

## WIELOKRYTERIALNA ANALIZA PORÓWNAWCZA LOKALIZACJI ŹRÓDEŁ WYTWÓRCZYCH ENERGII ELEKTRYCZNEJ

Alicja STOLTMANN<sup>1</sup>, Paweł BUĆKO<sup>2</sup>, Marcin JASKÓLSKI<sup>3</sup>

1. Politechnika Gdańska, Wydział Elektrotechniki i Automatyki  
tel.: 58 347 12-54 e-mail: alicja.stoltmann@pg.edu.pl
2. Politechnika Gdańska, Wydział Elektrotechniki i Automatyki  
tel.: 58 347 17-81 e-mail: pawel.bucko@pg.edu.pl
3. Politechnika Gdańska, Wydział Elektrotechniki i Automatyki  
tel.: 58 347 12-54 e-mail: marcin.jaskolski@pg.edu.pl

**Streszczenie:** Artykuł przedstawia ranking lokalizacji czterech źródeł wytwórczych energii elektrycznej: biogazowni rolniczej, biogazowni utylizacyjnej oraz dwóch elektrowni fotowoltaicznych, wykonany przy użyciu połączonych metod Analitycznego Procesu Hierarchicznego (AHP) oraz taksonomii numerycznej. Omówiono zalety połączenia metod, przedstawiono przykład zastosowania oraz wskazano kryteria o największym i najmniejszym wpływie na realizację celu głównego. Wykazano, że dla proponowanej lokalizacji szanse na realizację inwestycji w elektrownię fotowoltaiczną są największe.

**Słowa kluczowe:** Biogazownia, elektrownia fotowoltaiczna, metody analizy wielokryterialnej, analityczny proces hierarchiczny.

### 1. WSTĘP

#### 1.1. Wprowadzenie

Utrzymanie i poprawa bezpieczeństwa energetycznego oraz zmniejszenie zapotrzebowania na importowane surowce energetyczne są jednymi z głównych celów strategicznych w zakresie rozwoju systemów energetycznych w Unii Europejskiej. Wymagania stawiane energetyce w Polsce na lata 2020 i 2030 spowodują rewolucję sektora wytwarzania energii elektrycznej [1]. Opracowanie niskoemisyjnego miksu energetycznego wymaga uwzględnienia: dostępności surowców energetycznych na terenie kraju, kosztów wytworzenia oraz dostawy energii do odbiorców a także przedsięwzięć mających na celu redukcję wpływu sektora energetycznego na środowisko, czyniąc problemy decyzyjne, związane z lokalizacją nowych źródeł wytwórczych, złożonym zagadnieniem.

Obecny stan polskiej energetyki nie pozwala na zaniechanie działań mających na celu rozwój sektora energetycznego. W niedalekiej perspektywie ponad połowa jednostek wytwórczych energii elektrycznej zostanie wyłączona, powodując powstanie luki pomiędzy zdolnością wytwarzania a zapotrzebowaniem [2]. Zrównoważony rozwój źródeł wytwarzania energii wpływa na zwiększenie bezpieczeństwa energetycznego kraju oraz zapewnia pewność dostaw energii [3].

W niniejszym artykule przedstawiono wielokryterialną analizę porównawczą lokalizacji biogazowni rolniczej, biogazowni utylizacyjnej oraz dwóch elektrowni

fotowoltaicznych, wykonaną hybrydową metodą Analitycznego Procesu Hierarchicznego (ang. Analytic Hierarchy Process, AHP) oraz taksonomii numerycznej.

