



Ocena efektów środowiskowych termomodernizacji na przykładzie budynku jednorodzinnego

*Agnieszka Żelazna
Politechnika Lubelska*

1. Wstęp

Jednym z problemów, w obliczu których stoi dziś społeczność międzynarodowa, jest globalne ocieplenie i jego przewidywane, mniej lub bardziej prawdopodobne, skutki. Oczywistym jest, że istnieje pewna sprzeczność interesów pomiędzy ekologią i ekonomią, na którą dodatkowo nakładają się konflikty społeczne [3, 6]. Efektem tej sytuacji jest rabunkowa eksploatacja zasobów naturalnych naszej planety, która doprowadziła w XX w. do wynoszącego ok. 50% wzrostu stężenia ekwiwalentu ditlenku węgla ($\text{CO}_{2\text{eq}}$) w atmosferze [7].

Powiązanie między nauką, techniką, gospodarką i polityką sprawia, że stanowią one podstawę rozwoju cywilizacyjnego. Szczególną rolę odgrywa w nim tzw. boom technologiczny, za którym, w przypadku krajów rozwiniętych, postępuje wzmożona konsumpcja [5, 8]. W celu ochrony ograniczonych zasobów naturalnych Ziemi, konieczna stała się reorganizacja sposobu ich eksploatacji [20].

Wprowadzenie idei rozwoju zrównoważonego w tzw. Raporcie Brundtland w 1987 r. [12, 19] stało się prekursorem zmian w sposobie wykorzystywania zasobów naturalnych naszej planety. Koncepcja rozwoju zrównoważonego powstała jako przeciwieństwo rozwoju tradycyjnego, opartego na ekonomii, i obejmować miała kwestie środowiskowe, ekonomiczne i społeczne. Obecnie mówi się także o płaszczyznach moralnej, technicznej, prawnej i politycznej [10, 11, 13]. Trwały rozwój jest dziś nieodzownym elementem oficjalnych dokumentów na szczeblu państwowym i międzynarodowym.

Podczas Szczytu Ziemi w Rio de Janeiro w czerwcu 1992 r. przyjęto Ramową konwencję Narodów Zjednoczonych w sprawie zmian klimatu, podejmująca kwestię zagrożeń powodowanych przez globalne ocieplenie [7]. Jej uszczegółowieniem był Protokół z Kioto z 1997 r. Państwa uczestniczące w jego podpisaniu zobowiązały się do redukcji emisji CO₂ o wynegocjowane wielkości, wynoszące minimum 5% w stosunku do stanu wyjściowego [2, 22]. Również zatwierdzony w końcu 2008 roku przez Parlament Europejski pakiet klimatyczny 3x20 zakłada zmniejszenie produkcji CO₂, zwiększenie efektywności energetycznej oraz wzrost wykorzystania odnawialnych źródeł energii [1].

Polska była uczestnikiem każdego z wyżej wymienionych porozumień. Nakłada to na nasz kraj obowiązek dążenia do poprawy efektywności energetycznej we wszystkich sektorach gospodarki. Szacuje się, że sektor budowlany w Europie jest odbiorcą około 40% energii całkowitej i odpowiada za 36% emisji CO₂ [9]. Posiada on wysoki potencjał redukcji zużycia energii, szczególnie jeżeli weźmiemy pod uwagę fakt, że zużycie to wynika w większości z bieżących potrzeb związanych z obsługą budynków (ogrzewanie). Wprowadzono zatem narzędzia prawne i ekonomiczne służące zachęceniu i zobligowaniu konsumentów do zmniejszania zapotrzebowania energii na cele grzewcze.

