

**Michał Jasiulewicz**

*Politechnika Koszalińska*

## **WPLYW PODSTAWOWYCH CZYNNIKÓW ZEWNĘTRZNYCH NA EFEKTYWNOŚĆ EKONOMICZNĄ INSTALACJI KOGENERACYJNEJ MAŁEJ MOCY OPALANEJ AGROBIOMASĄ STAŁĄ**

*INFLUENCE OF ESSENTIAL OUTSIDE FACTORS ON THE ECONOMIC  
EFFECTIVENESS OF THE CHP PLANTS SMALL POWER HEATING  
BY AGRI-BIOMASS*

**Słowa kluczowe: agrobiomasa, rozproszona energetyka, ekonomiczna efektywność, małe elektrociepłownie, czynniki wpływu na efektywność**

*Key words: agri-biomass, dispersion energetic, economical effectiveness, small CHP, factors of the influence at the effectiveness*

**Abstrakt.** Celem badań było określenie wpływu podstawowych czynników zewnętrznych na efektywność ekonomiczną instalacji kogeneracyjnej małej mocy opalanej agrobiomasą stałą. W analizie uwzględniono wpływ podstawowych czynników zewnętrznych, tj. ceny zakupu biomasy, ceny zbytu energii elektrycznej i ciepłej oraz ceny zbytu „zielonych certyfikatów” na efektywność ekonomiczną instalacji kogeneracyjnej (CHP) typu ORC małej mocy (2 MW) opartej na spalaniu lokalnej agrobiomasy stałej (zrębki wierzby). W analizie ekonomicznej uwzględniono 5 wariantów kapitałowych oraz po 3 warianty w każdym z 4 analizowanych czynników. Analiza ekonomiczna wskazała na konieczność uwzględniania każdego z czynników w celu oceny efektywności ekonomicznej (NPV, IRR). Wykorzystanie surowców energetycznych z rolnictwa, zwłaszcza z biomasy stałej uzyskanej z wieloletnich plantacji (SRC) zakładanych głównie na glebach o niskiej jakości, nieużytkach i gruntach zdegradowanych o dobrej dostępności do wód gruntowych, stwarza dobre perspektywy dla rolników, jak również dla producentów energii ciepłej i elektrycznej, wykorzystujących lokalne surowce biomasy stałej. Stworzenie sieci rozproszonej małych elektrociepłowni (CHP), wykorzystujących lokalną agrobiomasę stałą – stanowi podstawę rozważań ekonomicznych instalacji kogeneracyjnych małej mocy (2 MW).

### **Wstęp**

Zróżnicowanie kierunków produkcji rolnej, zwłaszcza roślinnej, prowadzi do uprawy surowców konsumpcyjnych i niekonsumpcyjnych, głównie energetycznych, niewątpliwie przyczyni się do poprawy dochodów ludności rolniczej i aktywizacji gospodarczej obszarów wiejskich. Działania te powinny wpływać także na poprawę stanu środowiska przyrodniczego i zrównoważony rozwój obszarów wiejskich. Odpowiednie zagospodarowanie lokalnej biomasy stałej z wykorzystaniem najnowszych technologii w systemie skojarzonym (CHP) z rolnictwa, a także gospodarki komunalnej, w istniejących lokalnych systemach ciepłowniczych, stwarza najbardziej efektywne rozwiązanie zarówno dla producentów energii ciepłej i elektrycznej, jak i dla producentów surowców energetycznych. Dotychczas biomasa stała wykorzystywana była w polskiej elektroenergetyce prawie wyłącznie w procesie współspalania z węglem kamiennym (ok. 90%) w dużych elektrowniach i elektrociepłowniach. Wykorzystanie energetycznych surowców z rolnictwa, zwłaszcza biomasy stałej na uprawianych wieloletnich plantacjach (SRF – ang. *Short Rotation Forestry*), w tym wykorzystania gleb o niskiej jakości, nieużytków, gruntów zdegradowanych – stanowi wielką szansę dla producentów rolnych i lokalnych ciepłowni, które powinny zostać przekształcone na dostosowane do możliwości odbioru ciepła elektrociepłownie.