#### 1.2. Przegląd literatury

Proces inwestycyjny związany z budową nowego źródła wytwórczego energii elektrycznej jest skomplikowany i czasochłonny ze względu na konieczność spełnienia licznych wymagań formalno-prawnych. Metody, które pozwalają na uwzględnienie wielu czynników (kryteriów) wpływających na podjęcie decyzji przyjmują formę problemu wielokryterialnego, do którego rozwiązania wymagane jest istnienie trzech elementów: decydenta, wariantów decyzyjnych oraz kryteriów [4]. Decydent staje przed koniecznością wyboru jednego z co najmniej dwóch wariantów decyzyjnych, które mogą być opisane przez jedno lub wiele kryteriów [5]. Jedną z najczęściej wykorzystywanych metod analizy wielokryterialnej jest metoda AHP, opracowana przez T. L. Saaty'ego [6] w 1980 roku.

Wybór sposobu produkcji energii elektrycznej w technologiach opartych na zużyciu gazu ziemnego lub wodoru z zastosowaniem metody AHP zaproponowano w [7]. Wybrano kryteria optymalizacyjne, uwzględniające emisję gazów cieplarnianych, sprawność produkcji energii, nakłady inwestycyjne oraz koszty eksploatacyjne. Metodę AHP, jako narzędzie do wyboru najlepszego wariantu projektu inwestycyjnego w elektroenergetyce, omówiono również w [8]. Kryteria, które zostały uwzględnione w analizie to: moc zainstalowana, koszty roczne, zysk netto oraz wskaźnik efektywności operacyjnej.

Natomiast taksonomia numeryczna służy do klasyfikacji i pozwala określić poziom zróżnicowania obiektów za pomocą określających je cech. W celu wyznaczenia cech obiektów należy przeprowadzić badania, które dodatkowo poszerzają wiedzę na temat analizowanego przypadku. Metodę tę zastosowano w niniejszym artykule w celu uzupełnienia metody AHP oraz do zmniejszenia czasochłonności obliczeń.

Z powyższego przeglądu literatury można wywnioskować, że metoda AHP jest wykorzystywana do rozwiązywania problemów decyzyjnych

w elektroenergetyce, natomiast metoda taksonomii numerycznej pozwala na przeprowadzenie dodatkowych badań poszerzających wiedzę na temat danej lokalizacji.

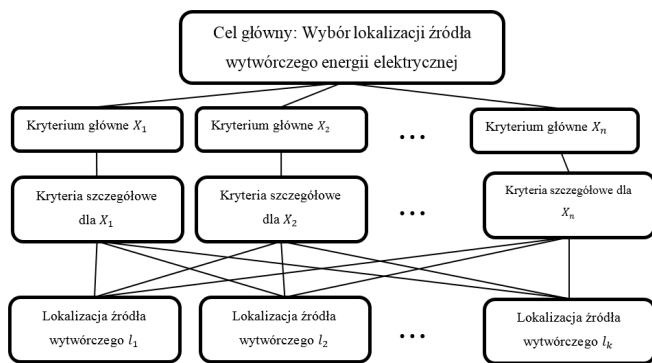
## 2. OPIS METODY

### 2.1. Metody Analitycznego Procesu Hierarchicznego oraz taksonomii numerycznej

Wielokryterialną metodę poszukiwania najlepszej lokalizacji instalacji rozproszonego źródła wytwarzania energii elektrycznej należy rozumieć jako algorytm postępowania, umożliwiający znalezienie najlepszego rozwiązania spośród dostępnych wariantów lokalizacji, uwzględniający zależności pomiędzy parametrami kryteriów oceny wariantów. Proponowana metoda zawiera w sobie elementy metody AHP oraz taksonomii numerycznej [9].

Zgodnie z metodyką rozwiązywania problemów rozwoju sektora energetycznego, analizę należy zacząć od określenia typów źródeł wytwórczych. Metoda pozwala na wyznaczenie rankingu lokalizacji źródeł wytwórczych energii elektrycznej, takich jak: farmy fotowoltaiczne i wiatrowe, biogazownie, elektrownie na biomasę. Możliwe jest wykonanie jednego rankingu dla różnych typów źródeł wytwarzania energii elektrycznej.