2. Termomodernizacja w Polsce

Budynki niespełniające określonych standardów energetycznych w Polsce powinny zostać poddane działaniom modernizacyjnym, których zadaniem będzie ograniczenie strat energii przeznaczonej na cele grzewcze. Straty energii poprzez niedostatecznie, w kontekście dzisiejszych wymagań, zaizolowane ściany szacuje się na 35–40% ogółu strat. Średni wskaźnik zużycia energii grzewczej wynosi w Polsce od około 90 w obiektach nowo powstałych do 350 kWh/m²a. Dla porównania, w Niemczech wskaźnik ten szacuje się na 40–80 kWh/m²a, a w Szwecji na 30–60 kWh/m²a. Istnieją więc znaczące możliwości ograniczenia strat energii w mieszkalnictwie [21, 24].

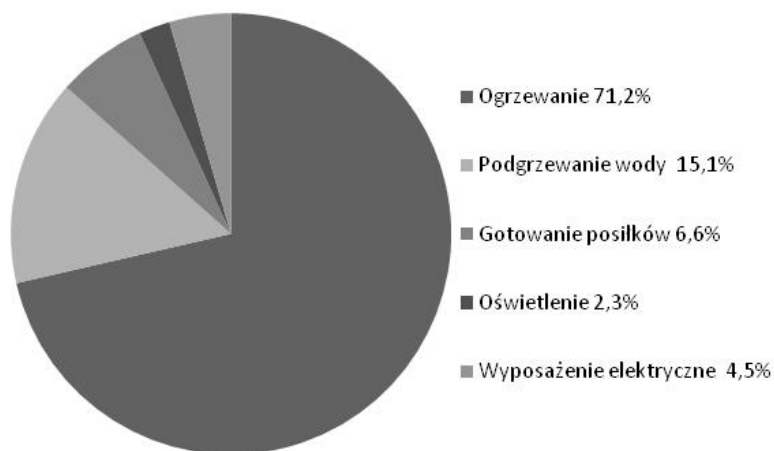
Liczbę budynków jednorodzinnych w Polsce szacuje się na 7,3 mln [18]. Obecnie obserwuje się tendencję prowadzącą do budowy mieszkań o coraz większej sprawności systemów grzewczych i oszczędności energetycznej, ciągle jednak eksploatowanych jest około 6,46 mln

mieszkań z okresu wcześniejszego, o standardzie energetycznym przekraczającym 240 kWh/m²a. Obiekty tego rodzaju powinny zostać poddane działaniom termomodernizacyjnym [21].

Modernizacja cieplna budynku obejmuje zazwyczaj ocieplenie przegród zewnętrznych, stykających się z gruntem, oddzielających pomieszczenia ogrzewane od nieogrzewanych, podłóg i stropodachów, oraz wymianę okien. Często usprawnienia wymaga także system grzewczy w budynku – źródło ciepła i instalacja c.o., przy czym niekiedy konieczna i opłacalna jest jego całkowita wymiana. Dotyczy to także systemu wytwarzania ciepłej wody. Na poprawę komfortu cieplnego korzystnie wpływa również unowocześnienie systemu wentylacji czy klimatyzacji. Natomiast z punktu widzenia ochrony zasobów naturalnych, wskazana jest zamiana tradycyjnego paliwa, zazwyczaj węgla, na paliwo o mniejszym stopniu oddziaływania na środowisko lub na odnawialne źródło energii [12]. Wybór rodzaju paliwa podlega jednak wpływom również takich czynników, jak: jego cena, dostępność na rynku i konieczność ewentualnego transportu [16].

Z praktycznego punktu widzenia, wymiana okien bardzo rzadko brana jest pod uwagę. Koszt wymiany stolarki okiennej w odniesieniu do korzyści osiągniętych z ich wymiany jest wysoki, należy również pamiętać o konieczności zapewnienia infiltracji powietrza dla potrzeb wentylacji naturalnej. Odnośnie modernizacji źródeł ciepła, za takie działanie, obok zastosowania kotłów o wysokiej sprawności, uznawane jest również przyłączenie budynku do sieci miejskiej. Nie bez znaczenia dla kwestii wykorzystania energii przez poszczególnych użytkowników pozostają także działania motywacyjne w postaci opomiarowania zużycia ciepła.

