

Józef Szlachta
Instytut Inżynierii Rolniczej
Akademia Rolnicza we Wrocławiu

ANALIZA OPŁACALNOŚCI EKONOMICZNEJ BUDOWY KOTŁOWNI OPALANYCH SŁOMĄ ORAZ REDUKCJI EMISJI GAZÓW PRZY ICH UŻYTKOWANIU

Streszczenie

Analizowano celowość wymiany kotłowni węglowych na kotłownię opalane słomą w wybranych obiektach w oparciu o wskaźniki ekonomiczne i zmniejszoną emisję gazów cieplarnianych. Na podstawie wartości wskaźników NPV, IRR, SPBT wykazano celowość wymiany kotłowni przy równoczesnej modernizacji obiektów.

Słowa kluczowe: kotłownię opalane słomą, efektywność ekonomiczna, emisja zanieczyszczeń

Wstęp

Słoma jako surowiec energetyczny może mieć duże znaczenie na obszarach wiejskich, gdzie występuje jej nadmiar w stosunku do możliwości rolniczego jej wykorzystania [Szlachta i in. 1999, Gradziuk 2001, Szlachta i Dżoga 2002]. Z analiz zasobów słomy wynika, że w Polsce słoma może być najpoważniejszym źródłem energii odnawialnej [Rogulska i Grzybek 2001; Ulbrich 2000]. Oprócz indywidualnych gospodarstw rolnych potencjalnymi użytkownikami ciepłowni małej i średniej mocy mogą być także całe osiedla, szkoły, urzędy gmin, hotele.

Bardzo często podejmowane inwestycje w zakresie przebudowy kotłowni na opalaną słomą wiąże się również z termomodernizacją budynku polegającą na wymianie okien, ociepleniu ścian i dachów, jednakże mając na uwadze duże koszty inwestycyjne, ostateczna decyzja o wyborze rozwiązania powinna zostać poprzedzona analizą opłacalności inwestycji [Kijanka 2004]. Dlatego zasadniczym celem pracy była ocena opłacalności inwestycji związanej z zamianą kotłowni węglowej na kotłownię opalaną słomą (z ewentualną termomodernizacją budynku) oraz ocena

efektu ekologicznego wymiany kotłowni. Ponadto celem pracy było wykazanie zasadności ekonomicznej prac termomodernizacyjnych przy uruchamianiu kotłowni opalanych słomą oraz porównanie efektów ekologicznych związanych z zamianą tradycyjnych źródeł energii na źródła odnawialne – słomę.

Przedmiot i zakres badań

Przedmiotem badań były wybrane kotłownie dotychczas opalane węglem i innymi nośnikami energii z przystosowaniem do opalania słomą w:

- Wińsku - właścicielem jest Urząd Gminy Wińsko -obiekt przeznaczony jest na Gminny Zespół
- Szkół. W audycie energetycznym uwzględniono dziesięć wariantów modernizacji, począwszy od samej wymiany kotła węglowego na kocioł opalany słomą po kompleksową modernizację c.o. i c.w.u. oraz docieplenie ścian, dachu i wymianę okien.
- Powidzku - właścicielem obiektu jest Urząd Gminy w Żmigrodzie-obiekt przeznaczony jest na Zespół Szkół Podstawowych. Audyt energetycznych nie dotyczył wyboru optymalnego rozwiązania ponieważ inwestor był z góry zdecydowany na uruchomienie kotłowni opalanej słomą
- Kamiennej Górze - właścicielem obiektu jest Starostwo Powiatowe w Kamiennej Górze- obiekt przeznaczony jest na Szkołę Podstawową. Dla obiektu szkoły w Kamiennej Górze wykonano audyt energetyczny, w którym proponowano pięć wariantów rozwiązań. Wszystkie warianty obejmują modernizację instalacji c.o., modernizację instalacji c.w.u., docieplenie ścian, docieplenie dachu, modernizację wentylacji. Kryterium wyboru jest wybór rodzaju paliwa jakim będzie opalana kotłownia.
- Witkowie - Wojskowa Agencja Mieszkaniowa- osiedle mieszkaniowe, 46 budynków mieszkalnych mieszczących 1230 mieszkań i około 4450 mieszkańców. W audycie opracowanym dla Witkowa zaproponowano rozpatrzenie sześciu wariantów. Pierwsze warianty dotyczą termomodernizacji, a kolejne związane są z wyborem nośnika energii.
- Świerzawie - właścicielem jest Starostwo Powiatowe w Złotoryi - obiekt przeznaczony jest na Zakład Aktywności Zawodowej pełniący funkcję edukacyjno – rehabilitacyjną. Na podstawie audytu energetycznego wybierano najkorzystniejszy z pośród sześciu wariantów. Każdy wariant obejmował ocieplenie ścian, wymianę okien, modernizację instalacji c.o. i c.w.u., różnica między wariantami polegała na rodzaju źródła ciepła dla kotłowni. Kryterium był wybór rodzaju paliwa jakim będzie opalana kotłownia.
- Zamku Czocho - właścicielem jest Wojskowa Agencja Mieszkaniowa Oddział Wrocław - obiekt przeznaczony jest na Ośrodek Wypoczynkowo-

