

Zastosowanie wielokryterialnej metody hierarchicznej analizy problemów decyzyjnych do wyboru kierunku rekultywacji

Application of multi-criteria method of hierarchical analysis of decision-making problems to select the direction of reclamation

Wojciech Kos, Mirosław Szyłak-Szydłowski^{*)}

Słowa kluczowe: analiza wielokryterialna, kierunki rekultywacji, metody hierarchiczne, wyrobiska, zagospodarowanie terenu

Streszczenie

Rekultywacja to proces przywracania funkcji i jakości zdegradowanych obszarów naturalnych lub zniszczonych terenów. W przypadku terenów zdegradowanych działalnością górniczą, podlegają one rekultywacji oraz zagospodarowaniu, których głównym celem jest nadanie lub przywrócenie wartości użytkowych lub przyrodniczych. Najpopularniejszą formą rekultywacji jest wypełnienie wyrobisk wodą lub – w przypadku zwałowisk i terenów przyległych – kierunek leśny lub rekreacyjny. Przed dokonaniem wyboru optymalnego kierunku rekultywacji, należy szczegółowo przeanalizować czynniki charakteryzujące zdegradowany obszar, a także wziąć pod uwagę m.in. czynniki ekonomiczne, społeczne, geologiczno-inżynierskie, formalno-prawne i środowiskowe. W niniejszej pracy wykazano, iż metody analizy wielokryterialnej do których można zaliczyć metodę hierarchicznej analizy problemu (AHP) mogą być narzędziem, które z powodzeniem można zastosować do optymalnego wyboru kierunku rekultywacji terenów zdegradowanych działalnością górniczą.

Keywords: multi-criteria analysis, reclamation directions, hierarchical methods, excavation, land development

Abstract

Reclamation is the process of restoring the function and quality of degraded natural areas or damaged land. In the case of areas degraded by mining activities, they are subject to reclamation and development, the main purpose of which is to impart or restore use or natural values. The most common form of reclamation is the filling of pits with water or, in the case of dumps and adjacent areas, a forest or recreational direction. Before choosing the optimal direction for reclamation, the factors characterising the degraded area should be analysed in detail and economic, social, geological-engineering, formal-legal and environmental factors, among others, should be taken into account. This paper demonstrates that methods of multi-criteria analysis, which include the hierarchical problem analysis (AHP) method, can be a tool that can be successfully applied to the optimal selection of the direction of reclamation of land degraded by mining activities.

Wprowadzenie

Wraz zakończeniem prac wydobywczych, tereny zdewastowane działalnością górniczą podlegają rekultywacji oraz zagospodarowaniu, których głównym celem jest nadanie lub przywrócenie tym terenom wartości użytkowych lub przyrodniczych. W literaturze istnieje wiele norm oraz aktów prawnych, w których zawarte są różnorodne metody rekultywacji oraz ostatecznego zagospodarowania terenów zdegradowanych. W Polsce najczęściej stosowanymi dokumentami w tej materii są [8] Ustawa z dnia 3 lutego 1995 r. o ochronie gruntów rolnych oraz leśnych (Dz. U. 1995 nr 16 poz. 78, tj. Dz. U. 2021 poz. 1326), (dalej: UOGRiL) oraz Polska Norma PN – G – 07800:2002 Górnictwo odkrywkowe. Rekultywacja. Ogólne wytyczne postępowania. W zamieszczonych powyżej materiałach zostały określone klasyfikacje rekultywacji oraz zagospodarowania terenów zdegradowanych działalnością człowieka. Są to odpowiednio kierunki: rolno leśny, komunalny, wodny i specjalny zgodnie z wytycznymi normy PN-G-07800:2002 oraz leśny, rolno i inny zgodnie z ustawą UOGRiL. W tab. 1. zawarto zbiór najpopularniejszych kierunków rekultywacji.

Tabela 1. Bezpośrednie (proste) zagospodarowanie terenów zdegradowanych – ogólne i szczegółowe kierunki rekultywacji [3, 8, 10, 13, 16].

Table 1. Direct (simple) development of degraded areas - general and specific directions for reclamation [3, 8, 10, 13, 16].