Zwiększanie udziału energii wytwarzanej z odnawialnych źródeł energii (OZE) staje się koniecznością ekologiczną (przedłużenie umowy z Kioto do 2020 r.), wymogiem politycznym i ekonomicznym (Dyrektywa UE 2009/28/WE), a także zachowania zasad rozwoju zrównoważonego obszarów wiejskich, tworzenia nowych miejsc pracy, wdrażaniu nowoczesnych technologii na terenach wiejskich i w małych miastach [Gołaszewski 2012]. Potencjał techniczny biomasy w Polsce jest wysoki (895 PJ) [Jasiulewicz 2010] i właściwe jego wykorzystanie umożliwi zastąpienie stosowanego obecnie węgla biomasą stałą. Aby spełnić wymogi Dyrektywy 2009/28/WE i NCW do 2020 r., należy rozpocząć już obecnie bardzo intensywne działania. Założenie plantacji typu SRF (wierzby, topoli) i uprawa do czasu pełnej wydajności wymaga około 5 lat. Stanowi to także możliwość produkcji sprzętu do mechanicznego nasadzenia, zbioru jednofazowego (ze zrzębkowaniem), załadunku, transportu, uprawy. Stwarza to możliwość rozwoju produkcji przemysłu maszynowego dla potrzeb zakładania, uprawy i zbioru biomasy z plantacji. Zachodzi także potrzeba rozwoju produkcji różnej wielkości kotłów i urządzeń do pracy w systemie kogeneracji, spalających biomasę. Właściwe zagospodarowanie lokalnej agrobiomasy z wykorzystaniem najnowszych technologii w systemie skojarzonym, np. ORC, stwarza efektywne rozwiązanie zarówno dla rolników, jak i producentów energii cieplnej i elektrycznej (lokalnych elektrociepłowni, zlokalizowanych w małych i średnich miastach – obecnie miejskich ciepłowni) [Kielichowska 2012].

Instalacja kotła kogeneracyjnego (ORC) opalanego agrobiomasą jest w pełni uzasadniona, zwłaszcza w małych miastach, gdzie istnieje instalacja ciepłownicza centralna, z kotłem opalonym węglem kamiennym, zwłaszcza gdy nastąpiła już dekapitalizacja w wyniku wieloletniej eksploatacji i wymaga już wymiany urządzeń grzewczych. Decyzja o uruchomieniu inwestycji elektrociepłowni bazującej na lokalnych surowcach biomasy stałej przyniesie korzyści firmom ciepłowniczym i poprawienie stanu środowiska. Należy koniecznie uwzględnić zabezpieczenie w stałą podaż biomasy (wieloletnie umowy z lokalnymi rolnikami), zapewniającej dostawę surowca przez cały rok, zgodnie z potrzebami. Niezbędna jest także kwestia odpowiednich rozwiązań logistycznych, związanych z dostawami i składowaniem biomasy, a także zagwarantowanie współpracy z operatorem sieci energetycznej oraz odbioru ciepła lub chłodu (latem).

Kocioł opalany biomasą z turbogeneratorem typu ORC należy uważać za rozwiązanie ekonomicznie uzasadnione, nowoczesne, sprawdzone w praktyce. Dobrze wpisuje się w rozwój małej, lokalnej energetyki. Działania związane z realizacją inwestycji kogeneracyjnej wymagają dobrze przygotowanego projektu, wiedzy technicznej, organizacyjnej i determinacji. Projekt inwestycji typu ORC odznacza się niskimi kosztami inwestycyjnymi oraz kosztami eksploatacji i wykazuje wysoką efektywność ekonomiczną.

Celem badań było przedstawienie wpływu podstawowych czynników zewnętrznych (cena: biomasy, energii elektrycznej i cieplnej oraz zielonych certyfikatów<sup>1</sup>) na efektywność ekonomiczną instalacji kogeneracyjnej małej mocy (2 MW), opalanej agrobiomasą stałą.

## Material i metodyka badań

Zmierzając do rozwoju systemu rozproszonego opartego na spalaniu agrobiomasy w małych i średniej wielkości elektrociepłowniach, instalowanych w miejsce istniejących obecnie ciepłowni miejskich opalanych węglem, przeprowadzono analizę ekonomiczną instalacji skojarzonej (CHP) opartej na spalaniu agrobiomasy. W ocenie efektywności ekonomicznej przyjęto 5 wariantów pokrycia kosztów inwestycji:

- 100% przez inwestora ze środków własnych,
- 50% przez inwestora ze środków własnych oraz 50% z kredytu,
- 20% ze środków własnych inwestora i 80% z kredytu,
- 20% ze środków własnych inwestora, 20% z dotacji i 60% z kredytu,
- 10% ze środków własnych, 40% z dotacji i 50% z kredytu.

