

WPLYW POPRAWY CHARAKTERYSTYKI ENERGETYCZNEJ BUDYNKU NA STAN MIKROŚRODOWISKA I KOMFORT CIEPLNY

Anna LIS*, Adam UJMA

^{1,2}Politechnika Częstochowska
42-201 Częstochowa, ul. J. H. Dąbrowskiego 69
email: annalis29@wp.pl, email: aujma55@wp.pl

Streszczenie: W artykule przedstawiono wyniki badań w budynku mieszkalnym po wykonaniu w nim prac termomodernizacyjnych, które wpłynęły na poprawę jego charakterystyki energetycznej. Analiza obejmuje zużycie energii do ogrzewania budynku, stan mikroklimatu wewnątrz oraz warunki komfortu cieplnego przed i po termomodernizacji. Analizę tę przeprowadzono w celu oceny wpływu działań energooszczędnych na warunki mikroklimatu wewnątrz oraz stan komfortu cieplnego użytkowników je osób.

Słowa kluczowe: charakterystyka energetyczna budynku, energooszczędność, mikroklimat wewnątrz, komfort cieplny osób

1. WPROWADZENIE

Wobec stałego wzrostu zapotrzebowania na energię oraz wysokich kosztów utrzymania budynków oszczędność i efektywne wykorzystanie energii może stać się jej alternatywnym źródłem. Energooszczędność jest nie tylko dobrym sposobem redukcji kosztów eksploatacyjnych, ale również podstawą do racjonalnego gospodarowania zasobami naturalnymi, a także dbałości o środowisko oraz dobrą kondycję zdrowotną społeczeństwa. Działania związane z poprawą charakterystyki energetycznej budynków przyczynią się jednocześnie do poprawy standardu użytkowania pomieszczeń oraz zapewnienia właściwych warunków mikroklimatu wewnątrz i komfortu cieplnego ich użytkowników.

Podstawą do racjonalizacji zużycia energii w budynkach jest przede wszystkim stosowanie innowacyjnych technologii i nowoczesnych rozwiązań oraz stopniowe dostosowywanie istniejących zasobów budowlanych do standardów budownictwa energooszczędnego. Szacuje się, że roczne oszczędności energii, osiągnięte dzięki

termomodernizacji, mogą w 2030 roku sięgnąć około 26% zużycia z roku 2013 [1].

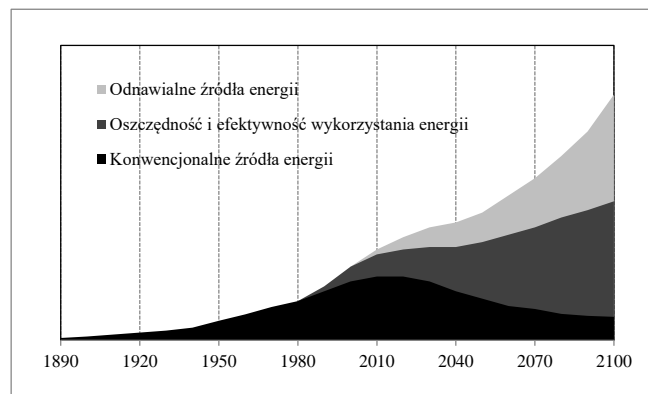
Działania ukierunkowane na zapewnienie odpowiedniej charakterystyki energetycznej budynków to dążenie do redukcji zapotrzebowania na energię poprzez zmniejszanie strat ciepła przy jednoczesnej intensyfikacji zysków, zwiększania szczelności obudowy, eliminacji mostków cieplnych, zastosowania sprawnego systemu wentylacji z odzyskiem ciepła, a także poprawy sprawności systemu ogrzewania i przygotowania ciepłej wody. Wdrażanie zasad poprawiających charakterystykę energetyczną budynków ma również ogromne znaczenie w procesie ograniczania emisji szkodliwych substancji do środowiska.