Efekty wprowadzonych standardów są widoczne już w chwili obecnej. Jak wynika z danych GUS, w sektorze gospodarstw domowych skutek wprowadzania systemu dociepleń oraz poprawy i wzrostu efektywności systemów grzewczych w latach 1998–2008 nastąpiła redukcja zużycia energii o 6%. Najwięcej energii zużywanej przez gospodarstwa domowe przeznaczane jest na ogrzewanie mieszkań, co stanowi równocześnie znaczne obciążenie domowych budżetów [18]. Według danych statystycznych gospodarstwa domowe wykorzystują na cele grzewcze paliwa stałe (51,1%), ciepło sieciowe (40%), energię elektryczną (6,9%) oraz paliwa ciekłe (2%) [15]. Rozkład zużycia energii na poszczególne cele w gospodarstwach domowych przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Procentowe zużycie energii w gospodarstwach domowych za rok 2002 według danych GUS [15]

Fig. 1. Energy use rates in households in 2002 [15]

Aktualnie obowiązujące w Polsce prawne i ekonomiczne instrumenty poprawy efektywności energetycznej w sektorze mieszkalnictwa to: Fundusz Termomodernizacyjny, standardy efektywności energetycznej urządzeń AGD, standardy ochrony cieplnej budynków, wdrożenie systemu świadectw energetycznych budynków oraz promowanie racjonalnego wykorzystania energii w budynkach mieszkalnych, w tym usługi doradcze i informacyjne.

Fundusz Termomodernizacyjny i audyt energetyczny wraz z dostępnym dzięki niemu korzystnym kredytem oraz premią stanowi w chwili obecnej narzędzie, dzięki któremu wdrażany jest program modernizacji cieplnej budynków. Wymagania odnośnie izolacyjności przegród zewnętrznych budynku określone są w załączniku nr 2 do Rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny podlegać budynki i ich usytuowanie z dnia 12 kwietnia 2002 r. (Dz. U. Nr 75, poz. 690). Wprowadzono zatem maksymalne wielkości współczynników przenikania przegród, dla budynków mieszkalnych na poziomie $0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ dla ścian zewnętrznych i $0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$ dla dachów.

Ważne są także systemy certyfikacji energetycznej budynków. W swoim założeniu mają one na celu wspieranie działań proekologicznych poprzez ekonomiczne motywowanie do oszczędności energii, z którą wiąże się ograniczenie emisji zanieczyszczeń oraz wymierne korzyści finansowe, decydujące o powodzeniu wprowadzania takich systemów w życie. Przy dzisiejszym stanie rozwoju technologicznego, dostępnych materiałach i rozwiązaniach konstrukcyjnych, możliwe jest znaczne ograniczenie wpływu energetyki grzewczej na stan środowiska, z jednoczesnym obniżeniem kosztów utrzymania ogrzewanych obiektów.

2. Ocena cyklu życia produktów (LCA)

Ocena cyklu życia (Life Cycle Assessment) jest analizą środowiskową, traktującą produkt jako system wzajemnych powiązań i cyrkulacji masy i energii w cyklu życia – od kołyski do grobu (from cradle to grave). Uwzględnia ona pełny cykl życia produktu, materiały i energię włożoną w proces jego powstawania, wpływ użytkowania oraz utylizacji na stan środowiska [24].

Według normy ISO 14041, LCA jest techniką oceny aspektów środowiskowych i potencjalnych wpływów związanych z produktem poprzez opracowanie zbioru istotnych danych wejściowych i wyjściowych dla systemu danego produktu, ocenę potencjalnych wpływów na środowisko związanych z tymi danymi, interpretację wyników analizy zbioru danych i fazy oceny wpływu cyklu życia w odniesieniu do celu badań [23].

Technika LCA może być stosowana jako element umożliwiający planowanie długoterminowe i związane z nim podejmowanie decyzji w różnych dziedzinach gospodarki. Co więcej, z uwagi na fakt, że technika ta służy do oceny pełnego cyklu życia produktu, LCA może być przydatna w opiniowaniu możliwości minimalizacji negatywnego wpływu wyrobów na środowisko. Metodyka LCA niejednokrotnie wykorzystywana była do analiz przeprowadzanych dla sektora budowlanego.