<sup>1</sup> „Zielony certyfikat” jest to mechanizm wsparcia produkcji energii elektrycznej z odnawialnych źródeł. Zielone certyfikaty są prawami majątkowymi, przyznawanymi przez Prezesa URE. Są zbywalne i mogą stanowić przedmiot obrotu na odrębnym rynku – w Polsce na Towarowej Gieldzie Energii. Obrót certyfikatami wynika z nałożonego przez Prawo energetyczne na operatorów systemu – obowiązek zakupu energii ze źródeł odnawialnych. W przypadku nie wywiązania się z tego obowiązku należy uiścić opłatę zastępczą – obecnie jest ona w wysokości 240 zł /MWh.

Tabela 1. Koszty budowy siłowni ORC – 2MW (320 KWe)

Table 1. Building of ORC power plant – 2MW (320 KWe)

	Element dostawy/robót/Specification of equipment/services	Cena netto/ Price [EUR]
	Dostawy urządzeń podstawowych/Delivery of basic equipment	
A1	Kocioł oleju termalnego na biomasę o mocy nominalnej 2,2 MW + hydrauliczny układ zasypu + układ odprowadzania spalin z systemem odpylania i układem elektrofiltów + układ odpopielania kotła./Thermal oil boiler for biomass utilisation capacity 2,2 MW + hydraulic biomass feed system + exhaust gas system with dust filtration and electrofilters + ash removing system	1 220 000
A2	Blok ORC o wyjściowej mocy cieplnej 1,42 MW i nominalnej mocy elektrycznej 0,32 MW/ ORC module, output heat capacity 1,42 MW and nominal electrical capacity 0,32 MW	680 000
A	Wartość dostaw urządzeń podstawowych/Value of industrial equipment supplies	1 900 000
	Pozostałe dostawy/Other deliveries	
B1	System pompowy cyrkulacji oleju termalnego/Pump system of thermall oil circulation	42 600
B2	System pompowy cyrkulacji gorącej wody odbiorów c.o./Pump system of hot water circulation to central heating net	25 000
B3	Rozdzielnia elektryczna i przyłącze NN do sieci elektrycznej/Electrical power control box and low voltage connection to grid	16 000
B4	Systemy automatycznej regulacji i sterowania + nadrzędny układ kontroli i nadzoru typu SCADA/Automation and control systems + central visualization SCADA system	21 000
B5	Zbiorniki buforowe gorącej wody ~100 m <sup>3</sup> /Hot water buffer vessels with total capacity ~100 m <sup>3</sup>	90 000
B6	Pozostałe wyposażenie i materiały (m.in. rury, zawory, regulatory, stal profilowa, kable elektryczne, kształtki, materiały izolacyjne, materiały drobne jak śruby, uszczelki, drut spawalniczy, gazy techniczne, farby do zabezpieczeń antykorozyjnych itd..) w zakresie niezbędnym do wykonania prac instalacyjno-montażowych kotła na biomasę i bloku ORC wraz ze wszystkimi instalacjami technologicznymi siłowni/Other equipment and materials (e.g. pipes, valves, regulators, connectors, profile steel, electrical cables, thermal insulation, welding materials, anticorrosion materials ...) necessary to execute installation works of biomass boiler, ORC module and all technological systems of power plant.	100 000
B	Wartość pozostałych dostaw/Value of other supplies	294 600
	Usługi/Services	
C1	Roboty budowlane obejmujące: budynek kotła oleju termalnego + budynek modułu ORC + silosy magazynowe biomasy + tereny utwardzone i podjazdy/Constructional works related to: biomass boiler building + ORC module building + warehouse of biomass + internal roads and drives	350 000
C2	Roboty instalacyjno-montażowe urządzeń siłowni ORC (w tym również uruchomienia, ruch próbny, szkolenia)/Installation works of all equipment of ORC power plant (including start-up, commissioning and training of personnel)	100 000
C3	Prace projektowe i dokumentacyjne wraz z niezbędnymi uzgodnieniami i pozwoleniami/Designing and engineering works including necessary approvals and permissions	55 000
C4	Zarządzanie projektem/Project management	20 000
C5	Rezerwa inwestycyjna (fundusz ryzyka)/Investment cost risk fund	50 000
C	Wartość usług/The value of services	575 000
	Nakłady ogółem/Total expenditures [EUR]	2 769 600
	Nakłady ogółem/Total expenditures (1 EUR = 4,0 PLN) [PLN]	11 078 400