-Szkoleniowy. W audycie wykonanym dla Zamku Czocha zaproponowano siedem wariantów modernizacji tego obiektu. Ponieważ konserwator zabytków zabrania jakichkolwiek prac przy elewacjach, w żadnym z rozwiązań nie wzięto pod uwagę prac termomodernizacyjnych takich jak wykonanie dociepleń. Po przeanalizowaniu efektów docieplenia dachu i wymiany stolarki okiennej projektanci doszli do wniosku, że przy tego typu obiekcie wykonanie w/w prac termomodernizacyjnych jest ekonomicznie nieopłacalne. Wynika to z konieczności wymiany okien wykonanych na specjalne zamówienie oraz ogromnych, nierównych i trudnych do właściwego ocieplenia powierzchni dachu.

Na podstawie „wytycznych ministerialnych” w audycie energetycznym obliczono efekty ekologiczne dla poszczególnych wariantów. Poniżej pokazany jest efekt ekologiczny dla wariantu z kotłownią na słomę.

Metodyka badań

Do oceny opłacalności ekonomicznej inwestycji wykorzystano program - audyty energetyczne, które bardzo precyzyjnie opisują kilka sposobów modernizacji budynków (obiektów) i dostarczają informacji odnośnie celowości i zakresu (wariantu) (termomodernizacji). Audyt wskazuje na optymalny wariant modernizacji kotłowni pod względem ekonomicznym i ekologicznym. Do celów analizy ekonomicznej w audytach energetycznych wykorzystuje się wskaźniki ekonomiczne (wskaźniki efektywności inwestycyjnej) jak: SPBT, NPV, IRR.

SPBT - prosty okres zwrotu nakładów jest najczęściej stosowanym kryterium statystycznym, określanym jako okres niezbędny do odzyskania nakładów początkowych, poniesionych na realizację przedsięwzięcia;

NPV - podstawowe kryterium decyzyjne będące wartością bieżącą netto (Net Present Value) charakteryzująca rozpatrywane przedsięwzięcie wyrażając bieżącą wartość związanych z nim wydatków i wpływów pieniężnych. Określana jest jako suma zdyskontowanych oddzielnie dla każdego roku przepływów pieniężnych (Net Cash Flow), będących różnicą pomiędzy przychodami P i wydatkami w całym okresie funkcjonowania przedsięwzięcia, przy stałym poziomie stopy dyskontowej. Obowiązuje zasada, że inwestycja dla której NPV jest dodatnie przyniesie zysk, gdy NPV jest mniejsze lub równe zero, inwestycja powinna zostać odrzucona, gdyż przyniesie zysk mniejszy od lokaty bankowej, lub nie przyniesie go wcale. Porównując kilka przedsięwzięć, lub kilka wariantów jednego przedsięwzięcia, do analiz wybrano warianty z największymi wartościami NPV, co jest dobrym

wskaźnikiem kryterium opłacalności inwestycji termomodernizacji. Do analizy przyjęto 15 letni okres amortyzacji, a stopa dyskonta wynosiła w rozpatrywanym okresie w granicach 5–6%.

IRR - wewnętrzna stopa zwrotu- oznacza taką wartość stopy dyskontowej „i”, przy której wartość bieżąca efektów jest równa wartości bieżącej nakładów. Inaczej wewnętrzna stopa zwrotu to taka stopa dyskontowa ($IRR = i$), przy której $NPV = 0$. Funkcja $NPV = f(i)$ jest malejąca wraz ze wzrostem stopy „i”, a w swoim punkcie zerowym określa IRR analizowanej inwestycji. IRR wskazuje rzeczywistą stopę procentową całego nakładu inwestycyjnego. Przedsięwzięcie może być zaakceptowane przez inwestora, jeżeli IRR jest większa niż stopa graniczna będąca najmniejszą możliwą do przyjęcia stopą zysku w rozpatrywanym przypadku. Innymi słowy, każda stopa dyskontowa większa od IRR daje ujemną wartość NPV [Robakiewicz 1999].