W niniejszej pracy wykorzystano dane o cyklu życia materiałów izolacyjnych (styropian i wełna mineralna) dostępne w bazie Ecoinvent do oszacowania skutków środowiskowych przedsięwzięcia modernizacyjnego dla budynku jednorodzinnego z uwzględnieniem lokalnych warunków klimatycznych.

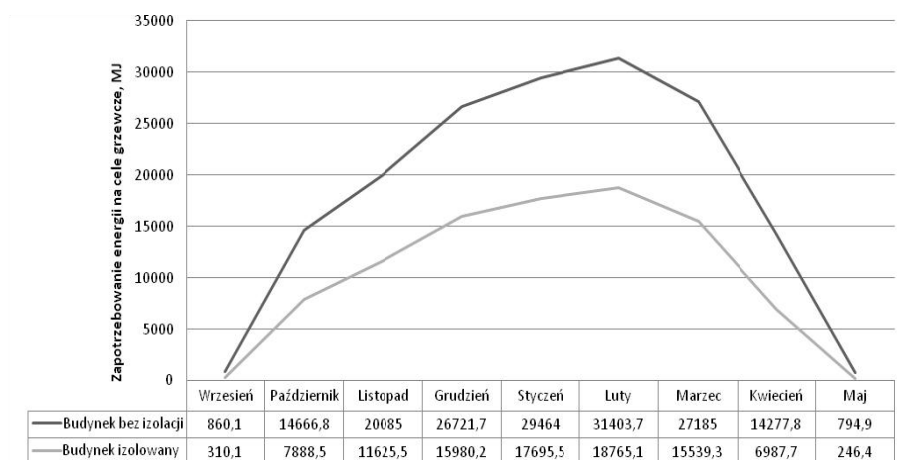
3. Analiza kosztów środowiskowych modernizacji energetycznej budynku jednorodzinnego

Do przeprowadzenia analizy wykorzystano modelowy budynek o powierzchni w rzucie 172 m^2 , dwukondygnacyjny, zlokalizowany w Lublinie (III strefa klimatyczna), o średniej szczelności, niepodpiwniczony. Budynek zamieszkały jest przez 4 osoby. Obliczenia sezonowego zapotrzebowania energii wykonano w oparciu o normę EN 832 „Właściwości cieplne budynków. Obliczanie zapotrzebowania na energię do ogrzewania. Budynki mieszkalne”. Zapotrzebowanie na energię końcową obliczono według aktualnych wytycznych [17].

Do analizy przyjęto, że ściany zewnętrzne budynku, wykonane jako mur z betonu komórkowego, nie są izolowane cieplnie ($U = 0,97 \text{ W/m}^2\text{K}$). Zmiana współczynnika przenikania ciepła na skutek dodania 15 cm styropianu/wełny mineralnej (przyjęto jednakowe własności cieplne materiałów) wyniosła $0,71 \text{ W/m}^2\text{K}$ (współczynnik przenikania ciepła dla ściany po ociepleniu wynosi $0,26 \text{ W/m}^2\text{K}$). Drzwi zewnętrzne budynku wykonane są jako drzwi stalowe ocieplone ($U = 2,5 \text{ W/m}^2\text{K}$), okna tworzywowe o współczynniku przenikania ciepła $U = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ w liczbie 12 sztuk. Dach budynku kryty jest bachdachówką, z uwagi na użytkowane poddasze ocieplony warstwą 18 cm wełny mineralnej. Wykończenie skosów poddasza stanowią płyty gipsowo-kartonowe.

