowca wynosi to:

⁵ Ostańska A, Taracha K., Załącznik do Energetycznego Audytu Miejskiego dla Lublina. Maszynopis 2011 – opracowanie wykonane na Uniwersytecie Zielonogórskim w projektach Nr SP/B/1/91454/10 i Nr SP/B/8/91015/10 realizowanych dla Narodowego Centrum Badań i Rozwoju

⁶ Życzyńska A., Efekty wykorzystania kolektorów słonecznych do przygotowania ciepłej wody w budynkach wielorodzinnych. Autobusy. Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe. 10/2011, s. 465

⁷ Opracowano na podstawie wzorów zamieszczonych na: www.akumulatory-zelowe.pl

$5,616 \text{ kW} * 1,5 = 8,424 \text{ kW}$ – wyłącznie dla zasilania oświetlenia ciągów komunikacyjnych i piwnic. Ostatecznie przyjęto baterię docelową o mocy 10 kW i akumulator o mocy 3420 Ah i na tej podstawie zaproponowano zastosowanie ogniwa o mocy 120 W.

• Zatem potrzebna ilość paneli słonecznych to:

$10 \text{ kW} / 0,12 \text{ kW} = 83,33 \approx 84$ sztuki;

Zajmowana powierzchnia:

$84 * 0,98 * 0,808 = 66,51 \approx 67 \text{ m}^2$;

Szacunkowy koszt paneli:

$84 * 1250 = 105\ 000 \text{ zł}$;

Liczbę potrzebnych akumulatorów (100 Ah) przyjęto jako: $2340 \text{ Ah} / 100 \text{ Ah} = 23,4 \approx 24$ sztuki;

Koszt wszystkich akumulatorów wynosi: $24 * 720 = 17\ 280 \text{ zł}$.

Do tego koszt przetwornicy z 12 V DC na 230 V AC: Przetwornica 12 V/24 V/230 V – 1600 VA, co daje koszt: 5000 zł.

Zatem całkowita suma kosztów wynosi w analizowanym przypadku ośmioklatkowego budynku: $105\ 000 \text{ zł} + 17\ 280 \text{ zł} + 5000 \text{ zł} = 127\ 280 \text{ zł}$ + instalacja + sterowanie $\approx 135\ 375 \text{ zł}$.

W analizowanym prefabrykowanym budynku ośmioklatkowym zalecono montaż na południowej elewacji 84 sztuk ogniw fotowoltaicznych o powierzchni 67 m^2 . Obli-

czenia zaokrąglano w górę, co daje niewielki zapas i jest wystarczające do zasilania oświetlenia klatek schodowych, oświetlenia przy wejściach do budynku i piwnic.

7. Podsumowanie

Budynki wielorodzinne z lat 90. wymagają przeprowadzenia nie tylko termomodernizacji, ale również podjęcia działań w kierunku zastosowania odnawialnych źródeł energii. Typowe prefabrykowane klatkowce mogą generować duże zyski wynikające z zastosowania OZE. Działania takie wymagają odpowiednich nakładów, które bez dopłat do tych systemów nie będą mogły się szybko zwrócić i w ocenie użytkowników staną się nieopłacalne. Możliwe i celowe jest poszerzenie zakresu działań energooszczędnych, które pokazano na przykładzie autorskiego szablonu MDN/R+E (w tym również wybrane działania OZE). Jednak realizacja pełnego zakresu zaleceń wiąże się z kosztami dla każdego właściciela czy zarządcy, choć może też przynieść relatywne zyski w przyszłej eksploatacji.

Szablon MDN/R+E może być zastosowany również w innych typach zabudowy, po odpowiednim skorygowaniu potrzeb i możliwości w konkretnych obszarach realizacji.

Producent markowych konferencji
oraz autorskich produktów dla środowiska
architektoniczno-budowlanego.

degustacja na www.infoinvest.pl
tel. 22 532 14 00

info invest
www.invest.pl

info invest
pracownia eventow