Wykorzystując metodę AHP należy wyznaczyć wagi wszystkich kryteriów głównych  $X_n$  i szczegółowych. Metoda AHP jest metodą o strukturze hierarchicznej, dlatego też występuje podział kryteriów na kryteria główne, wpływające w sposób bezpośredni na realizację inwestycji oraz na kryteria szczegółowe, mające pośredni wpływ na realizację inwestycji. Hierarchiczną strukturę problemu lokalizacyjnego w systemie elektroenergetycznym przedstawiono na rysunku. 1.



Rys. 1. Hierarchiczna struktura problemu poszukiwania najlepszej lokalizacji źródła wytwórczego w systemach energetycznych

Metoda AHP jest wykorzystywana do wyboru zbioru kryteriów istotnych dla oceny aktualnie analizowanego przypadku decyzyjnego spośród szerokiego zestawu kryteriów. Atutem metody AHP jest możliwość określenia niespójności porównywania parami poprzez eksperta. Bazując na właściwościach macierzy, wyznacza się współczynnik niespójności CI (ang. Consistency Index), który wyznacza odchylenie od zgodności ocen decydenta i jest wskaźnikiem poprawności dokonywanych ocen oraz współczynnik niezgodności CR (ang. Consistency Ratio), który powinien być mniejszy od 0,10, w przeciwnym wypadku należy powtórzyć porównanie parami kryteriów oraz wariantów decyzyjnych [10]. Aby zmniejszyć czasochłonność i poziom skomplikowania struktury matematycznej, czym cechuje się metoda AHP, po

wyznaczeniu wag kryteriów szczegółowych, wykorzystanie jej się kończy.

Metoda taksonomii numerycznej jest mniej skomplikowana matematycznie od metody AHP, dzięki czemu cechuje się mniejszą czasochłonnością [12]. Wadą taksonomii numerycznej w jej obecnej formie, znanej w literaturze, jest określenie kryteriów jako wartości maksymalnych lub minimalnych spośród wartości opisujących kryteria. Dzięki zastosowaniu metody AHP do wyznaczenia wag kryteriów, wada ta została wyeliminowana. W oparciu o metodę taksonomii numerycznej, należy wytypować wartości wzorcowe i antywzorcowe dla każdego kryterium szczegółowego. Metoda taksonomii numerycznej pozwala na porównanie lokalizacji względem ich odległości metrycznych od wartości wzorcowych i antywzorcowych. Dzięki temu możliwe jest dokładniejsze zbadanie problemu, ale konieczne jest wyznaczenia wartości wzorca i antywzorca.

### 2.2. Kryteria oceny lokalizacji

Wyszczególniono pięć grup kryteriów głównych  $X_i$ :

- $X_1$  – kryteria techniczne,
- $X_2$  – kryteria ekonomiczne,
- $X_3$  – kryteria społeczne,
- $X_4$  – kryteria środowiskowe,
- $X_5$  – kryteria prawne.