Jednym z elementów polepszenia charakterystyki energetycznej budynków są przedsięwzięcia odnoszące się do kompleksowej termomodernizacji budynków. Zgodnie z szacunkami ekspertów z Buildings Performance Institute Europe, całkowite korzyści społeczne netto wynikające z wdrożenia programu kompleksowej termomodernizacji do roku 2045 mogą sięgnąć około 700 mld zł [1]. Ważną inicjatywą podjętą w zakresie poprawy charakterystyki energetycznej istniejących budynków jest opracowanie „Strategii modernizacji budynków. Mapa drogowa 2050” [1], w celu powstania spójnego planu modernizacji budynków, w sposób korzystny dla gospodarki oraz systemu współpracy międzyresortowej, a także zaprogramowania wydatków. Również kampania Szóste Paliwo, kładąca nacisk na edukację oraz promocję efektywności energetycznej, ma na celu zwrócenie uwagi inwestorom i użytkownikom budynków na aspekty związane z oszczędnością energii. Na pierwszym miejscu znajduje się przede wszystkim racjonalizacja zużycia ciepła do ogrzewania budynków i przygotowania ciepłej wody użytkowej, które stanowi około 70% konsumpcji energii w budynkach [2].

* Autor korespondencyjny, e-mail: annalis29@wp.pl

2. ENERGIA ZAOSZCZĘDZONA JAKO PALIWO

Obok pięciu surowców energetycznych tj. węgla, gazu, ropy naftowej, energii atomowej oraz energii pochodzącej ze źródeł odnawialnych, energia zaoszczędzona może stać się w pewnym sensie źródłem w miarę łatwo dostępnej i ekologicznej energii. Przewidywany wzrost zapotrzebowania na energię do 2100 roku oraz potencjalne źródła jego pokrycia zaprezentowano na Rys. 1 [3].



Rys. 1. Wzrost zapotrzebowania na energię i źródła jego pokrycia
Fig. 1. Energy demand growth and sources of its coverage

Spośród około 6 mln budynków znajdujących się w Polsce, aż 85% powstała przed 1991 rokiem [4]. Technologie zastosowane w tych budynkach, jak i wymagania z zakresu ochrony cieplnej, które wówczas obowiązywały powodują, że budynki te w znacznym stopniu odbiegają od obecnych standardów budownictwa energooszczędnego. Dlatego też poprawa charakterystyki energetycznej istniejących budynków to jeden z największych potencjałów oszczędności energii. Szacowany potencjał możliwości w zakresie racjonalizacji zużycia energii wynikających z termomodernizacji budynków przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Potencjał możliwych oszczędności energii [5]
Table 1. Potential of energy saving possibilities [5]

Rodzaj działań termomodernizacyjnych	Możliwe oszczędności
Poprawa izolacyjności cieplnej ścian	14÷20%
Poprawa izolacyjności cieplnej przegród przezroczystych	33÷60%
Regularne przeglądy i remonty kotłów c. o.	16÷21%
Modernizacja systemu wentylacji	10÷12%
Modernizacja systemu ciepłej wody użytkowej z wykorzystaniem odnawialnych źródeł energii	50÷80%

Potraktowanie oszczędności energii, jako źródła pokrycia jej zapotrzebowania, zmusza do znalezienia optimum pomiędzy nakładami inwestycyjnymi ponoszonymi na wdrożenie rozwiązań zmniejszających energochłonność budynku a osiągniętymi korzyściami dzięki ich zastosowaniu.

3. OCHRONA CIEPLNA BUDYNKU A MIKROKLIMAT I KOMFORT CIEPLNY

Zagadnienia ochrony cieplnej budynków związane są bezpośrednio, ale nie tylko, z oszczędnością energii. Celem ochrony cieplnej jest także zapewnienie odpowiednich warunków mikroklimatu wewnątrz i komfortu cieplnego osób przebywających w pomieszczeniach. Zdarza się, że niektóre, często nieprawidłowo przeprowadzone działania związane z obniżeniem energochłonności budynków, mogą prowadzić nie do poprawy, lecz do pogorszenia warunków mikroklimatu i komfortu cieplnego osób przebywających w pomieszczeniach. Długotrwałe oddziaływanie niekorzystnych warunków mikrośrodowiska może wywoływać bądź potęgować wiele objawów związanych z nieprawidłowym funkcjonowaniem organizmu, prowadzić do uszczuplenia sprawności umysłowej i fizycznej oraz do osłabienia lub choroby. Mówi się wówczas o występowaniu syndromu chorego budynku, a objawy zwane symptomami syndromu to przede wszystkim podrażnienie oczu, dróg oddechowych i skóry, zawroty i ból głowy, złe samopoczucie, rozdrażnienie, zmęczenie oraz problemy z koncentracją. Główną przyczynę występowania zjawiska syndromu upatruje się w niewłaściwej jakości powietrza w pomieszczeniach utrzymującej się na skutek niedostatecznej bądź niewłaściwej wentylacji [6].