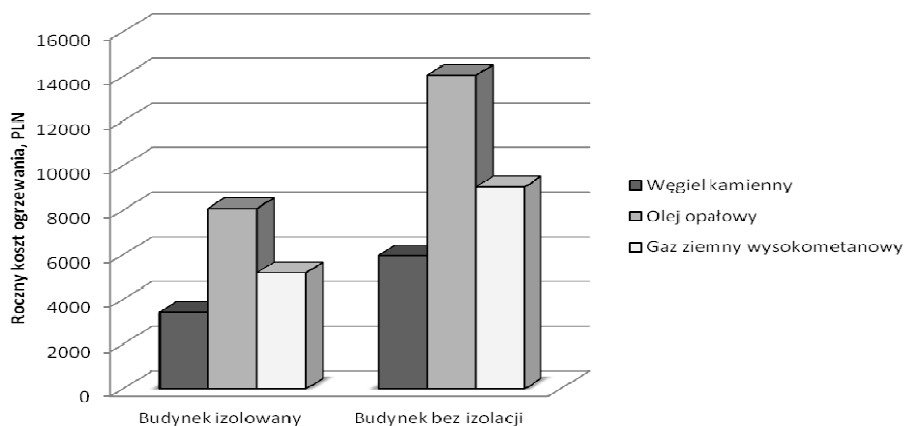
Zmiany zapotrzebowania na energię pierwotną (użytkową) w poszczególnych miesiącach sezonu grzewczego przedstawiono na wykresie 2. Jak można zauważyć, różnica w zapotrzebowaniu na energię pierwotną w odniesieniu do stanu sprzed modernizacji jest znacząca, dla miesiąca o największym zapotrzebowaniu na energię grzewczą (luty) wynosi ponad 12GJ.

Zapotrzebowanie energii końcowej, obliczone dla budynku przed i po modernizacji, posłużyło do obliczenia rocznych kosztów ogrzewania budynku z wykorzystaniem różnych rodzajów paliwa. Z uwagi na dużą powierzchnię użytkową, roczny koszt ogrzewania budynku jest znaczący i wynosi 3,5 tys. zł dla budynku ocieplonego ogrzewanego węglem do 14 tys. zł dla budynku nieocieplonego ogrzewanego olejem opałowym. Ceny paliw przyjęto według danych literaturowych za rok 2010 [18]. Roczne koszty ogrzewania dla budynku zostały przedstawione na rysunku 3.



Rys. 2. Zapotrzebowanie na energię pierwotną do ogrzewania budynku przed i po dociepleniu (opracowanie własne)

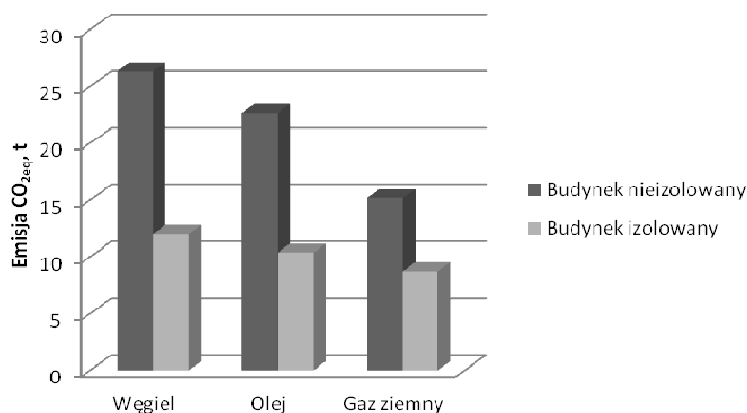
Fig. 2. Demand for primary energy for heating before and after thermoisolation of the building (author's own work)



Rys. 3. Koszty ogrzewania budynku w zależności od źródła energii, PLN (opracowanie własne)

Fig. 3. The dependence of building's heating costs on the energy source, PLN (author's own work)

Do oszacowania ilości ekwiwalentu ditlenku węgla emitowanego podczas jednego sezonu grzewczego wykorzystano bazę danych Eco-invent wraz z oprogramowaniem do analiz cyklu życia SimaPro. Wyniki zestawienia poddano analizie metodą Global Warming Potential w perspektywie 100 lat. Rezultatem są ilości $\text{CO}_{2\text{eq}}$ emitowane do atmosfery w zależności od stanu budynku (przed lub po modernizacji cieplnej) oraz paliwa. Zależność tę przedstawia rysunek 4.