Tablica 1. Zbiór kryteriów stosowanych do oceny wariantów lokalizacji

$X_1$	Kryteria techniczne	
	$X_{1,1}$	dostępność surowców pierwotnych
	$X_{1,2}$	czas użytkowania mocy zainstalowanej
	$X_{1,3}$	odległość od SEE
	$X_{1,4}$	odległość od sieci ciepłowniczej
	$X_{1,5}$	moc zwarcioowa po stronie SN
	$X_{1,6}$	statyczna zmiana napięcia
	$X_{1,7}$	dynamiczna zmiana napięcia
	$X_{1,8}$	dopuszczalne obciążenie elementów SEE
	$X_{1,9}$	sprawność energetyczna
$X_2$	Kryteria ekonomiczne	
	$X_{2,1}$	nakłady inwestycyjne
	$X_{2,2}$	koszt wytworzenia energii w cyklu życia obiektu
	$X_{2,3}$	zaktualizowana wartość netto (NPV)
	$X_{2,4}$	Wewnętrzna stopa zwrotu (IRR)
$X_3$	Kryteria społeczne	
	$X_{3,1}$	przychyłość społeczeństwa
	$X_{3,2}$	przychyłość władz lokalnych
	$X_{3,3}$	zgodność inwestycji z polityką lokalną
$X_4$	Kryteria środowiskowe	
	$X_{4,1}$	wskaźnik unikniętej emisji $CO_2$
	$X_{4,2}$	emisja hałasu
	$X_{4,3}$	wpływ na populację zwierząt
	$X_{4,4}$	wpływ na krajobraz
	$X_{4,5}$	wpływ na obszary chronione
	$X_{4,6}$	wskaźnik powierzchni terenu
	$X_{4,7}$	lokalizacja terenu do zagospodarowania odpadów pofermentacyjnych
$X_5$	Kryteria prawne	
	$X_{5,1}$	dokumenty planistyczne – wyprowadzenie mocy
	$X_{5,2}$	dokumenty planistyczne – obszar inwestycji
	$X_{5,3}$	decyzja środowiskowa – wyprowadzenie mocy
	$X_{5,4}$	decyzja środowiskowa – obszar inwestycji

W ramach każdego kryterium głównego opracowano kryteria szczegółowe  $X_{i,s}$ , które przedstawiono w tab. 1.

### 3. UWARUNKOWANIA LOKALIZACYJNE

#### 3.1. Biogazownia rolnicza i utylizacyjna

Lokalizacja biogazowni uwarunkowana jest odległością elektrowni (lub elektrociepłowni) od systemu elektroenergetycznego, oraz istniejących sieci gazowych i ciepłowniczych. Ważnym elementem jest również bliskość dostaw substratów do produkcji biogazu (surowców pierwotnych) oraz terenów utylizacji resztek pofermentacyjnych. Biogazownia, ze względu na charakter surowców pierwotnych, tj. odpady z przemysłu rolno-spożywczego, odpady z produkcji zwierzęcej, powodujące wydzielanie się nieprzyjemnych zapachów, powinna w jak najmniejszym stopniu oddziaływać na siedliska ludzkie, poprzez zachowanie odpowiednich odległości oraz uwzględnienie kierunków wiatrów. Również dostawy surowców pierwotnych powinny w jak najmniejszym stopniu przebiegać przez tereny zabudowane [12]. Bliskość terenów zagospodarowania resztek pofermentacyjnych wymagana jest ze względu na minimalizację kosztów transportu.

#### 3.2. Elektrownia fotowoltaiczna

Lokalizacja elektrowni fotowoltaicznej powinna cechować się wysoką średnioroczną gęstością promieniowania słonecznego, w celu maksymalizacji produkcji energii elektrycznej [13]. Ważnym aspektem lokalizacyjnym jest również ukształtowanie terenu, stopień jego pokrycia oraz czystość powietrza. Przeszkody znajdujące się w pobliżu paneli fotowoltaicznych rzucając na nie cień powodują zmniejszenie produkcji energii. Ze względu na niską gęstość promieniowania słonecznego, panele fotowoltaiczne zajmują duże powierzchnie terenu, w porównaniu z innymi źródłami wytwórczymi energii elektrycznej o tych samych mocach.

### 4. IDENTYFIKACJA LOKALIZACJI

Identyfikacji lokalizacji dokonano na podstawie rzeczywistych planowanych inwestycji realizowanych przez firmę energetyczną, której obszar działalności obejmuje obszar całej Polski.

Lokalizacja o symbolu  $l_1$  oznacza elektrownię fotowoltaiczną o mocy zainstalowanej 1 MW. Elektrownia ta zlokalizowana jest na terenach, których nasłonecznienie wynosi powyżej 1250 kWh/m<sup>2</sup>. Odległość od systemu elektroenergetycznego wynosi 3 km. Analiza ekonomiczna wykazała, że inwestycja jest opłacalna ekonomicznie. Rozpoznanie wśród lokalnej społeczności i władz wskazuje na wysokie poparcie dla realizacji inwestycji.

