

Energetyczny audyt miejski, z wykorzystaniem szablonu MDN/R+E, jako instrument planowania oszczędności energetycznej w mieście

Anna Ostańska, Katarzyna Taracha

*Katedra Architektury, Urbanistyki i Planowania Przestrzennego,
Wydział Budownictwa i Architektury, Politechnika Lubelska,
e-mail: a.ostanska@pollub.pl, katarzyna.taracha@gmail.com*

Streszczenie: Zespół badawczy podjął prace nad stworzeniem dla Lublina Energetycznego Audytu Miejskiego (zwanego dalej EAM). Powstałe w ten sposób opracowanie jest zbiorem danych na temat zabudowy, licznych analiz struktury miasta i budynków mieszkalnych. Instrument EAM ma na celu wykazanie obecnego lub planowanego, szacunkowego zużycia energii w mieście i propozycje możliwych do zrealizowania działań oszczędności energetycznej. Całość opracowania EAM wraz z załącznikiem została wykorzystana, m.in. jako jedna z analiz przy opracowaniach planistycznych - *Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego dla miasta Lublina*, wrzesień 2011. W artykule do omówienia EAM wykorzystano autorski szablon Możliwych Działań Naprawczych / Remontowych i Energooszczędnych (zwany dalej MDN/R+E) na przykładzie 11. kondygnacyjnego budynku prefabrykowanego.

Słowa kluczowe: termomodernizacja, energooszczędność, rewitalizacja, efektywność energetyczna.

1. Wstęp

W ostatnich latach powszechnym stał się widok termomodernizowanych budynków mieszkalnych. Obecnie większość wielorodzinnych osiedli z lat 70-80. jest po lub w trakcie takich działań. Najczęściej polegają one na wykonaniu izolacji termicznej i poprawie estetyki elewacji. Pytanie: Na ile ocieplenie pozwoli zaoszczędzić energię w mieście, i czy to już wystarczy?

Na tegorocznej krakowskiej konferencji PLGBC, która odbyła się w listopadzie padło stwierdzenie, będące uzasadnieniem inwestowania w modernizację budynków eksploatowanych, zrealizowanych w latach 70.-80.: *Najbardziej ekonomiczne i ekologiczne są te budynki, które już istnieją*. Należy zauważyć, że nasz kraj nie posiada znaczącej rezerwy mieszkaniowej, a 48% ludności mieszka w budynkach wielorodzinnych. Natomiast fakt szacunku użytkowników dla przestrzeni osiedla oraz przywiązania do miejsca wskazuje na to, że stawianie nowych obiektów kosztem przesiedlania mieszkańców z eksploatowanych budynków w Polsce jest po prostu nieopłacalne.

Jak wykazały badania ITB publikowane w 1996r. i prowadzone, na terenie Lublina od 2002 r.¹, większość budynków wielorodzinnych wykonanych w latach 70. XX wieku, póki co, jest w dobrym stanie technicznym, a po ociepleniu trwałość ich będzie zapewne wydłużona. Problemem jest jednak nadal, w tych budynkach, wysokie zapotrzebowanie na energię ciepłą, którego nie da się wyeliminować tylko dociepleniami. Poprawnie przeprowadzona termomodernizacja może być wyjściem z tego impasu, ale czy termomodernizacja to tylko ocieplenie elewacji?

W artykule przedstawiono syntezę, jak w opracowaniu EAM pomoc może usystematyzowanie działań do zakresu wynikającego z szablonu MDN/R+E, który uwzględnia zarówno działania remontowe, jak i energetyczne, czyli służące poprawie jakości życia mieszkańców, ale nie tylko przez polepszenie warunków zamieszkania, lecz również przez zmniejszenie kosztów utrzymania budynków.

Szerzej szablon MDN/R+E i zasady metodologii EAM autorki opisały już odrębnie w grudniu 2011 w artykułach [6,9]. W niniejszym artykule pokazano „ścieżkę” zastosowania opracowanego szablonu bezpośrednio w EAM.

2. Energetyczny Audyt Miejski (EAM)

Zespół naukowy, pod przewodnictwem dr hab. inż. arch. Janiny Kopietz-Unger, prof. UZ, postawił sobie za cel opracowanie instrumentu pozwalającego na określenie zużycia energii dla konkretnej jednostki urbanistycznej. Prace nad Energetycznym Audytem Miejskim dla Lublina prowadziła dr inż. Anna Ostańska wraz z zespołem².

W ramach Zadania badawczego nr 1: Analiza możliwości i skutków socjoekonomicznych wzrostu efektywności energetycznej w budownictwie, umowa Nr SP/B/1/91454/10, NCBiR 2010. Stworzono nowatorski model Energetycznego Audytu Miejskiego. Metodologię opracowania oparto, m.in. na algorytmie sporządzenia audytu energetycznego dla budynku zgodnie z RMI z dnia 17 marca 2009 r. w sprawie audytu energetycznego [1] i algorytmu rewitalizacji [3]. Skupiono się przede wszystkim na zabudowie mieszkalnej, a w szczególności wielorodzinnej. Rozważania nad potrzebą stworzenia ujednoliconego, przystępnego i ogólnodostępnego schematu planowania oszczędności energetycznych w mieście związane były z koniecznością osiągnięcia celu indykatywnego oszczędności energii zgodnie z wymaganiami Dyrektywy 2006/32/WE [2], tj. 9% w roku 2016 w stosunku do roku 2007.

2.1. Metodologia EAM

Lubelski zespół podjął się opracowania ciągu logicznego- algorytmu EAM, z wykorzystaniem szablonu MDN/R+E, przedstawionego w wersji uproszczonej na Rys. 1.

Zabudowę miejską poddano obserwacji i scharakteryzowano jako zbiór powtarzających się elementów o zbieżnych cechach.

Następnie wyszczególniono tylko te analizy, które miały znaczący wpływ na współczynnik EK określający zapotrzebowanie obiektu na energię dla potrzeb użyt-

1 Wielokrotnie przytaczane w publikacjach współautorki (A.O.).

2 mgr inż. Konrad Bąbol i mgr inż. arch. Katarzyna Taracha.

kowych. Podjęto starania mające na celu określenie stanu techniczno-energetycznego grupy obiektów reprezentatywnych. W ramach badań w Lublinie i okolicy przeanalizowano ponad 18. tys. obiektów: wielorodzinnych, jednorodzinnych i usługowych. Przy czym skatalogowano 40. obiektów zestawiając dane z audytów archiwalnych. W budynkach tych wykonano wizje lokalne i przeprowadzono analizę dokumentów archiwalnych oraz badania „In situ” i termowizyjne, sporządzono też dokumentację: fotograficzną i termograficzną, które przeanalizowano i oceniono pod kątem uzyskanej efektywności energetycznej³. Ostatecznie stworzono bazę danych, 32. budynków, na temat Lubelskiej zabudowy wielorodzinnej, zarówno tradycyjnej, jak i uprzemysłowionej.

Na podstawie przeprowadzonych analiz pogrupowano zabudowę pod kątem przyjętych parametrów: wieku budynków (Rys. 2), technologii realizacji (Rys. 3) i sposobu zasilania w energię ciepłą (Rys. 4), co opisano szerzej w p. 2.3. Po zestawieniu występujących zależności wybrano obiekty reprezentatywne, będące przedstawicielami wszystkich zaistniałych w badaniach zależności (Rys. 5). Wyniki otrzymane dla wybranych, na terenie Lublina, 9. reprezentantów przeliczone w stosunku ważonym na [m²] wszystkich obiektów w mieście o zbliżonych parametrach, dają obraz zużycia energii i możliwych oszczędności w całej strefie energetycznej.