Źródło: opracowanie własne

Source: own study

Przyjęto wykorzystanie mocy nominalnej przez 8000 godz./rok. Przeprowadzono analizę ekonomiczną wpływu podstawowych czynników, tj. ceny zakupu biomasy, ceny sprzedaży energii elektrycznej i energii cieplnej oraz ceny „zielonych certyfikatów”, na końcowy efekt ekonomiczny. Dla każdego z czynników przyjęto po 3 warianty, tj.:

- cena zakupu biomasy w granicach 300-500 zł/t s.m,
- cena sprzedaży energii elektrycznej 230-280 zł/MWh,
- cena „zielonego certyfikatu”<sup>1</sup> 240-290 zł/MWh,
- cena sprzedaży energii cieplnej 35-55 zł/GJ.

W końcowej części opracowano model ekonometryczny wykorzystując metodę regresji wielokrotnej. Bazowano na opracowaniu w ramach realizacji projektu strategicznego pt. *Opracowanie zintegrowanych technologii wytwarzania paliw i energii z biomasy, odpadów i innych* [Jasiulewicz 2012].

### Wpływ podstawowych czynników zewnętrznych na efektywność ekonomiczną instalacji CHP małej mocy opalanej biomasą

Realizacja inwestycji ORC o małej mocy wymaga dobrze przygotowanego projektu nowoczesnej wiedzy technicznej i zastosowania wysokiej technologii oraz nowoczesnej organizacji. Taki projekt odznacza się niskimi kosztami inwestycyjnymi oraz kosztami eksploatacji i wykazuje wysoką efektywność ekonomiczną. Łączne nakłady na inwestycję o mocy 42 ME i 0,32 MWe stanowią (z zastosowaniem importowanych gotowych podzespołów) 11,08 mln zł (tab. 1).

Wstępne obliczenia efektywności ekonomicznej, np.: w przyjętej rocznej nominalnej pracy elektrociepłowni 8000 godz./rok, cenie zakupu biomasy 300 zł/t s.m., sprzedaży energii cieplnej na poziomie 45 zł/GJ przedstawiają się następująco: przychód ze sprzedaży energii elektrycznej 1 338 880 zł, przychód ze sprzedaży energii cieplnej 1 840 320 zł, łącznie przychody stanowią 3 179 200 zł/rok, a roczny efekt ekonomiczny stanowi 1 667 337 zł (tab. 2).

Table 2. Szacunkowe obliczenia efektywności ekonomicznej z inwestycji  
Table 2. Estimation of economical effectiveness of investment

Wyszczególnienie/Specification	Jedn./Units	Wartość/Value
Nakłady inwestycyjne/Investment cost	zł/PLN	11 078 400,00
Elektryczna moc nominalna na wyjściu układu ORC/Nominal electrical output power of ORC unit	MW	0,32
Ciepłota moc nominalna na wyjściu układu ORC/Nominal heat output power of ORC unit	MW	1,42
Wyjściowa moc cieplna w strumieniu biomasy/Initial heat power in biomass flow	MW	2,00
Wartość opałowa biomasy/LHV (low heat value) of biomass	kJ/kg	14 000,00
Max. godzinowe zapotrzebowanie suchej biomasy/Max. demand of dry biomass	t/h	0,51
Przeliczeniowa ilość godzin pracy rocznie z mocą nominalną/Amount of hours of operation per year related to nominal capacity	h	8 000,00
Roczne zapotrzebowanie biomasy/Yearly demand of biomass (dry)	t/h	4 116,34
Cena zakupu biomasy/Price of biomass	zł/t/PLN/t	300,00
Koszt zakupu biomasy rocznie/Cost of biomass yearly	zł/rok/PLN/year	1 234 902,86
Roczne stałe koszty eksploatacji i remontów + obsługa księgową, biurową i prawną + ubezpieczenia, podatki od nieruchomości + nadzory i inspekcje/Annual constant costs of exploitation and services + administration and bookkeeping + insurance and land taxes	2,50%	276 960,00
Koszty eksploatacyjne ogółem/Exploitation costs in total	zł/rok/PLN/year	1 511 862,86
Roczna produkcja en. elektrycznej/Annual production of electricity	MWh	2 560,00
Roczna produkcja en. cieplnej/Annual production of heat	MWh	11 360,00
Roczna produkcja en. cieplnej/Annual production of heat	GJ	40 896,00
Cena energii elektrycznej/Sales price of electricity	zł/PLN/MWh	255,00
Cena „zielonego certyfikatu”/Sales price of „green certificate”	zł/PLN/MWh	268,00
Cena zbytu en. cieplnej/Sale price of heat	PLN/GJ	45,00
Przychód ze sprzedaży en. elektr./Annual turnover on electricity sales	zł/rok/PLN/year	1 338 880,00
Przychód ze sprzedaży en. cieplnej/Annual turnover of heat sales	zł/rok/PLN/year	1 840 320,00
Przychody ogółem/Annual turnover in total	zł/rok/PLN/year	3 179 200,00
Roczny efekt ekonomiczny/Economical effect	zł/rok/PLN/year	1 667 337,14