Lokalizacja o symbolu  $l_2$  również oznacza elektrownię fotowoltaiczną. Przewidywana moc zainstalowana elektrowni to 0,5 MW. Lokalizacja elektrowni znajduje się na terenach o nasłonecznieniu 1051-1150 kWh/m<sup>2</sup>. Inwestycja ta cechuje się najwyższym wskaźnikiem opłacalności ekonomicznej NPV oraz najniższym kosztem wytworzenia energii w cyklu życia spośród wszystkich czterech lokalizacji.

Lokalizacje o symbolach  $l_3$  i  $l_4$  oznaczają lokalizacje biogazowni kolejno rolniczej i utylizacyjnej. Biogazownia rolnicza, o mocy elektrycznej zainstalowanej 1,5 MW, której substratem jest wsad z kiszunki kukurydzy i gnojowicy,

odległa jest o 5 km od systemu elektroenergetycznego. Biogazownia utylizacyjna wykorzystująca odpady z przemysłu rolno-spożywczego i mięsnego, o mocy elektrycznej zainstalowanej 1,81 MW, odległa jest o 8 km od systemu elektroenergetycznego. Obie biogazownie cechują się opłacalnością ekonomiczną.

Spośród wszystkich analizowanych lokalizacji, lokalizacja  $l_4$  ma najwyższy wskaźnik unikniętej emisji CO<sub>2</sub>.

Lokalizacje elektrowni fotowoltaicznych nie wymagają bliskiej odległości do systemów ciepłowniczych (kryterium  $X_{1,4}$ ), ponieważ nie produkują ciepła użytkowego. Dlatego kryterium związane z zagospodarowaniem resztek pofermentacyjnych (kryterium  $X_{4,7}$ ) nie dotyczy obu elektrowni. Elektrownie fotowoltaiczne podczas eksploatacji nie emitują hałasu słyszalnego, dlatego też ich wartości dla kryterium  $X_{4,2}$  są równe zero. Ponieważ wszystkie te kryteria należy traktować jako destymulanty, można wnioskować, że elektrownie fotowoltaiczne pod względem tych kryteriów okażą się lepsze niż elektrownie na biomasę.

### 5. WYNIKI ANALIZY WIELOKRYTERIALNEJ

#### 5.1. Wyznaczenie wag kryteriów

Zgodnie z metodyką opisaną w poprzednich sekcjach porównano parami kryteria główne (tab. 2), w wyniku czego wyznaczono kryterium  $X_4$  jako kryterium o największym wpływie na realizację celu głównego.

Tablica 2. Porównanie parami kryteriów głównych

	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$w_i$
$X_1$	1,00	0,50	2,00	0,33	0,50	0,13
$X_2$	2,00	1,00	2,00	0,33	0,33	0,16
$X_3$	0,50	0,50	1,00	0,50	0,50	<b>0,11</b>
$X_4$	3,00	3,00	2,00	1,00	2,00	<b>0,36</b>
$X_5$	2,00	3,00	2,00	0,50	1,00	0,25
$\Sigma$	8,50	8,00	9,00	2,67	4,33	1,00
$\lambda_{\max}=5,35$ CI=0,09 RI=1,12 CR=0,08						

W wyniku porównania parami kryteriów szczegółowych uzyskano następujące wyniki:

- Kryterium  $X_{1,8}$  otrzymało najwyższą wagę spośród analizowanych technicznych kryteriów szczegółowych, ponieważ przekroczenie dopuszczalnego obciążenia elementów systemu elektroenergetycznego skutkuje niemożliwością przyłączenia źródła wytwórczego do sieci elektroenergetycznej. Najniżej ocenionym kryterium technicznym jest kryterium  $X_{1,4}$  ponieważ, ciepło odpadowe z biogazowni ma temperaturę około 90°C, dlatego też jego wykorzystanie znacząco zwiększa dochody biogazowni.
- Kryterium  $X_{2,3}$  to kryterium o najwyższym wpływie spośród szczegółowych kryteriów ekonomicznych. Jest to spowodowane tym, że obejmuje ono całość przepływów finansowych planowanej inwestycji i na jego podstawie można zdecydować o opłacalności ekonomicznej budowy źródła wytwórczego. Kryterium  $X_{2,1}$  otrzymało najniższą wagę wśród kryteriów ekonomicznych, ponieważ uzależnione jest od wielkości źródła wytwórczego i jego typu. Dlatego też, z punktu widzenia analizy wielokryterialnej, kryterium to nie ma znaczącego wpływu na poprawność wykonania rankingu.
- Wśród kryteriów społecznych budowy farmy wiatrowej najwyższą wagę otrzymało kryterium  $X_{3,2}$ . Lokalne władze planują i realizują określone czynności procesu

wdrażania polityki energetycznej, zarówno lokalnej jak i państwowej. Kierują swoje działania tak, aby zaspokoić potrzeby energetyczne lokalnej społeczności. Brak ich poparcia skutkuje niemożliwością uzyskania wszystkich niezbędnych decyzji i pozwoleń na realizację inwestycji. Kryterium  $X_{3,3}$  otrzymało najniższą wagę. Ze względu na możliwość zmiany polityki lokalnej przy poparciu odpowiednich władz, kryterium to nie blokuje procesu uzyskiwania niezbędnych decyzji i pozwoleń dla realizacji inwestycji.

- Kryterium środowiskowym o najwyższej wadze okazało się kryterium  $X_{4,1}$ . Jest to związane z korzyściami, jakie niesie ze sobą redukcja emisji zanieczyszczeń do atmosfery, zarówno zdrowotnymi jak i ekonomicznymi. Kryterium o najniższej wadze okazało się  $X_{4,4}$ . Zarówno instalacje fotowoltaiczne, jak i biogazownie cechują się nowoczesnym wyglądem i odpowiednio zaprojektowane zwiększają walory krajobrazowe otoczenia.
- Spośród wszystkich kryteriów szczegółowych, kryterium  $X_{4,1}$  – wskaźnik unikniętej emisji - cechuje się najwyższą wagą, zaś kryterium  $X_{1,4}$  – odległość od sieci ciepłowniczej - wagą najniższą.

## 5.2. Ranking lokalizacji

W Tab. 3. przedstawiono wartości miary odległości od wzorca przemnożone przez globalne wagi kryteriów szczegółowych oraz przedstawiono ich sumę  $r_i$  a także wartości znormalizowane rankingu  $R_i$ .

Tablica 3. Wyznaczone wartości miary odległości oraz wartości współczynnika rankingu

	Miary odległości poszczególnych lokalizacji od wzorca								$r_i$	$R_i$
	$X_{1,1}$	$X_{1,2}$	...	$X_{4,1}$	$X_{4,2}$	...	$X_{5,3}$	$X_{5,4}$		
$l_1$	0,009	0,005	...	0,028	0,050	...	0,006	0,058	0,526	<b>0,272</b>
$l_2$	0,005	0,005	...	0,000	0,050	...	0,003	0,015	0,456	0,236
$l_3$	0,005	0,013	...	0,106	0,030	...	0,008	0,068	0,494	0,256
$l_4$	0,007	0,013	...	0,133	0,020	...	0,008	0,044	0,455	0,236

Jak wynika z rankingu wykonanego proponowaną metodą pierwsze miejsce zajęła lokalizacja elektrowni fotowoltaicznej o symbolu  $l_1$ .

## 6. PODSUMOWANIE

Połączenie metod AHP i taksonomii numerycznej pozwoliło na wyznaczenie rankingu lokalizacji dwóch biogazowni oraz dwóch elektrowni fotowoltaicznych. Metoda taksonomii numerycznej pozwoliła na zmniejszenie czasochłonności analizy i uproszczenie matematyczne wykonywanych działań. W wyniku przedstawionego zastosowania połączonych metod wskazano ranking

lokalizacji oraz wskazano lokalizację o największych szansach na realizację inwestycji.