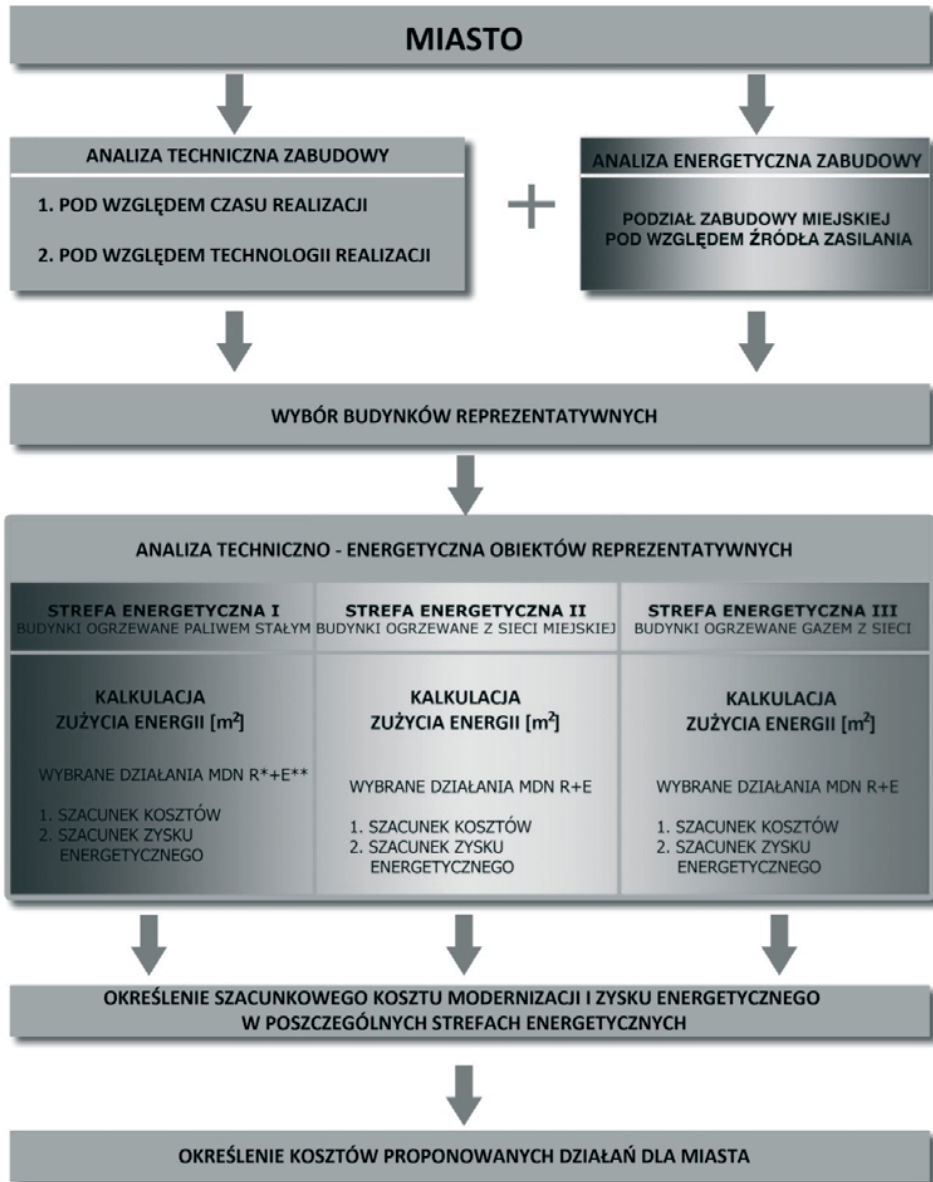
Uzyskane w ten sposób zestawienia dla zabudowy w kolejnych strefach energetycznych pozwoliły na oszacowanie możliwych oszczędności energetycznych planowanie kierunków rozwoju, polityki miejskiej oraz działań i inwestycji służących podniesieniu efektywności energetycznej.

Dokładność uzyskanych wyników za pomocą instrumentu EAM zależy od przyjętej skali opracowania (osiedle, dzielnica, miasto) jak też, od ilości przebadanych obiektów.

Zespół przystępując do pracy, wzorem algorytmu rewitalizacji [3], uznał za konieczne rozpoznanie preferencji samych użytkowników budynków wielorodzinnych. W tym celu przeprowadzono w wywiadzie bezpośrednim ankiety społeczne na terenie Lublina w ilości 245 sztuk w skali jednego osiedla o liczbie mieszkań 1557, co daje reprezentatywną próbę ponad 15%. Z każdego mieszkania pytano tylko jedną osobę, która wyraziła zgodę na udział w ankiecie. Analiza wyników badań ankietowych wykazała, m.in. że mieszkańcy są zainteresowani, możliwością oszczędzania energii w budynkach wielorodzinnych. Badania prowadzono w wywiadzie bezpośrednim, co umożliwiło wyjaśnienie ankietowanym, na czym polegają proponowane działania proenergooszczędne i ekologiczne.

Zdaniem ankietowanych najbardziej, spośród wielu zawartych w pytaniach, pożądanymi inwestycjami oszczędzającymi energię byłyby: montaż kolektorów słonecznych, paneli fotowoltaicznych oraz instalacja pomp ciepła (po 86%), nieco mniejszym zainteresowaniem cieszyły się propozycje instalacji wykorzystującej wtórny obieg wody (71%), system regulacji c.o. (50%), monitoring kontroli zużycia energii (48%) i dokończenie wymiany stolarki okiennej na PCV (43%), więcej szczegółów zamieszczono w [7].

³ Zgodnie ustawą o efektywności energetycznej [8]... z art.3. „Efektywność energetyczna to, m.in. stosunek uzyskanej wielkości efektu użytkowego danego obiektu,..., w typowych warunkach użytkowania lub eksploatacji, do ilości zużycia energii przez ten obiekt,..., niezbędnej do uzyskania tego efektu.”



Rys. 1. Algorytm EAM z wykorzystaniem szablonu MDN/R+E.

Fig. 1. CAE algorithm using the flowchart of possible improvements MDN/R+E template.

W trakcie wywiadu bezpośredniego zauważalne było duże zainteresowanie użytkowników alternatywnymi metodami pozyskiwania energii. Świadczyć to może o coraz większej popularyzacji ekologicznych rozwiązań. W większości przeprowadzanych wywiadów mieszkańcy wykazywali znajomość wyspecyfikowanych rozwiązań. Często też podejmowali polemikę na temat problemów energetycznych badanych obiektów i możliwości ich rozwiązania. Takie zainteresowanie lokatorów i deklaracja czynnego udziału w pracach bądź partycypacji to potencjał godny uwagi.

Działania uwzględniające czynnik społeczny służą udanej rewitalizacji, którą należy rozumieć nie tylko jako modernizację obiektów, ale także jako aktywizację i pobudzenie świadomości użytkowników, którego wynikiem jest poprawa warunków ich życia. Aspekt ten został częściowo zrealizowany poprzez pobudzenie świadomości ankietowanych w trakcie bezpośredniej rozmowy na temat rozwiązań energooszczędnych i odpowiedniego sposobu użytkowania lokali. Stwierdzono, że zarządzający rzadko wykorzystują możliwość bezpośrednich rozmów w tym zakresie. Choć autorkom są znane pojedyncze działania edukacyjne na terenie Lublina, za pomocą instrukcji eksploatacji dostarczanych mieszkańcom do skrzynek pocztowych.

2.2. Badania stanu technicznego zasobów mieszkaniowych

Pierwszym działaniem zgodnie z algorytmem (Rys. 1) było określenie stanu technicznego mieszkaniowej zabudowy miejskiej. Zbadano wiek zabudowy (Rys. 2), pośrednio determinuje on typologię-formę i styl zabudowy, a także technologię realizacji (Rys. 3).