W Prawie Budowlanym [7] oraz w przepisach techniczno-budowlanych [8] spełnienie wymagań podstawowych w stosunku do projektowania i wznoszenia obiektów budowlanych dotyczy zarówno właściwej charakterystyki energetycznej budynku oraz racjonalizacji użytkowania energii, jak i odpowiednich warunków higienicznych i zdrowotnych. Wymagania odnoszące się do zapewnienia właściwych warunków mikroklimatu wewnątrz w budynkach, traktowane są zawsze priorytetowo w stosunku do wymagań oszczędności energii ze względu na wpływ, jaki wywiera mikrośrodowisko na przebywających w nim długotrwale ludzi. Działania termomodernizacyjne, które nie są wykonywane w sposób kompleksowy, skupiające się np. tylko na dociepleniach czy uszczelnianiu stolarki, pociągają za sobą często obniżanie jakości mikroklimatu wewnątrz w budynkach. Szczególnie widoczne jest pogorszenie jakości powietrza w pomieszczeniach, wzrost jego wilgotności względnej oraz pojawienie się różnego rodzaju pleśni i grzybów.

Oczywiście utrzymywanie żądanych wartości parametrów mikroklimatu rzutuje na potrzeby energetyczne budynku. Na ich wielkość wpływa głównie wartość temperatury, której obniżenie np. z 20 °C na 18 °C powoduje spadek zapotrzebowania na ciepło o około 12 %. Na odczucia cieplne oddziałuje również temperatura promieniowania otoczenia, powiązana z temperaturą otaczających przegród, na którą wpływa ich izolacyjność cieplna.

4. CHARAKTERYSTYKA ENERGETYCZNA BUDYNKU PRZED I PO TERMOMODERNIZACJI

Badania przeprowadzono w budynku mieszkalnym wielorodzinnym zlokalizowanym na terenie województwa śląskiego. Dwukondygnacyjny budynek z nieużytkowym poddaszem, całkowicie podpiwniczony, wzniesiono w latach 1953-55 w technologii tradycyjnej. Obiekt nie spełniał wymagań warunków technicznych budowlanych w zakresie izolacyjności cieplnej i oszczędności energii. Ogrzewanie mieszkań i przygotowanie ciepłej wody odbywało się w poszczególnych lokalach przy użyciu węgla, miału, drewna i energii elektrycznej. Przystarzałe źródła ciepła charakteryzowały się niską sprawnością. W oparciu o przeprowadzoną analizę audytingową zaplanowano m.in. docieplenie przegród, wymianę stolarki, utworzenie kotłowni oraz centralnego systemu ogrzewania i przygotowania ciepłej wody użytkowej. Docieplenie przegród w znacznym stopniu podniosło ich izolacyjność cieplną. Uzyskane wartości współczynników przenikania ciepła przegród zamieszczono w tabeli 2.

Tabela 2. Współczynniki przenikania ciepła
Table 2. The heat transfer coefficients

Przegrody	U, W/(m ² K)	
	Przed termomod.	Po termomod.
Ściany zewnętrzne	1,50	0,23
Strop pod poddaszem	1,90	0,20
Strop nad piwnicą	1,30	0,34

Po przeprowadzeniu termomodernizacji zanotowano 68% spadek zużycia energii. Wskaźniki zużycia energii końcowej i pierwotnej zaprezentowano w tabeli 3.

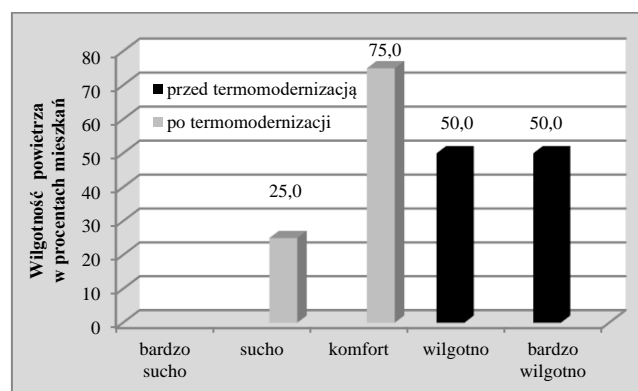
Tabela 3. Wskaźniki zużycia energii końcowej i pierwotnej
Table 3. Indicators of final and primary energy consumption