Dodatkowo przeprowadzono analizę porównawczą efektów ekologicznych dla wykazania w jakim stopniu modernizacja kotłowni na kotłownię opalane słomą wpłynie na emisję zanieczyszczeń do atmosfery szkodliwych.

Wyniki badań

Ocena wskaźników efektywności ekonomicznej inwestycji

Postępując zgodnie z metodyką w analizie uwzględniono dziesięć wariantów modernizacji; poczynając od samej wymiany kotła węglowego na kocioł na słomę (wariant 1) - po kompleksową modernizację c.o. i c.w.u. oraz docieplenie ścian, dachu i wymianę okien (wariant X).

Warianty modernizacji kotłowni w Wińsku (tabela 1) wskazują, że:

- ograniczenie się tylko do wymiany kotłowni (wariant 1) nie jest opłacalne, gdyż po okresie obliczeniowym 15 lat nie przyniesie żadnych korzyści, NPV jest ujemne dla tego wariantu,
- nieopłacalne są również warianty: IV i V; NPV dla obu przypadków jest ujemne, a IRR osiąga wartości poniżej stopy dyskonta (5,5%),
- warianty 1–5 dotyczą modernizacji układów c.o. oraz c.w.u., dlatego wykazują niewielką opłacalność, SPBT między 7,4 a 11,0 lat, IRR w granicach 4,1–10,5%,
- warianty 5–10 dotyczą prac termomodernizacyjnych, SPBT waha się tu pomiędzy 6,2 a 8,5 lat, IRR od 9,1 do nawet 12,9%,

Tabela 1. Wskaźniki efektywności inwestycji kotłowni opalanej słomą w Wińsku
 Table 1. The coefficients of efficiency of investments straw boiler house in Wińsko

Lp.	Wariant	Wskaźnik										
		Moc (kW)	Sprawność układu grzewczego (%)	Planowane zużycie ciepła (GJ)	Oszczędność			Koszt inwestycji (zł)	SPBT (lata)	NPV (zł)	IRR (%)	
					(GJ/rok)	(%)	(zł/rok)					
1	Stan przed modernizacją	963,0	34,7	20161,6								
2	Wariant 1: wymiana kotła na kocioł opalany słomą	963,0	47,4	14059,8	6101,8	30,3	-50600,0	450000,0	-	-	-883110,0	-
3	Wariant 2: wariant 1 + modernizacja c.w.u	963,0	65,0	10614,0	9547,6	47,4	74167,0	547500,0	7,4	87331,0	10,5	
4	Wariant 3: wariant 2 + montaż automatyki pogodowej	963,0	65,0	10614,0	9547,6	47,4	74167,0	599903,0	8,1	34928,0	8,9	
5	Wariant 4: wariant 3+ modernizacja c.o	963,0	65,0	10614,0	9547,6	47,4	74167,0	786663,0	10,6	-151832,0	4,7	
6	Wariant 5: wariant 4 + montaż ekranów zabezpieczających	963,0	65,0	10614,0	9547,6	47,4	74167,0	818863,0	11,0	-184032,0	4,1	
7	Wariant 6: wariant 5 + montaż nawiewników	753,0	65,0	8417,2	11744,4	58,3	145785,0	948691,0	6,5	299153,0	12,9	
8	Wariant 7: wariant 6 + ocieplenie stropodachu	680,0	65,0	7562,7	12598,9	62,5	173646,0	1068631,0	6,2	417688,0	14,0	
9	Wariant 8: wariant 7 + ocieplenie ścian zewn.	499,0	65,0	5527,0	14634,6	72,6	240015,0	1643881,0	6,8	410522,0	11,9	
10	Wariant 9: wariant 8 + ocieplenie dachu nad salą gimnastyczną	489,0	65,0	5490,7	14670,9	72,8	241198,0	1721501,0	7,1	499543,0	11,1	
11	Wariant 10: wariant 9 + zamurowanie części otworów okiennych	363,0	65,0	4439,1	15722,5	78,0	275482,0	2341371,0	8,5	423802,0	9,1	

Zestawienie zbiorcze efektów modernizacji kotłowni uzyskane w poszczególnych obiektach z uwzględnieniem realizowanych w nich wariantów modernizacji (tabela 2), wskazuje na dużą zróżnicowanie wskaźników:

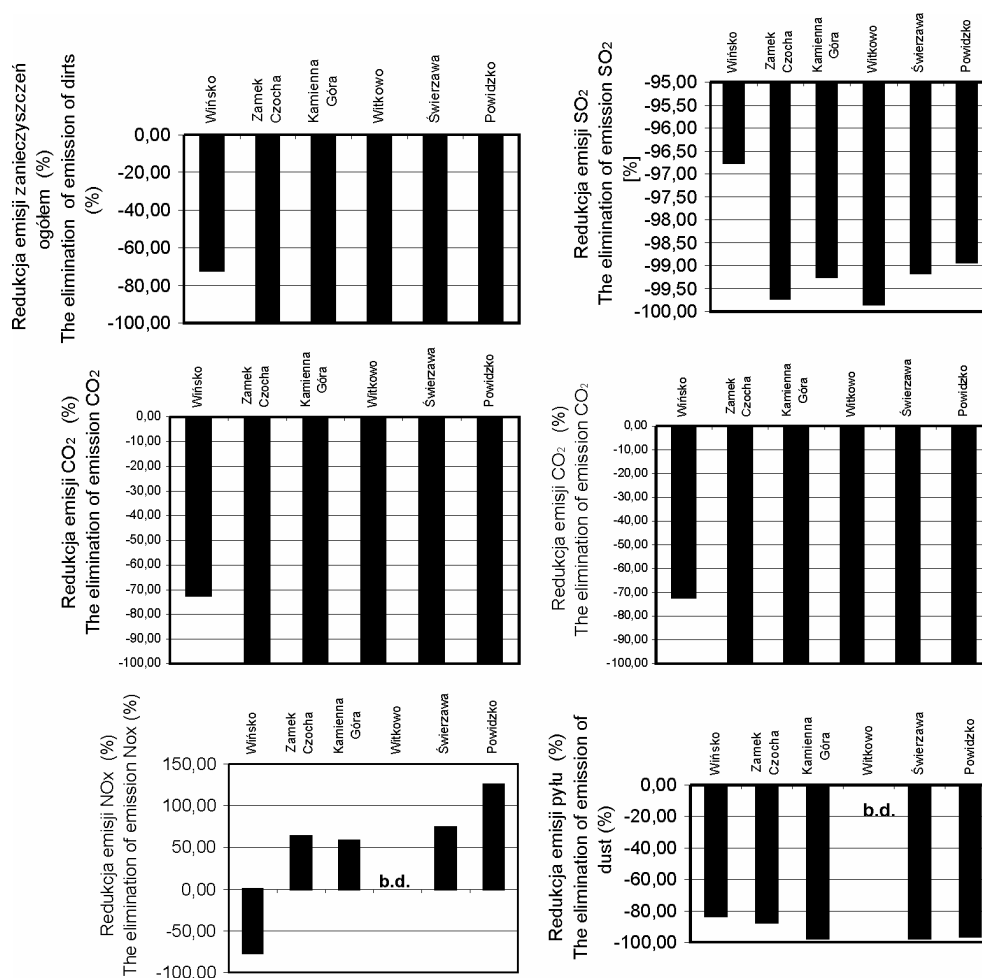
- wewnętrzna stopa zysku IRR - kształtuje się na poziomie między 7 a 16%, i wskazuje, że tego rodzaju inwestycje przyniosą, w przyjętym do obliczeń okresie 15 lat, zyski większe, niż np. włożenie kwoty równej poniesionym nakładom na lokatę bankową; średnio IRR dla kotłowni opalanych słomą kształtuje się na poziomie ok. 10 procent,
- prosty czas zwrotu SPBT - mieści się w przedziałach 5 – 11 lat, ze średnią w granicach 8 lat; jest to okres możliwy do zaakceptowania,
- wartość bieżąca netto NPV/m³ - ze względu na różnice w wielkościach nakładów inwestycyjnych i charakterze poszczególnych obiektów, wskaźnik NPV przypisano jednostce porównywalnej, w tym przypadku m³. Fakt, że NPV przyjmuje wartości dodatnie świadczy o zadawalającej opłacalności inwestycji dla każdego obiektu.
- cena 1 GJ energii cieplnej kształtuje średnio na poziomie około 40 złotych co stanowi wynik zbliżony do średniej ceny energii ogółem na Dolnym Śląsku i w kraju (Kijanka 2004).
- roczne oszczędności kosztów ciepła wyrażone w zł/m³ - dla porównywanych obiektów z kotłowniami opalonymi słomą oszczędności wynoszą od 7 do 12 złotych rocznie, średnio 10,8 zł.