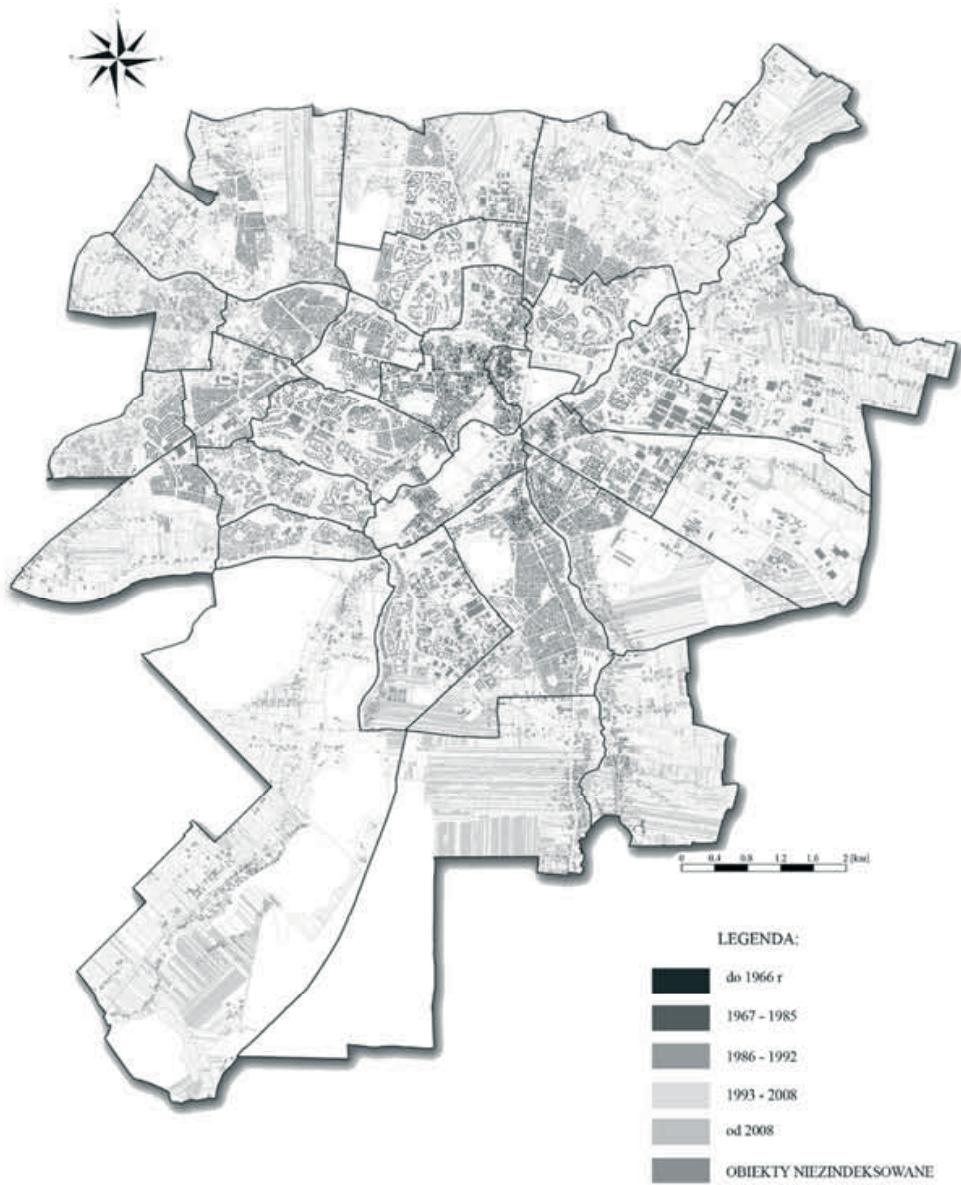
2.3. Podział miasta na strefy energetyczne

Następnym etapem prac w EAM było sklasyfikowanie zabudowy pod względem źródła zasilania w ciepło. Obszar miasta podzielono na trzy strefy energetyczne określające przeważające źródło zasilania obiektów w ciepło na poszczególnych obszarach co pokazano na rysunku 4. Wyszczególniono trzy strefy energetyczne, dla których wyróżniono różnorodny sposób zasilania budynków w ciepło:

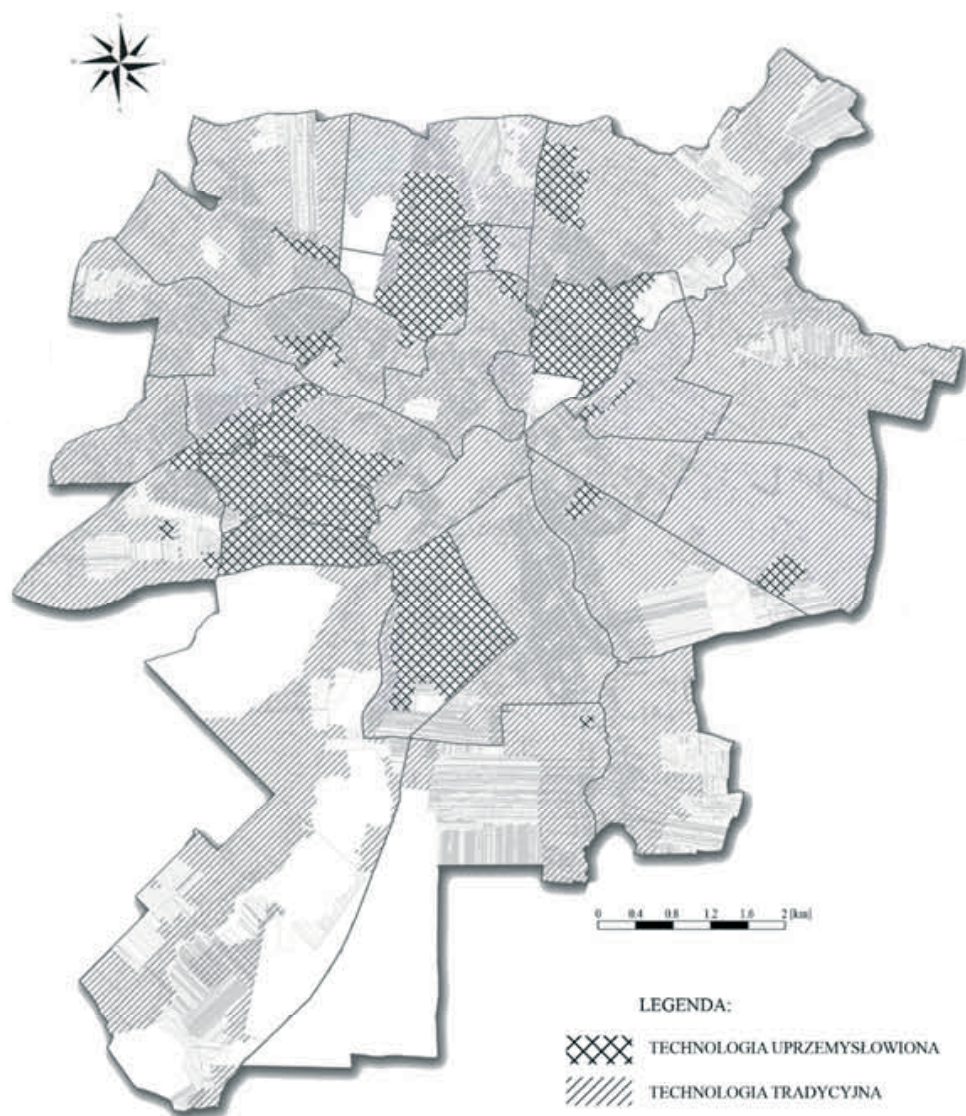
I – zwana czerwoną, w której główne źródło ciepła stanowi indywidualna kotłownia na paliwo stałe;