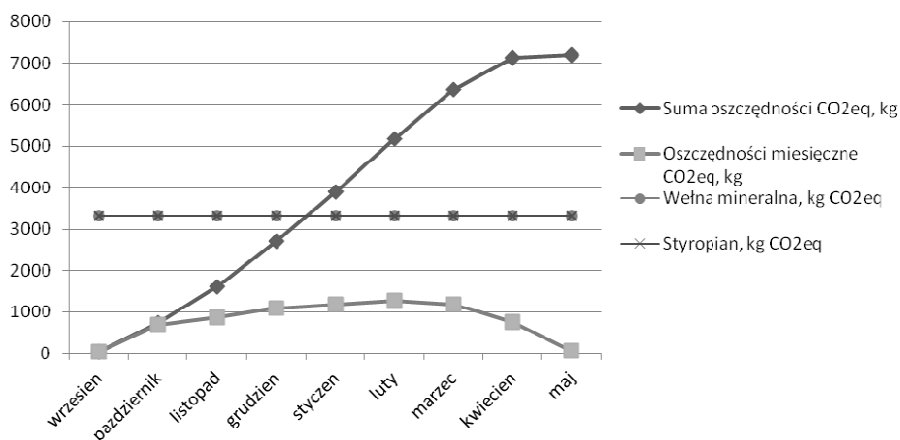


Rys. 4. Emisja $\text{CO}_{2\text{eq}}$ w zależności od źródła energii, t $\text{CO}_{2\text{eq}}$ (opracowanie własne)

Fig. 4. Dependence of $\text{CO}_{2\text{eq}}$ emission on the energy source, t $\text{CO}_{2\text{eq}}$ (author's own work)

W przeciwieństwie do kosztów finansowych, środowiskowe koszty związane z wykorzystaniem węgla kamiennego jako paliwa są najwyższe. Emisja $\text{CO}_{2\text{eq}}$ ze spalania węgla kamiennego w celu ogrzania budynku wyniosła ponad 25 t rocznie dla budynku sprzed modernizacji i spadła do ok. 13 t po ociepleniu. Najbardziej ekologicznym paliwem w zestawieniu jest gaz ziemny, emitujący dla tego samego budynku odpowiednio 14,5 i 8 t $\text{CO}_{2\text{eq}}$.

Z przeprowadzonej analizy wynika, że efekt środowiskowy termomodernizacji jest widoczny już w pierwszym roku użytkowania budynku. Na rysunku 5 przedstawiono wykres zmian miesięcznych oszczędności w emisji $\text{CO}_{2\text{eq}}$ oraz ich sumarycznej wielkości dla jednego (pierwszego) sezonu grzewczego.



Rys. 5. Oszczędności w emisji CO_{2eq} w porównaniu z jej nakładem na termomodernizację, kg (opracowanie własne)

Fig. 5. CO_{2eq} emission savings in comparison to outlay on modernization, kg (author's own work)

Ilość ekwiwalentu ditlenku węgla wyemitowana do atmosfery w procesie produkcji i przygotowania materiałów termoizolacyjnych (wełna mineralna i styropian) jest porównywalna (3,3 t), i w przypadku oleju opałowego pokrywa się ona z pięciomiesięcznymi oszczędnościami w emisji. Zatem możemy stwierdzić, że już w styczniu pierwszego roku użytkowania ocieplonego budynku termomodernizacja zaczyna przynosić wymierny efekt środowiskowy.

4. Podsumowanie

Jako członek Unii Europejskiej, Polska jest na drodze dostosowywania własnego przemysłu do wymagań wspólnoty. Jedną z istotnych kwestii jest dostosowanie ilości i struktury energii zużywanej na cele grzewcze. Wymienione w artykule środki zachęty nakładane na konsumentów mają na celu poprawę standardów energetycznych w Polsce, a co za tym idzie, ochronę środowiska naturalnego. Należy zauważyć, że potencjał termomodernizacji jako środka służącego ochronie zasobów naturalnych w Polsce jest znaczący. Wynika to zarówno z dużych możliwości redukcji zapotrzebowania na energię grzewczą, jak i z potencjału wprowadzenia zmian w niekorzystnym rozbiórce źródeł energii.