Źródło: obliczenia własne  
Source: own study

Przeprowadzona analiza ekonomiczna wielu parametrów, tj. 5 kapitałowych oraz 4 czynników zewnętrznych dowodzi, iż każdy z tych czynników wywiera duży wpływ na końcowy efekt ekonomiczny. W szczegółowej analizie w każdym z kilkudziesięciu badanych przypadków uwzględniono podstawowe parametry ekonomiczne, takie jak: NPV, IRR, ROA, ROS, ROE, NCFt. Można stwierdzić, iż we wszystkich wariantach inwestycja była opłacalna, a zwrot nakładów inwestycyjnych następował po 6-9 latach eksploatacji.

### **Model ekonometryczny inwestycji kogeneracyjnej małej mocy, opalanej biomasą**

Zgodnie z przyjętymi parametrami dokonano szacunku efektywności ekonomicznej inwestycji, przyjęto następujące czynniki wpływające na ostateczny efekt ekonomiczny:  $X_{11}$  – cena zakupu biomasy (300-500 zł/t s.m.),  $X_{12}$  – cena sprzedaży energii elektrycznej (230-280 zł/MWh),  $X_{13}$  – cena „zielonego certyfikatu” (240-290 zł/MWh),  $X_{14}$  – cena zbytu energii cieplnej (35-55 zł/GJ). Model po oszacowaniu parametrów strukturalnych przyjmuje postać:

$276960-4117x_1 + 2560x_2 + 2560x_3 + 40816x_4$  i  $4 = \{1, 2, \dots, 14\}$ :

- $a_1 = -4117$ : wzrost ceny zakupu biomasy o 1 PPS przy założeniu, że cena energii elektrycznej, cena „zielonego certyfikatu” i cena zbytu energii cieplnej pozostaną niezmiennione, spowoduje spadek rocznego efektu ekonomicznego o 4117 jednostek wartości,
- $a_2 = 2560$ : wzrost ceny energii elektrycznej o 1% przy założeniu, że ceny pozostałych czynników nie ulegną zmianie, spowoduje wzrost wielkości rocznego efektu ekonomicznego o 2560 jednostek,
- $a_3 = 2560$ : wzrost ceny „zielonego certyfikatu” o 1% przy założeniu, że cena pozostałych czynników zewnętrznych nie ulegnie zmianie, spowoduje wzrost wielkości rocznego efektu ekonomicznego o 2560 jednostek,
- $a_4 = 40896$ : wzrost ceny zbytu energii cieplnej o 1% przy założeniu niezmiennych pozostałych wartości czynników zewnętrznych.

Opisany model ekonometryczny oparto na obliczeniach regresji wielokrotnej.

Celem analizy ekonomicznej było zmeranie do uzyskania optymalizacji efektów ekonomicznych, przy założeniu zmian wartości poszczególnych składowych.

W przyjętych obliczeniach regresji wielorakiej przyjęto następujące założenia: praca instalacji CHP – 8000 godz./rok, cena zakupu biomasy na poziomie – 300 zł/t s.m., cena sprzedaży energii elektrycznej – 200 zł/MWh, cena „zielonego certyfikatu” – 200 zł/MWh, cena zbytu energii elektrycznej – 20 zł/GJ, przy założeniu produkcji energii elektrycznej – 2560 MWh/rok, produkcji energii cieplnej – 11360 MWh, tj. 40 893 GJ – stwarza to roczny efekt ekonomiczny na poziomie 330,1 tys. zł/rok.