II – zwana żółtą, w której główne źródło ciepła źródło pochodzi z elektrociepłowni zasilającej sieci LPEC;

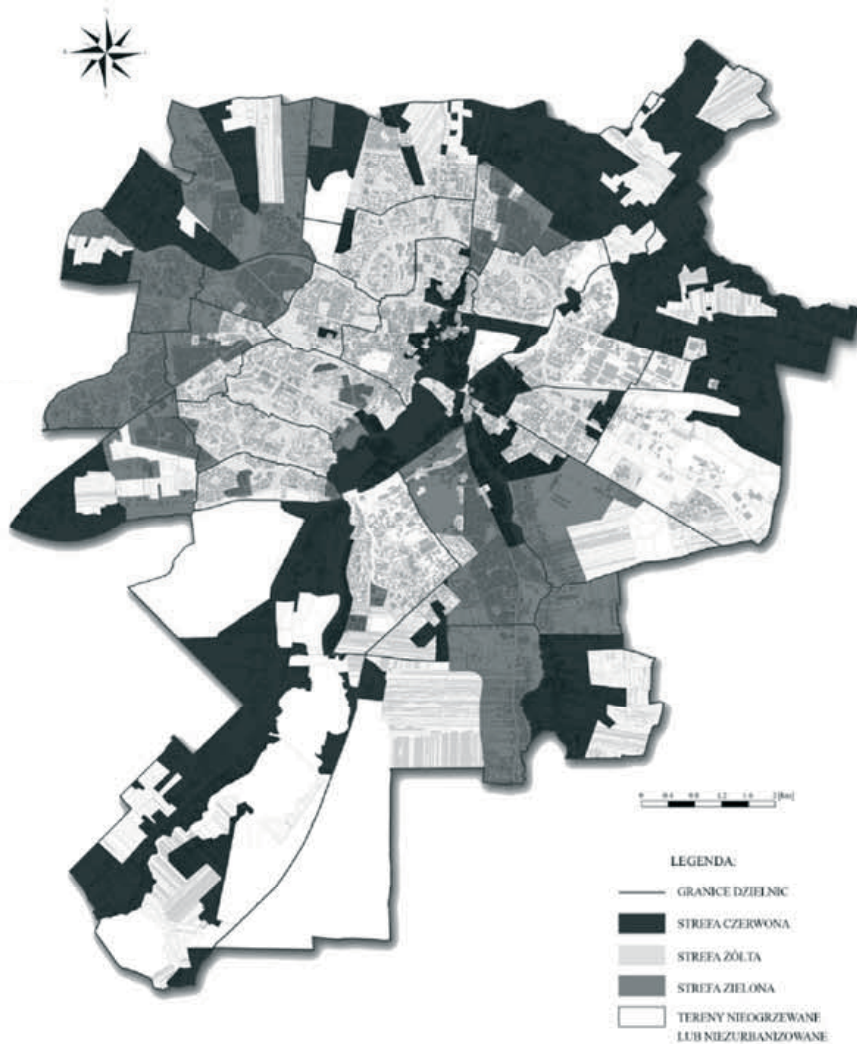
III – zwana zieloną, w której główne źródło ciepła stanowi lokalna kotłownia gazowa.



Rys. 2. Klasyfikacja zabudowy mieszkalnej miasta pod względem daty realizacji.
Fig. 2. Lublin housing stock age structure.



Rys. 3. Klasyfikacja zabudowy mieszkalnej pod względem technologii realizacji.
Fig. 3. Lublin housing stock according to construction methods.



Rys. 4. Rozmieszczenie stref energetycznych na terenie Lublina.

Fig. 4. „Energy zones” of Lublin.

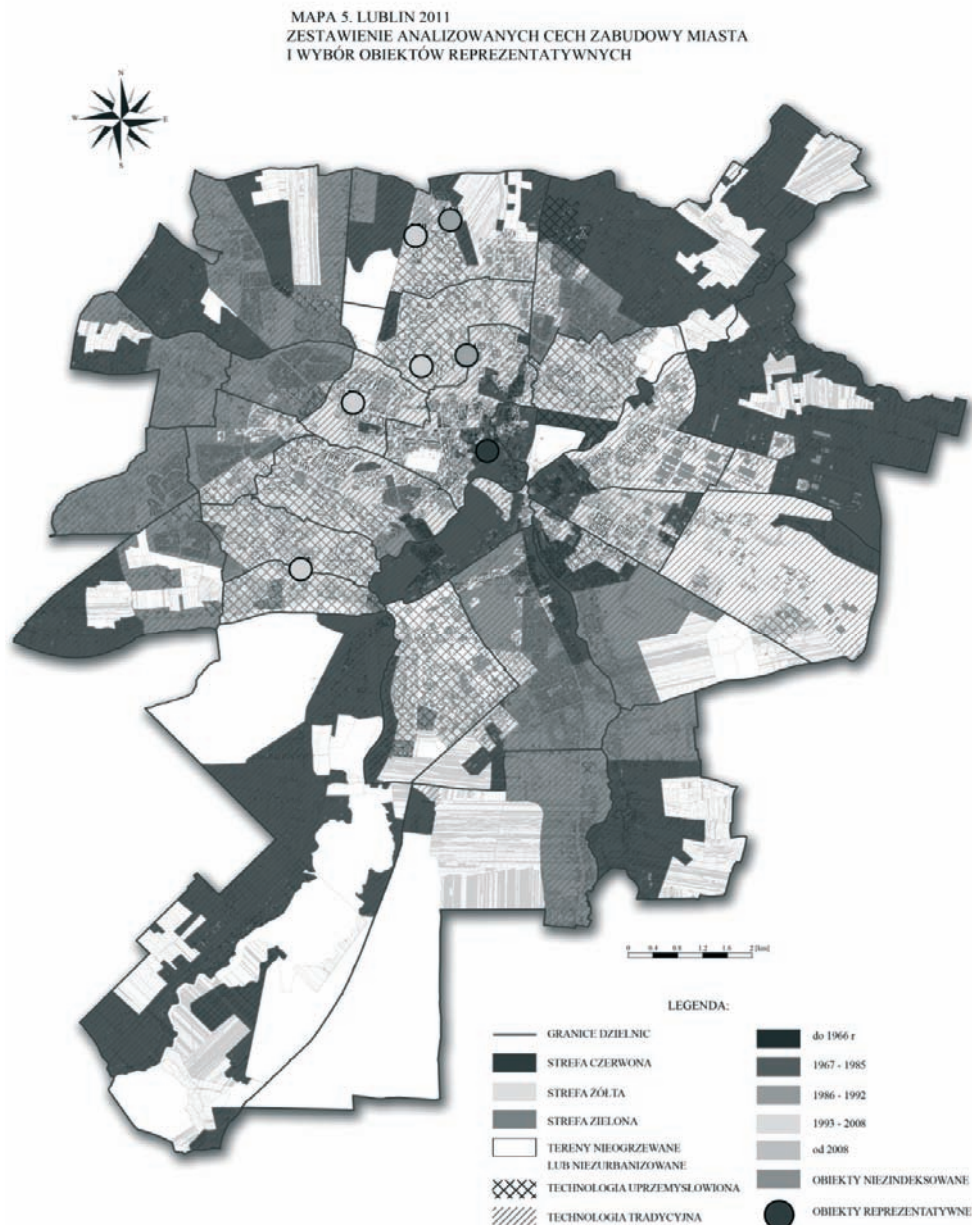
2.4. Ustalenie typoszeregów i wytypowanie obiektów reprezentatywnych

Na podstawie przeprowadzonych analiz m.in.: wieku zabudowy, technologii i przynależności obiektu do strefy energetycznej, pogrupowano zabudowę względem zbieżnych parametrów w typoszeregi. Celem tych badań było określenie wpływu i rozkładu parametrów energetycznych⁴ i ekonomicznych⁵ na jednostkę

4 W EAM uwzględniono, m.in. parametry energetyczne takie jak: procentowe zmniejszenie zużycia energii i kosztów jej zakupu...