Wskaźniki zużycia,	Przed termomod.	Po termomod.
energii końcowej, kWh/m ² /rok	700,9	223,5
energii pierwotnej, kWh/m ² /rok	697,7	291,1

Po wykonaniu prac poprawiających charakterystykę energetyczną budynku prowadzono monitoring, który objął racjonalizację zużycia ciepła do ogrzewania i przygotowania ciepłej wody, racjonalizację zużycia prądu i wody, efekt ekologiczny oraz stan mikroklimatu wewnątrz i komfortu cieplnego. W celu dokonania analizy wpływu poprawy charakterystyki energetycznej na stan mikrośrodowiska i komfortu cieplnego osób, ocenie poddano szereg czynników oddziałujących zarówno, na jakość środowiska wewnątrz pomieszczeń, jak i na odczuwanie stanu komfortu cieplnego osób. Analizy dokonano w oparciu o badania ankietowe prowadzone wśród mieszkańców. Badania przeprowadzono we wszystkich mieszkaniach, ogółem objęto nimi około 90% mieszkańców.

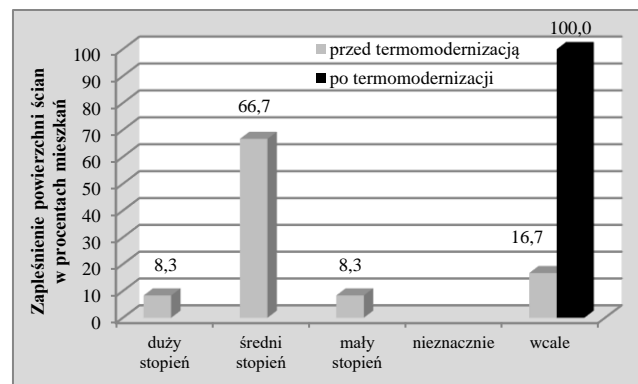
5. MONITORING STANU MIKROŚRODOWISKA W POMIESZCZENIACH

Działania termomodernizacyjne przeprowadzone w monitorowanym obiekcie obejmowały szeroki zakres ulepszeń, co mogło wskazywać, że jakość mikrośrodowiska w pomieszczeniach po termomodernizacji będzie kształtowała się na odpowiednim, zadowalającym użytkowników poziomie. Przed wykonaniem prac termomodernizacyjnych aż 67% mieszkańców wskazywało na nieodpowiedni stan mikrośrodowiska wewnątrz pomieszczeń. Przed wszystkim w pomieszczeniach utrzymywał się wysoki poziom wilgotności względnej powietrza. Po wykonaniu termomodernizacji zanotowano wyraźny spadek wartości tego parametru (Rys. 2).

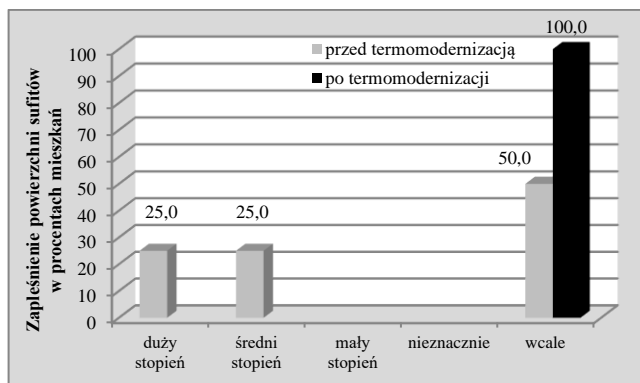


Rys. 2. Wilgotność względna powietrza w pomieszczeniach
Fig. 2. Air humidity in the rooms

Utrzymywanie się znacznej wilgotności powietrza w budynku w powiązaniu z niską izolacyjnością cieplną przegród było bezpośrednio związane z rozwojem mikroorganizmów na ich wewnętrznych powierzchniach. Powszechnie występujące przed termomodernizacją zapleśnienie powierzchni ścian czy sufitów, po termomodernizacji zostało całkowicie usunięte (Rys. 3-4).