Kierunki ogólne	Kierunki szczegółowe (funkcje), przykłady
Leśny	Zalesienia o funkcjach: biotycznych, produkcyjnych i reprodukcyjnych (gospodarczych), ochronnych
	Zadrzewienia o charakterze krajobrazowym (estetycznym), parkowym, rekreacyjnym
Rolny	Uprawy, hodowla
	Rekreacyjny: kąpieliska, sporty wodne
Wodny	Gospodarczy; zbiorniki retencyjne, zbiorniki wody pitnej, zbiorniki wody przemysłowej
	Rybacki
	Przyrodniczy

^{*)} **Wojciech Kos**, mgr inż. – Miejskie Przedsiębiorstwo Oczyszczania w m.st. Warszawie, ul. Obozowa 43, 01-161 Warszawa, mail: wojciech.kos@mpo.com.pl
Mirosław Szyłak-Szydłowski, dr hab. inż., prof. PW – Politechnika Warszawska, Wydział Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska, Politechnika Warszawska, ul. Nowowiejska 20, 00-653 Warszawa, mail: miroslaw.szydowski@pw.edu.pl

	Wypoczynkowo-turystyczny: np. plaże, obiekty sportowo-rekreacyjne, bazy noclegowe (pola campingowe i namiotowe, domki letniskowe, hotele, pensjonaty, bazy gastronomiczne)
Rekreacyjny	Sportowy: np. Stoki narciarskie, trasy rowerowe, infrastruktura dla sportów tradycyjnych i ekstremalnych
	Kulturalny: np. teatry i amfiteatry, sceny, ekspozycje, sale wystawowe i koncertowe, galerie
Kulturowy	Kontemplacyjny: np. parki pamięci, miejsca pamięci, miejsca kultu religijnego
Dydaktyczny	Ścieżki tematyczne (edukacyjne), muzea, w tym muzea przemysłu, skanseny, ekomuzea, archiwa dokumentacji związanych z historią przemysłu, ośrodki szkoleniowe, pomniki historii, parki kulturowe
Przyrodniczy	Ochronny: np. rezerwy przyrody, użytki ekologiczne, obszary Natura 2000, pomniki przyrody, stanowiska dokumentacyjne, zespoły przyrodniczo-krajobrazowe, ochrona gatunkowa roślin, zwierząt i grzybów Zadarnienie, zakrzewienie, zazielenienie
Mieszaniowy	Budownictwo mieszkaniowe, siedliskowe, socjalne, letniskowe
	Przemysłowy: np. parki przemysłowe
Gospodarczy	Usługowy: np. inkubatory przedsiębiorczości, magazyny sklepy; również w formie stref aktywności gospodarczej, parkingi
	Komunalny: np. składowiska odpadów

Należy tutaj zaznaczyć, iż rekultywacja oraz zagospodarowanie to dwa terminy określające odrębne, choć ściśle powiązane ze sobą zagadnienia – rekultywacja jest etapem, który poprzedza zagospodarowanie i powinna być ona zależna formom oraz celom zagospodarowania [11] „Planując rekultywację jako zasadę stosuje się najczęściej przywrócenie pierwotnego stanu środowiska. Jest to stanowisko błędne i w praktyce niemożliwe do zrealizowania. Po kilkudziesięciu latach eksploatacji złoża nie odtworzy się warunków przyrodniczych, jakie istniały przed rozpoczęciem prac górniczych. Wybór trafnego kierunku rekultywacji powinien wiązać się bardziej z interesem gospodarczym niż z niemożliwym do odtworzenia stanem minionym” [22].

W górnictwie odkrywkowych surowców skalnych oraz węgla brunatnego, w celu ostatecznego zagospodarowania wyrobisk odkrywkowych, stosuje się wszystkie wymienione w tab. 1 kierunki rekultywacji. Jednakże przy największych wyrobiskach eksploatacyjnych, takich jak Bełchatów lub Turów, najpopularniejszą formą rekultywacji jest wypełnienie ich wodą przy pomocy wód podziemnych oraz powierzchniowych. [22, 23] Poza nią popularną formą rekultywacji takich obiektów jest kierunek leśny, który w większości przypadków jest stosowany przy rekultywacji zwałowisk oraz terenów przyległych do wyrobisk. W ostatnich latach coraz popularniejszym kierunkiem rekultywacji staje się również kierunek rekreacyjny, będący uzupełnieniem rekultywacji końcowej zwałowisk oraz wyrobisk [7].