5 W EAM uwzględniono, m.in. parametry ekonomiczne takie jak: nakłady inwestycyjne i prostą stopę zwrotu (SPBT)...

przestrzenną w mieście. Następnie wytypowano obiekty reprezentatywne będące przedstawicielami wyszukując związku między wybranymi parametrami (Rys. 5).



Rys. 5. Zestawienie analizowanych cech zabudowy miasta i wybór obiektów reprezentatywnych [7].

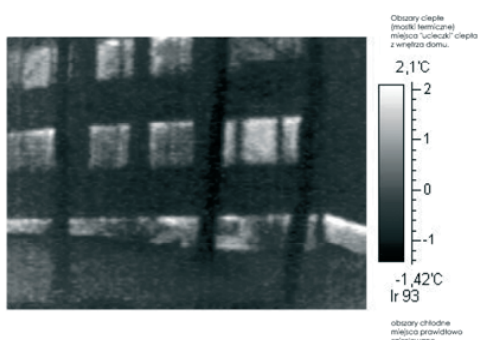
Fig. 5. List of analysed qualities of Lublin built environment and selection of representative buildings [7].

Obszerne zestawienie obiektów reprezentatywnych wraz z ich szczegółową analizą zamieszczono w załączniku graficznym do EAM [4]. W kartach załącznika

EAM zestawiono poszczególne obiekty, które opisano przedstawiając ich stan techniczny, dane audytowe, lokalizację w skali miasta i najbliższego otoczenia, analizę termograficzną, dokumentację fotograficzną, a także propozycje działań modernizacyjnych i energooszczędnych wraz z wizualizacją proponowanych rozwiązań modernizacyjnych (Rys. 6). Przykład takiej analizy szerzej omówiono w p. 2.5 dla budynku 11. kondygnacyjnego.

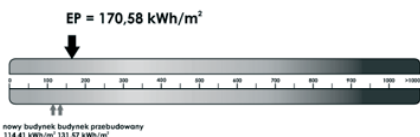
Charakterystyka energetyczna budynku

zdjęcie budynku wykonane kamerą termowizyjną



- Ogrzewanie: zdalaczynne z sieci miejskiej LPEC, zasilanie z grupowego węzła wymiennikowego w odrębnym budynku, wyposażona w automatykę pogodową
- Przygotowanie c.w.u.: węzeł ciepły zasilany z elektrociepłowni miejskiej
- Układ grzewczy: instalacja wykonana z rur stalowych, grzejniki żeliwne z zaworami termostaticznymi
- Wentylacja: naturalna, grawitacyjna

obliczeniowe zapotrzebowanie na nieodnawialną energię pierwotną



Zmniejszenie energochłonności



Rys. 6. Przykładowe strony załącznika do EAM dla Lublina przedstawiające analizę termograficzną oraz wizualizację proponowanych rozwiązań modernizacyjnych.

Fig. 6. A sample of Lublin CEA appendix – thermograms and visualisations of proposed retrofit solutions.

2.5. Możliwe działania naprawcze remontowe i energooszczędne (MDN/R+E) w skali budynku

Aktualnie prawo wymaga od zarządzających, gdy ubiegają się o dofinansowanie na termomodernizację, wykonanie audytu obiektu przed podjęciem działań modernizacyjnych (MDN/R+E zakres standard). Audytor ma obowiązek spełnienia wymogów rozporządzenia [1]. Jednak nie są wymagane przepisami i realizowane przez audytorów preaudyty⁶, które dałyby możliwość pełnego obrazu sytuacji

⁶ Preaudyty, to audyty 100%, które dają pełny obraz sytuacji techniczno-energetycznej budynków, czyli pokazują więcej niż wymagają obecnie obowiązujące przepisy dotyczące sporządzania audytów [1].

możliwych działań naprawczych (w tym remontowych i energetycznych). Często w audycie przewidywane są tylko rozwiązania stanowiące niezbędne minimum do spełnienia wymagań i na które stać inwestora. Zdaniem autorek jest to błąd, bo w zasadzie pomijane są w audytach możliwe do realizacji inwestycje z wykorzystaniem OZE, czyli nie pojawiają się wszystkie możliwe rozwiązania służące oszczędzaniu energii. Wykonanie pełnego audytu (na 100% MDN), podającego też rozwiązania architektoniczne i technologiczne dla całego budynku, może pomóc nie tylko w oszczędzaniu energii, ale i w efektywnym planowaniu takich działań. Pokazanie skali opłacalności wszystkich działań MDN/R+E dałoby inwestorowi możliwość strategicznego planowania inwestycji i wyznaczało kierunek długoterminowego działania.

W ramach analizy budynków reprezentatywnych wyróżniono dwa zakresy działań, tj. kwalifikowane do audytu i niekwalifikowane, czyli przynoszące polepszenie warunków zamieszkania. Na tej podstawie zestawiono możliwe działania naprawcze (MDN) w zakresie remontu (R) i/lub oszczędności energii (E) przyporządkowując je do trzech stanów energetycznych obiektu (Tabela 1). Opracowany autorski szablon MDN/R+E podano już w [5] dla niskiego budynku galeriowego i w [6] dla wielopłytowego wysokiego budynku punktowego. Pozwala on na wyspecyfikowanie działań służących osiągnięciu poszczególnych stanów energetycznych. Stan pierwotny oznacza minimalny zakres MDN/R – skupiający się głównie na remoncie. Drugi ze stanów zwany w opracowaniu standard dotyczy już zakresu MDN/R+E, ale tylko w zakresie obowiązującego rozporządzenia [1] dotyczącego sposobu wykonywania audytu energetycznego. Mimo możliwego wykorzystania energii z OZE nie ujęto tych działań w wykonanym audycie. Trzeci stan: energooszczędny oznacza, że w zakresie prac uwzględniono odnawialne źródła energii, jak też rozwiązania ekologiczne oraz inne mające na celu uzyskanie możliwie wysokiego poziomu oszczędności energetycznej.

Jednym z obiektów poddanych takiej właśnie analizie jest wielorodzinny budynek klatkowy z lat 70. W zakres zaproponowanych zmian wchodzi: zmiana balkonów wspornikowych na większe podwieszane o konstrukcji stalowej z wypełnieniem odpowiednią płytą kompozytową z warstwą antypoślizgową, wraz z wymianą stolarki otworowej, modernizacją instalacji c.o., a także ocieplenie cokołu, montaż odnawialnych źródeł w postaci instalacji solarnej na dachu i fotowoltaicznej na elewacji południowej.

Tabela 1. Zakres możliwych działań naprawczych MDN/ R+E dla 11. kondygnacyjnego wielopłytkowego budynku klatkowego.

Table 1. The scope of possible improvements (MDN/ R+E) for the analysed 11-storey prefabricated building.