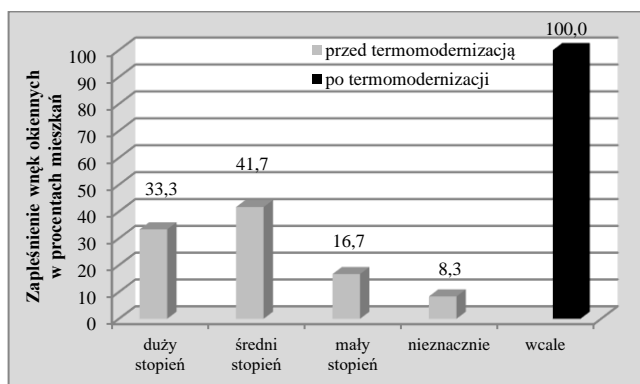


Rys. 3. Zapleśnienie powierzchni ścian
Fig. 3. Growth of moulds on the surface of the walls



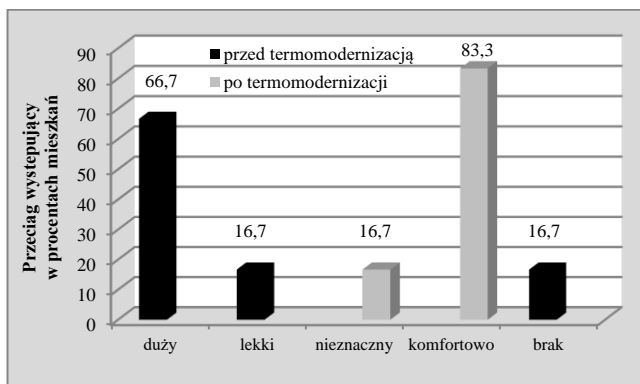
Rys. 4. Zapleśnienie powierzchni sufitów
Fig. 4. Growth of moulds on the surface of the ceilings

Zapleśnienie szczególnie intensywne występowało w obszarze wnęk okiennych oraz w miejscach występowania mostków termicznych (Rys. 5)



Rys. 5. Zapleśnienie w obszarze wnęk okiennych
Fig. 5. Growth of moulds within the area of window recesses

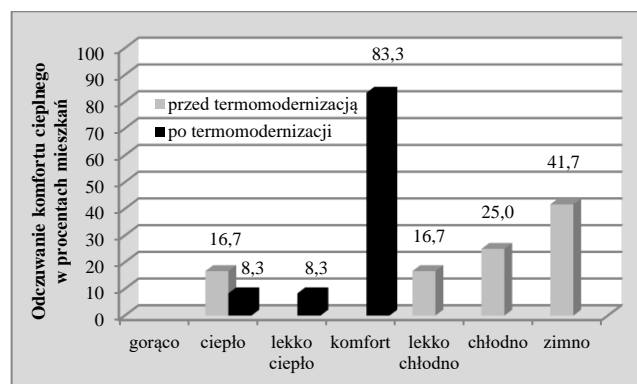
Ze względu na zły stan stolarki otworowej użytkownicy skarżyli się na występowanie przeciągów, które były przyczyną obniżania temperatury odczuwalnej w pomieszczeniach (Rys. 6).



Rys. 6. Przeciąg obserwowany przez użytkowników pomieszczeń
Fig. 6. The draft air observed by the users of the rooms

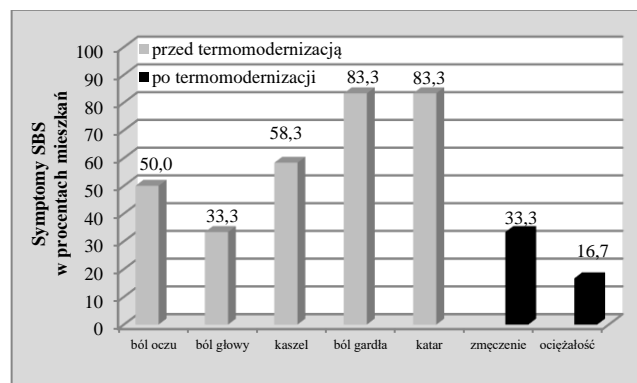
6. MONITORING WARUNKÓW KOMFORTU CIEPŁEGO OSÓB W POMIESZCZENIACH

Wyniki badań ankietowych prowadzonych wśród mieszkańców wskazują, oprócz znacznej poprawy warunków mikrośrodowiska pomieszczeń, również poprawę odczuć związanych z przebywaniem w nich. Radykalnie poprawiły się przede wszystkim warunki komfortu cieplnego mieszkańców, co przedstawia Rys. 7. Warunki komfortu cieplnego przed termomodernizacją w około 42% były odbierane, jako zdecydowanie negatywne, obecnie aż 83% mieszkańców oceniło środowisko cieplne pomieszczeń, jako komfortowe.