Przed dokonaniem wyboru optymalnego kierunku rekultywacji dla terenów dotkniętych działalnością górnictw, ważnym krokiem powinna być szczegółowa analiza najważniejszych czynników, charakteryzujących zdegradowany obszar. „Analiza scharakteryzowanych czynników pozwala na ustalenie kryteriów, które mogą wprowadzać ograniczenia, preferencje, dopuszczalność lub dowolność w wyborze sposobu zagospodarowania. Analiza ta może stanowić podstawę dla określenia odpowiednich kierunków rekultywacji. Optymalnego kierunku (kierunków) rekultywacji i zagospodarowania dokonać można posługując się ustalonymi kryteriami.” [16]

Na podstawie prac [8, 16, 17] opracowano tab. 2, w której zestawiono czynniki, charakteryzujące tereny dotknięte działalnością górnictw oraz kryteria je opisujące, mające wpływ na wybór optymalnego kierunku rekultywacji.

Tabela 2. Czynniki charakteryzujące obszary pogórnice oraz kryteria, mające wpływ na wybór optymalnego kierunku rekultywacji. [8, 16, 17]

Table 2. Factors characterising post-mining areas and criteria influencing the selection of the optimal reclamation direction. [8, 16, 17]

Rodzaj czynników	opis/kryteria
ekonomiczne	Odnoszą się do kosztów oraz zysków z rekultywacji danego terenu. Obejmują one trzy podstawowe grupy: Koszty rekultywacji i zagospodarowania terenu poeksploatacyjnego; Koszty utrzymania zagospodarowanego obszaru i obiektów; Opłacalność inwestycji i okres zwrotu nakładów w przypadku przedsięwzięć komercyjnych. Kryteria: Kierunek rekultywacji będzie zależny od kosztów jej realizacji. Można założyć, iż uwzględnienie najważniejszych czynników na etapie projektowania rekultywacji i zagospodarowania terenów pogórnich znajdzie swoje odzwierciedlenie w minimalizacji kosztów tych działań, w utrzymaniu zagospodarowanych terenów oraz opłacalności potencjalnych inwestycji komercyjnych, jeśli takowe są planowane.
Formalno-prawne	Wynikają one z przepisów prawa formy ochrony przyrody, zabytków, jak również struktury własności gruntów i ustaleń dokumentów planistycznych. Kryteria: Jeżeli na terenach, na których planuje się przeprowadzenie rekultywacji występują formy ochrony przyrody lub zabytki, to preferowanymi kierunkami rekultywacji będą te, które nie kolidują z wymogami ich ochrony zawartymi w takich ustawach jak: ustawa z dnia 16 kwietnia 2004 r. o ochronie zabytków oraz ustawa z dnia 23 lipca 2003 r. o ochronie zabytków i opiece nad zabytkami.
Geologiczno-inżynierskie	Cechy wyrobisk poeksploatacyjnych: typ wyrobiska (wglębne, stokowe i stokowo-wglębne), kształt, głębokość i powierzchnia, przepuszczalność podłoża, zjawiska tektoniczne (uskok, spękania) i krasowe, rodzaj skał, morfologia, ilość poziomów eksploatacyjnych, nachylenie i stabilność zboczy końcowych; Cechy obiektów infrastruktury: rodzaj, kubatura, wielkość zajmowanej powierzchni, stan techniczny, możliwość adaptacji; Cechy terenów poprzemysłowych: powierzchnia terenu, występowanie zwałowisk nadkładu i składowisk odpadów, rodzaj składowanego materiału i możliwość jego re-eksploatacji, kształt i kubatura zwałowisk/składowisk. Kryteria: Dopuszczalne są wszystkie kierunki w zależności od indywidualnych cech wyrobisk, obiektów infrastruktury czy terenów poprzemysłowych.
Hydrologiczne	Opisują stosunki wodne na terenie wyrobiska, fizyczno-chemiczne właściwości wód powierzchniowych oraz podziemnych, głębokość zwierciadła wód podziemnych, grubość warstw nieprzepuszczalnych oraz połączenia hydrogeologiczne Kryteria: Jeżeli wyrobisko poeksploatacyjne jest lub ma być zawadnione to, preferowane są kierunki wodne, w zależności od jakości wody i potrzeb społecznych; rekreacyjne, gospodarcze, przyrodnicze.
Kulturowe	W ich skład wchodzi dobra duchowe oraz dobra materialne. dobra duchowe: miejsca pamięci, grobowce, obozy koncentracyjne, miejsca kultu religijnego, cmentarze, tożsamość miejsca/regionu; dobra materialne: kopalnie, huty, elektrownie i inne zakłady przemysłowe, środki transportu oraz maszyny i narzędzia odnoszące się do kultury materialnej, charakterystyczne dla dawnych i nowych form gospodarki, dokumentujące poziom nauki i rozwoju cywilizacyjnego, osiedla robotnicze, a także dokumentacje techniczne. Kryteria: Czynniki kulturowe w znacznym stopniu determinują sposób zagospodarowania terenów i obiektów poprzemysłowych. Jeżeli występują dobra duchowe w postaci miejsc pamięci, to kierunkiem preferowanym jest kierunek kulturowy, kontemplacyjny lub dydaktyczny, inne są niedopuszczalne. Jeżeli występują wartości kulturowe w postaci zabytkowych obiektów techniki to preferowane będą kierunki kulturowo-arty-styczne, dydaktyczne, gospodarcze, mieszkaniowe pod warunkiem zachowania walorów architektonicznych.