Zakres rzeczowy możliwych działań naprawczych MDN/R+E w odniesieniu do planowanego stanu energetycznego budynku	Aktualny/Projektowany stan energetyczny		
	P	S	E
Montaż nawiewników higrosterowanych			x
Wymiana okien wraz z montażem nawiewników lub z nawiewnikami		x	
Wymiana drzwi zewnętrznych	x	x	x
Docieplenie ścian			x
Docieplenie ścian stykających się z gruntem			x
Docieplenie stropów nad piwnicami		x	x
Docieplenie stropodachów niewentylowanych			
Docieplenie stropodachów/dachów wentylowanych wentylowanych		x	x
Wymiana balkonów/loggi			x
Docieplenie pozostawionych mostków liniowych (balkony, naroża)			x
Płukanie instalacji c.o.	x	x	
Regulacja instalacji c.o.	x	x	
Ocieplenie rur/urządzeń c.o.		x	x
Wymiana instalacji c.o. (grzejniki płytowe, przewody, zawory termostaticzne, zawory podpionowe, armatura, izolacja)			x
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			x
Montaż oświetlenia LED			x
Wymiana dźwigu osobowego na energooszczędny			x
Dokumentacja i nadzór dla wybranego zakresu MDN/R+E w odniesieniu do planowanego stanu energetycznego budynku	Aktualny/Projektowany stan energetyczny		
	P	S	E
Ekspertyza – ocena stanu technicznego			x
Audyt energetyczny lub remontowy, albo świadectwo charakterystyki energetycznej		x	x
Projekt docieplenia i kolorystyki elewacji (termomodernizacji)	x	x	x
Projekt wymiany balkonów i likwidacji pozostawionych mostków			x
Projekt wymiany instalacji c.o.			x
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 instalacji elektrycznej z zastosowaniem instalacji LED			x
Projekt przebudowy dźwigu osobowego z przystosowaniem dla osób niepełnosprawnych			x
Projekt zagospodarowania terenu i organizacja segregacji śmieci na terenie posesji			x
Nadzór inwestorski	x	x	x

Uwaga. Oznaczenia kolumn: P – pierwotny, S – standard, E – energooszczędny.



Rys. 7. Analizowany wysoki budynek wielkopłytkowy, a) stan obecny, narożnik północno-wschodni, b) wizualizacja MDN/R+E, narożnik południowo-zachodni.

Fig. 7. Analysed prefabricated block of flats a) current state – north-east corner, b) visualisation of MDN/R+E, south-west corner.

Na podstawie opracowanego szablonu MDN/R+E stwierdzono, że istnieje pilna potrzeba działań remontowych i energooszczędnych w analizowanym budynku prefabrykowanym. Realizacja ich może umożliwić utrzymanie kosztów eksploatacji odpowiednich na prawie niezmiennym poziomie. Wymaga to jednak środków finansowych. Osiągnięcie założonego celu efektywności energetycznej w skali budynku (u odbiorcy końcowego) może ułatwić, m.in. zarówno uzyskanie przez zarządcę „białych certyfikatów”, jak i przybliżenie do celu indykatywnego, który Polska zobowiązała się osiągnąć jako członek UE.

Zdaniem autorki możliwa jest modernizacja budynku wielorodzinnego prefabrykowanego do poziomu energooszczędnego. Wymaga to jednak odpowiedniej polityki miejskiej. Konieczne jest pobudzenie do działań mieszkańców, zarządców i decydentów, gdyż od świadomego zarządzania, inwestowania i eksploatacji zależy jakość życia w budynkach wielorodzinnych. Trzeba uświadomić wszystkim, że ocieplenie budynków i niekiedy działania na instalacji c.o. czy c.w., to dopiero początek koniecznych do wprowadzenia zmian. W artykule omówiono koszty jakie trzeba ponieść w przypadku wykorzystania źródeł OZE, na przykładzie instalacji fotowoltaicznej, co omówiono szerzej w p. 2.5.1.

2.5.1. Instalacja fotowoltaiczna

Jedną z inwestycji, proponowanych w MDN/R+E jest zastosowanie instalacji fotowoltaicznej do zmniejszenia kosztów energii wspólnej. W artykule oszacowano liczbę ogniw fotowoltaicznych koniecznych do zasilenia w energię oświetlenia tak zwanych części wspólnych obiektu:⁷

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

1. Napięcia pracy odbiorników w typowych ogniach pozwalają uzyskać napięcie stałe 12VDC lub 24VDC. W przypadku szczególnego zapotrzebowania należy zastosować odpowiednią przetwornicę.
2. Napięcia i czas pracy urządzeń wykorzystywanych w obiekcie w zakresie prądu wspólnego. Napięcie oświetlenia na klatkach schodowych, korytarzach i piwnicach oszacowano na 25080 Wh dziennie.

Tabela 2. Zestawienie oświetlenia na ciągach komunikacyjnych i w piwnicach.
Table 2. The summary of lighting in passageways and cellars.

Nazwa urządzenia	Liczba sztuk w obiekcie	Moc [W]	Średni czas pracy [h]	Razem [Wh]
LED (komunikacja)	122	20	10	24400
LED (piwnice)	68	20	0,5	680
RAZEM				25080

3. Minimalna pojemność akumulatora

$$25080 \text{ Wh}/12\text{V} = 2090 \text{ Ah}$$

Liczba pełnych cykli ma znaczący wpływ na zużycie akumulatora, przyjęto więc akumulator zdolny do zmagazynowania większej ilości energii, stąd wyliczoną pojemność pomnożono przez 1,5

$$2090 \text{ Ah} * 1,5 = 3135 \text{ Ah}$$

4. Wielkości ogniów.

Moc baterii słonecznej jaką należy zastosować, głównie zależy od okresu w jakim będziemy ją eksploatować. Jest to ściśle związane z ilością dostępnego promieniowania słonecznego. I tak należy przyjąć dla okresu:

Zima – 3h,

Wiosna lub Jesień – 8 h

Lato – 10 h

zatem cały rok – 5 h, w związku z tym wielkość baterii słonecznej będzie następująca:

Okres działania baterii słonecznych	Pojemność baterii/czas pracy	Minimalna wartość ogniów
Zima	3135 Ah/3 h= 1045 A	12V*1045 =12540 W = 12,54 kW
Wiosna/Jesień	3135 Ah/8 h= 391,87 A	12V*391,87 =4702,44 W = 4,70 kW
Lato	3135 Ah /10 h= 313,5 A	12V*313,5 =3762 W = 3,76 kW
Cały rok	3135 Ah/5 h= 627 A	12V*627 =7524 W = 7,52 kW

Wartość mocy baterii słonecznych podawana jest dla napięcia maksymalnego, lub maksymalnego napięcia w punkcie mocy, w związku z tym średnio przyjmuje się wartość roczną mnożoną przez 1,5 jednostki. Co w analizowanym przypadku punktowca wynosi: 7,52 kW * 1,5 = 11,28 kW - wyłącznie dla zasilania oświetlenia ciągów komunikacyjnych. Przyjęto baterie docelową o mocy 12,3 kW i akumulator o mocy 3420 Ah. Na tej podstawie przyjęto ogniwa o mocy 130W.

5. Potrzebna ilość paneli słonecznych dla zasilania wyłącznie oświetlenia ciągów komunikacyjnych wynosi: 12,3 kW / 0,13 kW = 94,62 ≈ 95

Zajmowana powierzchnia to: $95 \cdot 1,483 \cdot 0,655 = 92,28 \approx 93 \text{ m}^2$

zatem szacunkowy koszt paneli: $95 \cdot 1815 = 172425 \text{ zł}$

a liczba potrzebnych akumulatorów (100 Ah): $3135 \text{ Ah}/100 \text{ Ah} = 31,35 \approx 32$

czyli koszt akumulatorów: $32 \cdot 720 = 23040 \text{ zł}$,

do tego koszt przetwornicy z 12 V dc na 230V ac:

Przetwornica 12V/24V/230V – 1600VA koszt: 5000 zł

6. Ostatecznie suma kosztów na podstawie danych firmy realizującej usługę montażu instalacji fotowoltaicznej wynosi:

$172425 \text{ zł} + 23040 \text{ zł} + 5000 \text{ zł} = 200465 \text{ zł} + \text{instalacja} + \text{sterowanie}$
 $\approx 208.500,00 \text{ zł}$.