Rys. 7. Odczucia komfortu cieplnego wśród użytkowników
Fig. 7. Feeling of thermal comfort among residents

Przed termomodernizacją respondenci sygnalizowali liczne dolegliwości z grupy symptomów chorego budynku, które częściowo ustąpiły po termomodernizacji (Rys. 8).

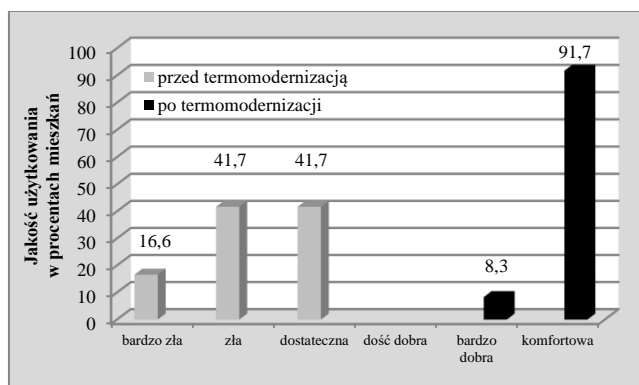


Rys. 8. Występowanie symptomów chorego budynku (SBS)
Fig. 8. Occurrence of symptoms of the sick building syndrome (SBS)

Przed termomodernizacją użytkownicy postrzegali niezbyt gardła i nosa (83%) oraz problemy z oczami (50%) i bólem głowy (33%), jako efekt długotrwałego przebywania w rozpatrywanym budynku. Po termomodernizacji część mieszkańców uskarżała się na zmęczenie (33%) i ociężałość (17%), co może być spowodowane wzrostem

temperatury w pomieszczeniach w wyniku docieplenia przegród oraz zwiększenia szczelności stolarki.

W rezultacie przeprowadzonej termomodernizacji uzyskano również rezultaty, które można zaliczyć do efektów związanych z warunkami i jakością użytkowania lokali i budynku. Stworzenie centralnego systemu ogrzewania budynku i przygotowania ciepłej wody użytkowej przyczyniło się do podniesienia standardu i komfortu użytkowania mieszkań (Rys. 9). Jest to szczególnie ważne dla osób w podeszłym wieku, którzy stanowią sporą grupę wśród mieszkańców tego obiektu.



Rys. 9. Jakość użytkowania mieszkań w budynku
Fig. 9. Quality of use of the rooms in the building

W wyniku likwidacji pieców uzyskano również dodatkową powierzchnię mieszkalną. Natomiast w pomieszczeniach piwnicznych zniknęła konieczność indywidualnego gromadzenia opału. Likwidacja indywidualnych źródeł ogrzewania przyczyniła się do podniesienia czystości pomieszczeń mieszkalnych, piwnicznych i na strychu, które pełnią funkcję suszarni oraz zmniejszenia wydatków na ich odnawianie.

Utworzenie kotłowni własnej w budynku przyczyniło się również do poprawy bezpieczeństwa użytkowania mieszkań w związku z likwidacją zagrożenia zatruciem tlenkiem węgla ze strony starych i częściowo już niesprawnych przewodów dymowych.

W trakcie wykonywania termomodernizacji budynku przeprowadzono również dodatkowe prace remontowe, m.in. wymieniono wyeksploatowaną instalację wodociągową i pion instalacji kanalizacyjnej oraz udrożniono pion wentylacyjny.

W wyniku odnowienia elewacji działania termomodernizacyjne przyniosły efekt estetyczny, który został dodatkowo wzmocniony w rezultacie uporządkowania otoczenia i jego zazielenienia.

Wszystkie przeprowadzone działania termomodernizacyjne jak i remontowe struktury budowlanej i instalacyjnej spowodowały również wzrost wartości rynkowej mieszkań w rozpatrywanym budynku oraz obniżenie kosztów ich eksploatacji.

7. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Na całokształt obrazu warunków panujących w pomieszczeniach i odczuwanie stanu komfortu cieplnego przez osoby w nich przebywające oddziałuje szereg czynników. Właściwe ukształtowanie wartości poszczególnych parametrów mikroklimatu jest podstawowym warunkiem osiągnięcia przez osoby przebywające w danym mikrośrodku nie tylko stanu komfortu cieplnego, ale i ogólnego dobrego samopoczucia i zdrowia.