Prezentowany w części analitycznej przykład modernizacji budynku miał na celu porównanie emisji z modernizacji (produkcja i transport materiałów) oraz fazy użytkowej modernizowanego budynku. Z przeprowadzonej analizy wynika, że termomodernizacja jest procesem o pozytywnym bilansie środowiskowym. Porównanie ilości emisji ekwiwalentu ditlenku węgla związanej z fazą produkcji materiałów termoizolacyjnych (styropian i wełna mineralna) z emisją fazy użytkowej budynku wskazuje na krótki, jednosezonowy czas zwrotu emisji gazów cieplarnianych z produkcji. Należy jednak dodać, że czas zwrotu inwestycji termomodernizacyjnej jest kilkukrotnie dłuższy.

Wykazany w pracy korzystny, ujemny w stosunku do stanu pierwotnego bilans gazów cieplarnianych emitowanych w związku z termomodernizacją i późniejszym użytkowaniem budynku potwierdza pozytywny wpływ procesu na środowisko naturalne. Działanie to stanowi wyraźny krok w kierunku przeciwdziałania efektom globalnego ocieplenia. Dodatkowo związana z termomodernizacją poprawa warunków bytowych ludzi, zmniejszenie kosztów użytkowania budynku oraz zużycia paliw i emisji do atmosfery, stanowią odzwierciedlenie trzech filarów rozwoju zrównoważonego: społecznego, ekonomicznego i ekologicznego. Wdrożenie usprawnień termomodernizacyjnych może więc być traktowane jako jedno z działań na rzecz wprowadzenia w życie idei rozwoju zrównoważonego.

Literatura

1. *Globe Europe*: <http://www.globe-europe.org/>, 2010.
2. **Golomb D.**: *Emission reduction of greenhouse gases: emission quotas or mandated control technologies*. Problemy Ekorozwoju/Problems of Sustainable Development, Vol. 3, Nr 1, 23–25 (2007).
3. **Hull Z.**: *Does the idea of sustainable development show a new vision of the development of civilization?* Problemy Ekorozwoju/Problems of Sustainable Development, Vol. 2, Nr 1, 49–57 (2007).
4. **Jedut A., Cel W., Cholewa T.**: *Metodyka LCA w określaniu aspektów środowiskowych wykorzystywania biomasy*. Red. Garbacz J.K., Diagnostowanie stanu środowiska. Metody badawcze – prognozy. Kompleksowe badania i ochrona środowiska naturalnego. BTN, str. 169-176, Bydgoszcz 2010.
5. **Laszlo C.**: *The Sustainable Company. How to Create Lasting Value Through Social and Environmental Performance*. Island Press, Waszyngton, Covelo, Londyn 2005.
6. **Leroy P., Nelissen N.**: *Social and Political Sciences of the Environment*. International Books, Utreht 1999.