Na podstawie uzyskanych wyników proponuje się montaż na południowej elewacji, 95 sztuk ogniw fotowoltaicznych zajmujących powierzchnię 93 m^2 . Obliczenia zaokrąglano do góry w związku z czym zakłada się taką ilość jako wystarczającą do zasilenia oświetlenia klatek schodowych i piwnic, w analizowanym 11. kondygnacyjnym budynku wielorodzinnym.

2.5.2. Inne działania MDN/R+E

Na podstawie analizy w p. 2.5.1 stwierdzono, że zastosowanie instalacji fotowoltaicznej do produkcji prądu wspólnego (ciągi komunikacyjne i piwnice) w analizowanym budynku prefabrykowanym jest możliwe. Wstępne wyliczenia dotyczące zastosowania takiej instalacji wskazują, że zysk energetyczny z tego typu instalacji może wynieść ok. 1,6 toe/rok. Jest to tylko jedno z możliwych do rozważenia działań w 11. kondygnacyjnym budynku prefabrykowanym.

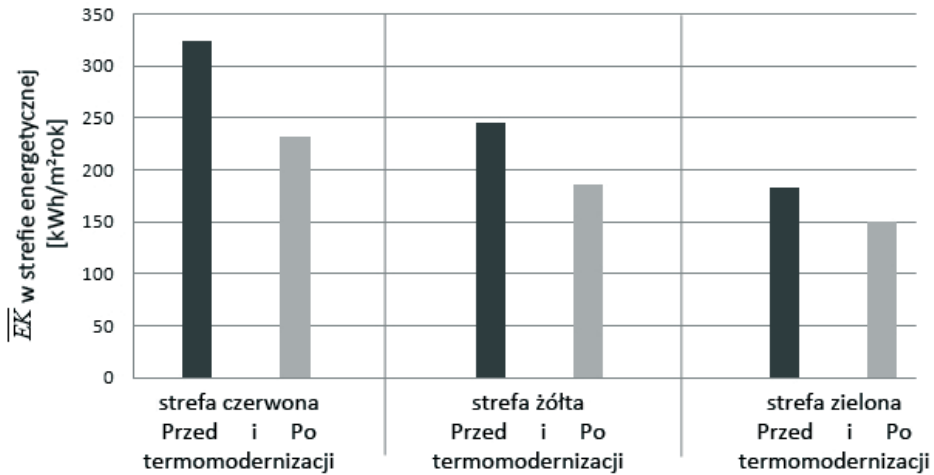
Do innych działań należy zaliczyć wymianę oświetlenia na LED-owe (realizowaną już w niektórych budynkach na terenie Lublina) czy montaż instalacji solarnej, której opłacalność szczegółowo analizowała już Życzyńska w [10]. Wszystkie możliwe działania naprawcze wymagają precyzyjnych wyliczeń, które winny być oparte na danych archiwalnych i bieżących uzyskanych bezpośrednio od właścicieli lub zarządców, ewentualnie dostawców mediów.

Ostatecznie suma możliwego do uzyskania zysku energetycznego, w skali budynku, w wyniku realizacji zaleceń MDN/R+E stanowi podstawę do uwzględnienia przy szacowaniu zysku energetycznego w skali analizowanej strefy, a następnie miasta.

2.6. Możliwe działania służące oszczędności energii w skali miasta

W opracowaniu EAM zestawiono dane audytowe budynków reprezentatywnych, co dało możliwość oszacowania zużycia energii dla każdej z przyjętych stref, a pośrednio również kosztów modernizacji i poziomu prognozowanego zysku energetycznego. Na tej podstawie oszacowano średnioważony współczynnik \overline{EK} dla badanych grup obiektów w dwóch stanach: przed i po termomodernizacji na poziomie standard (Rys. 8). Na podstawie zestawienia wartości audytowych zauważono, że największe zużycie energii końcowej dla celów ogrzewczych budynków jest w strefie I, natomiast najmniejsze zużycie i to zarówno przed, jak i po termomo-

modernizacji przeprowadzonej na poziomie standard jest w strefie energetycznej III. Potwierdza to fakt, że budynki z pierwszej połowy XX wieku były realizowane bez wymagań standardowych dla przegród zewnętrznych, a z lat 80. XX w. budynki spełniają już lepszą jakość przegród pod względem przenikalności cieplnej. Inwestowanie w budynki ze strefy I pozwoli w znaczący sposób zmniejszyć zapotrzebowanie na energię ciepłą i uzyskać lepszą efektywność energetyczną, niż w strefie III. Uzyskać to można za pomocą niewiele większych środków finansowych w skali poszczególnych budynków.



Rys. 8. Średnia ważona \overline{EK} w strefie energetycznej.

Fig. 8. The energy zones' weighted average \overline{EK} .

Określono możliwe do uzyskania zmniejszenie zapotrzebowania na energię w przeliczeniu na 1 m² obiektu. Potencjał spadku jednostkowego zużycia \overline{EK} podano na przykładzie działań w zakresie standard, co zaczerpnięto z [7] i zamieszczono w Tabeli 3.

Tabela 3. Zestawienie planowanego zmniejszenia zapotrzebowania na energię w wyniku proponowanych działań w skali strefy.

Table 3. Planned reduction of energy demand as a result of retrofit measures at the zone level.

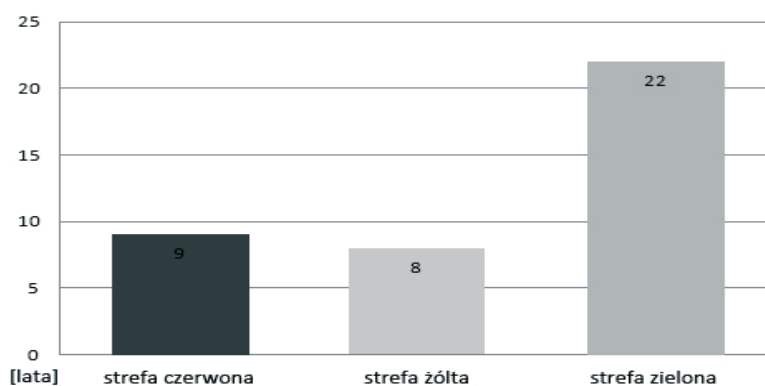
Prognoza zysku energetycznego do 2030		W strefie		
		Czerwonej	żółtej	zielonej
Kryteria zysku energetycznego				
Potencjał planowanych oszczędności	[%]	46	42	36
Spadek jednostkowego zużycia \overline{EK} dla reprezentanta	[kWh/m ² rok]	150,45	103,40	64,72
Powierzchnia użytkowa strefy ¹	[m ²]	558.033,00	4.893.113,34	1.048.275,00
Planowane zmniejszenie zapotrzebowania na energię ciepłą w wyniku proponowanych działań MDN/R+E	[Toe]	7194,18	43354,58	5813,57

Średnioważony zysk energetyczny w skali miasta jest sumą oszczędności energii w poszczególnych strefach. Na podstawie analizowanych danych archiwalnych

i badawczych obliczono średnioważoną oszczędność energetyczną, która wynosi 35,10 kWh/m²rok, co zaczerpnięto z [9]. Przy czym całkowite szacunkowe zmniejszenie zapotrzebowania energii dla miasta Lublin przy założeniu, że wykonane zostaną wszystkie zalecenia MDN/R+E, może wynieść 56.362,33 toe⁸ – prognoza na 2030 rok.