Przeprowadzenie kompleksowych działań poprawiających charakterystykę energetyczną budynków przyczynia się do zwiększenia ich efektywności energetycznej oraz efektywności energetycznej funkcjonujących systemów technicznych, wykorzystujących ciepło na potrzeby ogrzewania, wentylacji i przygotowania ciepłej wody użytkowej. Właściwa wartość parametrów charakterystyki energetycznej budynku przekłada się bezpośrednio na redukcję zużycia ciepła i kosztów ponoszonych przez użytkowników w trakcie eksploatacji obiektu. Prawidłowo i kompleksowo wykonana termomodernizacja budynku powinna wpłynąć także na poprawę warunków mikroklimatu wnętrza i komfortu cieplnego przebywających w nich osób.

Analizę wpływu działań poprawiających charakterystykę energetyczną na stan mikrośrodku wnętrza i komfort cieplny użytkowników przeprowadzono dla budynku mieszkalnego, wielorodzinnego poddanego termomodernizacji. Przeprowadzony monitoring efektów termomodernizacji wykazał, że:

- 1) kompleksowo i prawidłowo przeprowadzona termomodernizacja przyczyniła się do wydatnej poprawy charakterystyki energetycznej budynku,
- 2) działania termomodernizacyjne w znacznym stopniu poprawiły warunki mikroklimatu wnętrza w rozpatrywanym budynku,
- 3) powszechnie występujące przed termomodernizacją zapleśnienie na powierzchni ścian i sufitów oraz szczególnie intensywnie w obszarze wnęk zostało całkowicie usunięte,
- 4) zanotowano wyraźny spadek wilgotności względnej powietrza, nawet do wartości nieakceptowanej w pełni przez 25% respondentów,
- 5) wymiana nieszczelnej stolarki budowlanej doprowadziła do zlikwidowania zjawiska przeciągów w pomieszczeniach,
- 6) docieplenie przegród oraz zlikwidowanie przeciągów spowodowało wzrost temperatury odczuwalnej,
- 7) 83% osób wskazuje obecnie na odczuwanie prawidłowego komfortu cieplnego w pomieszczeniach,
- 8) działania termomodernizacyjne przyczyniły się do likwidacji niektórych dolegliwości związanych z syndromem chorego budynku,

- 9) likwidacja indywidualnych źródeł ogrzewania poprawiła standard korzystania z budynku i jakość życia jego użytkowników,
- 10) wykonane prace zarówno termomodernizacyjne jak i remontowe doprowadziły do obniżenie kosztów eksploatacji mieszkań i wzrostu ich wartości rynkowej.

THE IMPACT OF IMPROVEMENT OF THE BUILDING ENERGY PERFORMANCE ON THE STATE OF MICROCLIMATE AND THERMAL COMFORT

Summary: The article presents the results of research in a residential building after the thermal modernization, which have contributed to the improvement of its energy performance. The analysis covered energy consumption, state of indoor microclimate and thermal comfort conditions before and after thermal modernization. This analysis was conducted to assess the impact of energy saving on microclimate conditions and the comfort of occupants.

Literatura

- [1] Guła A. i in. *Strategia modernizacji budynków. Mapa drogowa 2050*. Instytut Ekonomii Środowiska, Kraków 2014
- [2] *Zużycie energii w gospodarstwach domowych w 2013 r. Informacje i opracowania statystyczne*. GUS, Warszawa 2014
- [3] *Materiały reklamowe firmy Schüco*. www.schueco.com
- [4] *Gospodarka mieszkaniowa w 2015 r. Informacje i opracowania statystyczne*. GUS, Warszawa 2016
- [5] Balaras C.A., Gaglia A.G., Georgopoulou E., Mirasgedis S., Sarafidis Y., Lalas D.P. *European residential buildings and empirical assessment of the Hellenic building stock, energy consumption, emissions and potential energy savings*. Building and Environment V. 42 (2007) 1298–1314
- [5] Lis A. *Syndrom budynku chorobotwórczego, jako skutek niewłaściwej jakości powietrza w pomieszczeniach*. W: Bobko T., Rajczyk M., Rajczyk J. *Tendencje rozwoju budownictwa miejskiego i przemysłowego*. Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa 2008, s. 202-211
- [7] *Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane*. Dz.U. 1994 nr 89 poz. 414 ze zmianami
- [8] *Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie*. Dz. U. 2002 nr 75 poz. 690 ze zmianami