## 7. BIBLIOGRAFIA

1. KIELERZ A., BEUCH W., MARZEC R.: Polski mikś energetyczny na tle struktury produkcji energii w Niemczech, Czechach i Słowacji – czy trujemy najbardziej?, Mater. XXXI Konf. z cyklu Zag. surowców Energ. i energii w Gospod. Kraj. Zakopane, 15-18.10.2017 r., 2017, s. 15.
2. ECKE J., STEINERT T., BUKOWSKI M., ŚNIEGOCKI A.: Polski sektor energetyczny 2050, Forum Energii, 2017, s. 70.
3. SZCZERBOWSKI R.: Bezpieczeństwo energetyczne Polski – mix energetyczny i efektywność energetyczna, Polityka Energ., Nr. 4, 2013, s. 35–47.
4. ZARGHAMI M., SZIDAROVSKY F.: Multicriteria Analysis, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2011.
5. KSIĄŻEK M.: Analiza porównawcza wybranych metod wielokryterialnych oceny przedsięwzięć inwestycyjnych, Bud. i inżynieria środowiska, 2011, s. 555–561.
6. SAATY T. L.: How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process, Eur. J. Oper. Res., Nr 48, 1990, s. 9–26.
7. PILAVACHI P., STEPHANIDIS S. D., PAPPAS V., AFGAN N. H.: Multi-criteria evaluation of hydrogen and natural gas fuelled power plant technologies, Appl. Therm. Eng., Nr 11–12, 2009, s. 2228–2234.
8. KAMRAT W.: Zastosowanie hierarchicznej analizy problemowej w badaniach efektywności inwestowania, Energetyka, 2013, s. 721–725.
9. STOLTMANN A.: Metoda analizy wielokryterialnej lokalizacji źródeł wytwórczych energii elektrycznej, Rozprawa doktorska, Politechnika Gdańska, Wydział Elektr. i Autom., Gdańsk 2018 r.
10. SAATY T. L., VARGAS L. G., DELLMANN K.: The allocation of intangible resources: The analytic hierarchy process and linear programming, Soc. Plann. Sci., Nr 37, 2003, s. 169.
11. STOLTMANN A., BUĆKO P.: Analiza lokalizacji biogazowni metodami AHP i taksonomii numerycznej - porównanie metod, Zesz. Nauk. Wydz. Elektrotechniki i Autom. Politech. Gdańskiej, Nr 53, 2017, s. 139–142.
12. MADLENER R., KOWALSKI K., STAGL S.: New ways for the integrated appraisal of national energy scenarios: The case of renewable energy use in Austria, Energy Policy, Nr 35, 2007, s. 6060–6074.
13. MENDECKA B., STOLTMANN A.: Application of multi-criteria methods to compare different solutions of supplying buildings in electricity from photovoltaic systems, E3S Web Conf., Nr 10, 2016, s. 1–8.

## MULTICRITERIAL ANALYSIS OF DISTRIBUTED ENERGY SOURCES LOCALIZATIONS

The paper presents the ranking of localizations of four distributed energy sources made by using combined Analytical Hierarchy Process (AHP) and numerical taxonomy. The article discusses the advantages of combining the methods and presents the application and the criteria with the greatest and least impact on the achievement of the main objective. The AHP method is used to select from a set of criteria, a set of criteria relevant to the assessment of the currently analyzed decision case. The numerical taxonomy method allowed to reduce the time of analysis and mathematical simplification of performed calculations. It has been shown that for the proposed location of the photovoltaic plant the chances for the investment are the biggest.

**Keywords:** Biogas plant, photovoltaic plant, multicriteria analysis, analytic hierarchical process.