Wprowadzenie proponowanych działań z zakresu MDN/R+E powinno być etapowane, gdyż zarządcy czy też właściciele w większości nie są w stanie wygenerować od razu całej potrzebnej kwoty. Sukcesywnie wdrażane działań energooszczędnościowych może w przyszłości, pośrednio generować zysk w budżecie osiedli, dzielnic i miasta. Koszt jednorazowej, kompleksowej modernizacji może być wysoki, jednak należy spojrzeć na problem perspektywicznie. Jedną z możliwości dofinansowania takich działań jest uzyskanie „białego certyfikatu”, wymaga to jednak podjęcia starań w kierunku oszczędności energii i ubieganie się o certyfikację. Pieniądze uzyskane ze sprzedaży certyfikatu mogłyby pokryć koszty dalszych działań energooszczędnych.

W ramach analizy kosztowej sporządzono kosztorysy działań MDN/R+E na podstawie cenników SEKOCENBUD oraz obliczono prostą stopę zwrotu (Rys. 9) dla proponowanych rozwiązań w poszczególnych strefach energetycznych.



Rys. 9. Zestawienie SPBT dla standardu w strefie: I - czerwonej, II - żółtej i III - zielonej [9].

Fig. 9. Calculation of simple pay-back time for the red, yellow and green zone.

Z zestawień wynika, że najdłuższym czasem zwrotu (22 lata) poniesionych kosztów charakteryzuje się strefa III - zielona. Uzasadnia to fakt, iż przeważa tam zabudowa realizowana w ostatnich latach, a co za tym idzie zwykle o dobrym bilansie energetycznym. Dlatego też zmniejszenie jej zapotrzebowania na energię wymaga zastosowania nowoczesnych, kosztownych technologii. Potwierdza to fakt, że działania modernizacyjne należy dobierać indywidualnie uwzględniając szacowany czas zwrotu nakładów.

3. WNIOSKI

Przedstawiona idea Energetycznego Audytu Miejskiego może być przyczynkiem do polemiki na temat zmniejszenia kosztów eksploatacji budynków dla c.o. i c.w. W czasie kiedy spotykamy się z ciągle rosnącymi kosztami energii ciepłej

⁸ 8 Tona ekwiwalentu ropy, 1 toe = 11,67 MWh.

zasadnym wydaje się być propagowanie oszczędności energii, co ułatwia szablony MDN/R+E.

Zaprezentowana metodologia EAM, z wykorzystaniem szablonu MDN/R+E, pozwala na prognozowanie kosztów i możliwych zysków energii w różnych skalach (miasto, dzielnica, osiedle, budynek) i na prognozowanie w dowolnym czasie planowanego poziomu zużycia energii. Narzędziem umożliwiającym osiągnięcie tego celu poprawy efektywności energetycznej może być zmniejszenie, rzędu 1%, dotychczasowego zapotrzebowania na energię w skali roku. Jest to możliwe, m.in. w wyniku likwidacji pozostawionych jeszcze mostków termicznych, realizacji zaleceń wynikających z badań społecznych, MDN/R+E i EAM, a także poprzez wpływanie na odbiorców końcowych za pomocą działań edukacyjnych, które uświadomią i ukierunkują potrzebę dalszych działań proenergooszczędnych. Jak wynika z obserwacji i doświadczeń podczas opracowania projektu dla NCBiR, zagadnienia te cieszą się dużym poparciem społeczeństwa i samorządów lokalnych. Całość opracowania EAM dla Lublina wraz z załącznikiem została wykorzystana już jako jedna z analiz przy opracowaniach planistycznych - *Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego dla miasta Lublina*, wrzesień 2011.

LITERATURA

- [1] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 17 marca 2009 r. w sprawie szczegółowego zakresu i form audytu energetycznego oraz części audytu remontowego, wzoru kart audytów, a także algorytmu oceny opłacalności przedsięwzięcia termomodernizacyjnego.
- [2] Dyrektywa 2006/32/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 5 kwietnia 2006 r. w sprawie efektywności końcowego wykorzystania energii i usług energetycznych oraz uchylająca dyrektywę Rady 93/76/EWG 1.
- [3] Ostańska A., *Podstawy metodologii tworzenia programów rewitalizacji dużych osiedli mieszkaniowych wzniesionych w technologii uprzemysłowionej na przykładzie osiedla im. St. Moniuszki w Lublinie*, Politechnika Lubelska, Monografie Wydziału Inżynierii Budowlanej i Sanitarnej Vol.1, Wydawnictwa Uczelniane Lublin 2009, s. 100-114.
- [4] Ostańska A., Taracha K., *Załącznik EAM dla Lublina*, Uniwersytet Zielonogórski na zlecenie NCBiR. Wrzesień 2011, maszynopis.
- [5] Ostańska A., Taracha K., *Analiza możliwości działań naprawczych służących oszczędzaniu energii na przykładzie galeriowca*, Miesięcznik PZiTb Przegląd Budowlany 9/2011, Warszawa 2011, s. 89-95.
- [6] Ostańska A., Taracha K., *Analiza możliwych działań naprawczych na przykładzie wysokiego budynku punktowego*, Miesięcznik PZiTb Przegląd Budowlany 12/2011, Warszawa 2011, s. 69-75.
- [7] Ostańska A., Taracha K., *Energetyczny audyt miejski dla Lublina*, Miesięcznik PZiTb Przegląd Budowlany 12/2011, Warszawa 2011, s. 38-45.
- [8] Ustawa z dnia 15 kwietnia 2011r. o efektywności energetycznej. Niniejsza ustawa dokonuje w zakresie swojej regulacji wdrożenia dyrektywy 2006/32/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 5 kwietnia 2006r. w sprawie efektywnego wykorzystania energii i usług energetycznych oraz uchylającej dyrektywę Rady 93/76/EWG (Dz. Urz. UE L 114 z 27. 04.2006, s.64). Niniejsza ustawa zmienia ustawy: ustawę z dnia 7 lipca 1994r. – Prawo budowlane, ustawę z dnia 10 kwietnia 1997r. – Prawo energetyczne, ustawę z dnia 26 października 2000r. o giełdach towarowych, ustawę z dnia 27 kwietnia 2001 r. – Prawo ochrony środowiska, ustawę z dnia 29 czerwca 2007r. o zasadach pokrywania kosztów powstałych u wytwórców w związku z przedterminowym rozwiązaniem

umów długoterminowych sprzedaży mocy i energii elektrycznej oraz ustawę z dnia 29 października 2010 r. – o rezerwach strategicznych.

- [9] Ostańska A, Taracha K., *Energetyczny audyt miejski dla Lublina*. Miesięcznik PZiTb Przegąd Budowlany 12/2011, Warszawa 2011, s. 38-45.
- [10] Życzyńska A., Efekty wykorzystania kolektorów słonecznych do przygotowania ciepłej wody w budynkach wielorodzinnych. *Autobusy. Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe*. 10/2011, s. 465-475.

City energy audit based on research template MDN/R+E as the instrument of planning energy saving measures at urban level

Anna Ostańska, Katarzyna Taracha

*Lublin University of Technology, Faculty of Civil Engineering and Architecture,
Chair of Architecture, Urban Design and Spatial Planning,
e-mail: a.ostanska@pollub.pl, katarzyna.taracha@gmail.com*

Abstract: The aim of the research project was to develop a City Energy Audit (CEA) for Lublin, Poland. CEA collects information on the built environment and city infrastructure in a systematic way, and provides structural analyses with special focus on housing stock. The purpose of CEA is to provide reliable input for analysing current and future energy consumption patterns, i.e. the basis for planning effective and viable energy saving measures at urban level. The CEA's fitness for purpose was confirmed in practice – it was used by the local authorities in the process of preparing the *Study of the conditions and directions of spatial planning for the City of Lublin* in September 2011. To present the idea of applying CEA, the authors use their original template of Possible Retrofit/Repair and Energy Saving Measures (further referred to as MDN/R+E) and develop it into detailed solutions using the example of an 11-storey prefabricated block of flats.

Keywords: Energy retrofit, energy saving, urban renewal, energy efficiency.