Przyjmując maksymalną liczbę godzin pracy instalacji nominalnej mocy w ciągu roku, czyli 8760 godz., przy cenie zakupu biomasy – 300 zł/t s.m., cenie sprzedaży energii elektrycznej – 600 zł/MWh i cenie „zielonego certyfikatu” – 500 zł/MWh oraz zbytu energii cieplnej – 45 zł/MWh, łączny efekt ekonomiczny będzie wynosić 5 260 736 zł.

Przyjęte w ostatniej wersji parametry należy traktować jako optymalne.

### **Wnioski**

1. Istnieje konieczność uzupełnienia sieci wielkoprzemysłowej energetyki – stworzenia licznych instalacji kogeneracyjnych małej i średniej mocy opartych na spalaniu biomasy, w miejsce istniejących kotłowni miejskich (węglowych).
2. Wprowadzenie systemu skojarzonego (energia elektryczna + energia cieplna) stwarza możliwości wysokiej sprawności energetycznej oraz efektywności ekonomicznej.
3. System kogeneracyjny oparty na spalaniu lokalnej biomasy stałej stanowi wysoką efektywność ekonomiczną przy pracy nominalnej mocy powyżej 8000 godz./rok.



4. Analizowane zewnętrzne czynniki, tj. cena biomasy, energii elektrycznej, energii ciepłej, cena „zielonych certyfikatów”, mają istotny wpływ na efektywność ekonomiczną typu ORC, małej mocy opalanej agrobiomasą, jednakże konieczna jest praca instalacji powyżej 8000 godz./rok w systemie CHP.
5. Rozważanie po trzy warianty cenowe w każdym z czterech czynników było uzasadnione, co znalazło potwierdzenie w opracowanym modelu ekonometrycznym do rozwoju rozproszonej energetyki CHP opartej na spalaniu lokalnej biomasy.

### Literatura

- Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/28/WE z dnia 23 kwietnia 2009 r w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych zmieniające i w następstwie uchylające dyrektywy 2001/77/WE oraz 2003/30/WE.
- Gołaszewski J. 2012: *Konwersja biologiczna, biogazownia rolnicza, biorafineria*, Czysta Energia, 7/8.
- Jasiulewicz M. 2010: *Potencjał biomasy w Polsce*, Politechnika Koszalińska, Koszalin.
- Jasiulewicz M. 2012: *Model ekonometryczny w zakresie wpływu czynników wewnętrznych i zewnętrznych na efektywność instalacji ko generacyjnej małej mocy, opalanej biomasą z rolnictwa SRC*, Zadanie Nr 4, w ramach Projektu Strategicznego „Opracowanie zintegrowanych technologii wytwarzania paliw i energii z biomasy, odpadów i innych, koordynowany przez IMP PAN w Gdańsku.
- Kielichowska J. 2012: *Mapa drogowa dla innowacyjnej energetyki*, Czysta Energia, 7/8.

### Summary

*Utilisation energetic Now material from agriculture particularly ligno-celulosic biomass from plantation of Short Rotation Coopies founds on poor soils, useless and destruction grounds is very important particularly on the areas where is high and good level of the grounds water. It creation very good perspective for farmers as for producers heat and electricity power use local biomass. The creation of the dispersion small (2 MW) power station – Combined Heat and Power (CHP) and use local biomass from the SRC – is the basic of economical analyses of the 5 variants of use the capital money and 4 variants of the main outside factors (price of biomass price of the heat and electricity, price of “green cards”). The aim of the article is economical analysis and the point of the influence main outside factors to the economical effectiveness of the small power station (CHP) which use to the combustion local biomass. The effect of the analysis indicate to influence all of the factors of the result (NPV, IRR).*

Adres do korespondencji  
prof. dr hab. Michał Jasiulewicz  
Politechnika Koszalińska  
Wydział Nauk Ekonomicznych  
ul. Kwiatkowskiego 6 E  
75-343 Koszalin  
tel. (94) 343 91 61  
e-mail: [michal.jasiulewicz@tu.koszalin.pl](mailto:michal.jasiulewicz@tu.koszalin.pl)