7. **Lindzen R.:** *Global warming: the origin and nature of the alleged scientific consensus.* Problemy Ekorozwoju/Problems of Sustainable Development, Vol. 5, Nr 2, 13–28 (2010).
8. **Kiepas A.:** *Ethics as the Eco-development Factor in Science and Technology.* Problemy Ekorozwoju/Problems of Sustainable Development, Vol. 1, Nr 2, 77–86 (2006).
9. **Nassen J., Holmberg J., Wadeskog A., Nyman M.:** *Direct and indirect energy use and carbon emissions in the production phase of buildings: An input-output analysis.* Energy, Vol. 32, 1593–1602 (2007).
10. **Pawłowski A.:** The multidimensional nature of sustainable development. Problemy Ekorozwoju/Problems of Sustainable Development, Vol. 1, Nr 1, 23–32 (2006).
11. **Pawłowski A.:** *How Many Dimensions Does Sustainable Development Have?* Sustainable Development, vol. 16, Nr 2, 81–90 (2008).
12. **Pawłowski A.:** *Rozwój zrównoważony – idea, filozofia, praktyka.* Monografie Komitetu Inżynierii Środowiska PAN, Vol. 51, Komitet Inżynierii Środowiska, Lublin 2008.
13. **Pawłowski A.:** *Rewolucja rozwoju zrównoważonego.* Problemy Ekorozwoju/Problems of Sustainable Development, Vol. 4, Nr 1, 65–76 (2009).
14. **Pawłowski A., Pawłowski L.:** *Zrównoważony rozwój we współczesnej cywilizacji. Część I. Środowisko a zrównoważony rozwój,* w: Problemy ekorozwoju/Problems of Sustainable Development, Nr 1, Tom 3, 53–65 (2008).
15. **Peryt Sz., Jurgaś A., Roman W., Dziedzina K.:** *Efektywność wykorzystania energii w latach 1998–2008.* Zakład Wydawnictw Statystycznych, Warszawa 2010.
16. **Robakiewicz M.:** *Termomodernizacja budynków i systemów grzewczych.* Biblioteka Fundacji Poszanowania Energii, Warszawa 2002.
17. **Robakiewicz M.:** *Ocena jakości energetycznej budynków. Wymagania – Dane – Obliczenia.* Biblioteka Fundacji Poszanowania Energii, Warszawa 2004.
18. **Stolarski M., Krzyżaniak M., Graban Ł.:** *Evaluation of energy-related and economic aspects of heating a family house with dendromass in the north-east of Poland.* Energy and Buildings, Vol. 43, 433–439 (2010).
19. **WCED:** *Our Common Future, The Report of the World Commission on Environment and Development.* Oxford University Press, Nowy Jork 1987.
20. **Weizsacker E.U. von, Lovins A.B., Lovins L.H.:** *Mnożnik cztery, podwojony dobrobyt – dwukrotnie mniejsze zużycie zasobów naturalnych, Raport dla Klubu Rzymskiego.* Polskie Towarzystwo Współpracy z Klubem Rzymskim, Toruń 1999.

21. **Wnuk R.:** *Budowa domu pasywnego w praktyce*. Wydawnictwo Przewodnik Budowlany, Warszawa 2006.
22. **York R.:** *Kyoto protocol participation: A demographic explanation*. Population Research and Policy Review, Nr 24, 513–526 (2005).
23. **Zbiciński I., Staveniuter J., Kozłowska B., Van de Covering H.P.M.:** *Product Design and Life Cycle Assessment*, Book 3 in a series on Environmental Management, The Baltic University Press, Uppsala 2006.
24. **Żelazna A., Pawłowski A.:** *The environmental analysis of insulation materials in the context of sustainable building*. Technology and Economic Development of Economy – w druku, 2011.

Assessment of Environmental Effects of Thermomodernization on the Example of a Detached House

Abstract

Global warming is one of the major problems to be solved by international society. The inappropriate way of natural resources exploitation resulted in 50% increase of carbon dioxide equivalent concentration in the atmosphere. The introduction of sustainable development idea in the Brundtland report was the beginning of change in natural resources use perception. Also new agreements were introduced. Poland is one of the countries, which signed the Kyoto Protocol, and as the member of European Union, we are obliged to reduce amounts of CO₂ emission to the atmosphere.

Building construction industry is one of branches with great potential of reduction of CO₂ emissions. Most of the environmental costs related to buildings is connected with its operational phase. It is assumed that there is about 7,3 mln of detached houses in Poland, and only 0,5 mln of them are new ones with good insulation parameters. Buildings which do not correspond with the requirements, have to be thermomodernized.

This paper presents the results of economic and environmental analysis of detached house before and after thermal insulation of external walls. The elements of LCA methodology were used to establish the amounts of CO₂ emitted during the production of insulation materials and during production of heat. These amounts were analyzed to establish the payback time for environmental costs of thermomodernization. This time was set up as shorter than one heating season.