Tabela 2. Zestawienie wskaźników ekonomicznych w obiektach
Table 2. Comparison of the economic coefficients in objects

Obiekt	IRR	SPBT	NPV/m ³	Cena 1GJ	Oszczędność roczna ciepła	Oszczędność jednostkowa ciepła rocznie
	(%)	(lata)	(zł/m ³)	(zł/GJ)	(%)	(zł/m ³)
Wińsko	9,1	8,5	18,90	32,6	78,0	12,29
Zamek Czocha	16,9	5,3	52,46	44,74	26,9	11,19
Kamienna Góra	9,3	10,7	43,10	33,82	65,9	7,26
Witkowo	7,3	8,9	13,04	40,11	63,3	11,79
Świerzawa	11,3	7,1	53,08	55,98	62,3	12,32
Powidzko	9,3	7,9	20,68	31,06	51,2	9,87
średnio	10,5	8,1	33,54	39,72	57,9	10,80

Zestawienie efektów ekologicznych

Przeprowadzone obliczenia symulacyjne (rys. 1) wskazują, że dzięki zastosowaniu kotłowni opalanych słomą wielkości emisji zanieczyszczeń ogółem ulegną redukcji od 70% do 100%, a w szczególności: SO₂, redukcja o 96,8 – 99,7%, CO, redukcja o 56,8 – 98,6%, pyłu, redukcja o 83,3 – 97,6%, całkowita redukcja emisji sadzy.



Rys. 1. Redukcja emisji gazów i pyłów kotłowni opalanych słomą w porównaniu z kotłownią opalaną węglem

Fig. 1. The elimination of greenhouse gases and dust emission the straw burning boilers house in comparison with carbon boiler room

W przypadku NO_x nie nastąpiła redukcja lecz nawet wzrost emisji, powodem jest fakt, iż słoma będąca paliwem pochodzenia organicznego zawiera duże ilości azotu, który jest jednym ze składników budowy biomasy.

Wnioski

1. Analiza opłacalności ekonomicznej kotłowni opalanych słomą wykazała, że tego typu inwestycje związane z modernizacją kotłowni są uzasadnione ekonomicznie. Prosty czas zwrotu inwestycji związanych z uruchamianiem kotłowni opalanych słomą nie odbiega od kotłowni opalanych tradycyjnymi paliwami. Łączenie tego typu inwestycji z termomodernizacją obiektów przynosi dodatkowo większe korzyści ekonomiczne.
2. Zamiana konwencjonalnych - tradycyjnych źródeł energii na źródła alternatywne – odnawialne (słoma) przynosi zawsze korzyści dla środowiska. Na podstawie obliczeń, wykonanych w audytach energetycznych, obserwuje się redukcję wielkości emisji zanieczyszczeń ogółem o 70 do blisko 100 procent, a w szczególności CO₂ (redukcja o 56,8 – 98,6%), odpowiedzialnego za niekorzystne zjawisko „efektu cieplarnianego”.

Bibliografia

- Gradziuk P. 2001. Bilans słomy i zrębków drzewnych. Ekopartner. nr 1. s.10-13.
- Kijanka K. 2004. Analiza porównawcza opłacalności ekonomicznej i efektu ekologicznego wybranych kotłowni opalanych słomą. Praca magisterska. Wrocław.
- Robakiewicz M. 1999. Ekonomia i księgowość w analizie ekonomicznej inwestycji energooszczędnych. Materiały konferencyjne AEE o/Warszawa. dział 8.
- Rogulska M., Grzybek A. 2001. Wytwarzanie energii z biomasy. Ekopartner. nr 1. s. 14-15.
- Szlachta J. 1999. Niekonwencjonalne źródła energii. Wydawnictwo Akademii Rolniczej we Wrocławiu.
- Szlachta J., Dżoga M. 2003. Straw Burning In Batch Boiler House oh the Example of the Boiler House In Milicz. Elimination of agricultural pisk to health and environment. Scietntific Network Agrorisk. Poznań, s. 152-154.
- Ulbrich R. 2000. Alternatywne źródła energii. Oficyna Wydawnicza Politechniki Opolskiej.

**THE ANALYSIS OF ECONOMIC PROFITABILITY
THE CONSTRUCTION OF A STRAW BURNING BOILER HOUSE
AND THE ELIMINATION OF GREENHOUSE GASES EMISSION
BY THEIR USE**

Summary

The paper presents the analysis of the usefulness of exchange replacing a coal boiler house by a straw boiler house, based on economic coefficients and the elimination of greenhouse gases emission. The value of the coefficients NPV, IRR, SPBT showed that the investment was profitable alongside thermal modernization of the objects.

Key words: straw burning boiler house, economic efficiency, elimination of emission greenhouse gases