Przestrzenne	<p>Charakteryzują one stopień zurbanizowania terenu, stan infrastruktury komunikacyjnej, odległość od terenów zabudowanych i terenów chronionych, odległość od zakładów poprzemysłowych, możliwość dojazdu własnymi lub miejskimi środkami transportu. Kryteria: Dopuszczalne są wszystkie kierunki w zależności od indywidualnych cech obszaru poeksploatacyjnego. Preferencje mogą być następujące:</p> <p>w przypadku dogodnych połączeń komunikacyjnych preferowanymi kierunkami będą: kulturowe, rekreacyjne, gospodarcze; w przypadku bliskiej odległości zakładów przemysłowych preferowanym kierunkiem zagospodarowania może być kierunek gospodarczy, np. składowisko odpadów przemysłowych;</p> <p>w przypadku bliskiej odległości od terenów zabudowy mieszkaniowej preferowanym kierunkiem zagospodarowania może być kierunek gospodarczy rekreacyjny, wodny</p>
Społeczne	<p>Opisują przekrój społeczeństwa zamieszkującego tereny sąsiadujące z obszarami poddawanych rekultywacji pod względem wieku, zaможności, poziomu wykształcenia, poziomu bezrobocia, poziomu przestępczości, poziomu akceptowalności społecznej, tradycji oraz zwyczajów.</p> <p>Kryteria: Preferencje i ograniczenia wynikać będą z charakterystyki potencjalnych grup użytkowników zagospodarowanego rejonu. Przykładowo preferencje mogą być w przypadkach: wysokiego poziomu bezrobocia i ubóstwa – preferowanymi kierunkami rekultywacji będą kierunki stwarzające nowe miejsca pracy np. gospodarcze, rekreacyjne; istnienia silnych tradycji zwyczajów – preferowanymi kierunkami będą te, które zachowują możliwość ich kontynuacji lub będą do nich nawiązywać.</p>
Środowiskowe	<p>Charakteryzują poszczególne elementy przyrody do których zalicza się m.in.: krajobraz, siedliska przyrodnicze, twory przyrody nieożywionej, a także skamieliny roślin oraz zwierząt, które zostały odsłonięte w wyniku prowadzenia prac górniczych. Poza wyżej wymienionymi, do czynników środowiskowych należy również zaliczyć zagrożenia środowiskowe w postaci zanieczyszczenia lub skażenia gleby, ziemi oraz wody.</p> <p>Kryteria: Jeżeli występują wartości przyrodnicze, to kierunkiem preferowanym jest kierunek przyrodniczy. W zależności od stopnia zanieczyszczenia gleby i ziemi występujące ograniczenia co do planowanej przyszłej funkcji zostały podane w tabeli załączonej do rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 1 września 2016 r. w sprawie sposobu prowadzenia oceny zanieczyszczenia powierzchni ziemi.</p>

Przed przystąpieniem do prac rekultywacyjnych, na terenach dotkniętych działalnością przemysłową (w tym górniczą), ważne jest przede wszystkim odpowiednio określić przyszłego kierunku rekultywacji. W każdym rozważanym przypadku podmioty odpowiedzialne za realizację rekultywacji mają obowiązek wybrać taki kierunek rekultywacji, aby był on optymalny pod względem ekonomicznym, środowiskowym, jak również społecznym. W literaturze istnieje wiele metod wyboru kierunku rekultywacji oraz zagospodarowania gruntów, przekształconych działalnością przemysłową. Biorąc pod uwagę fakt, iż najpopularniejszą formą kierunków rekultywacji są kierunki leśny oraz rolny, opracowano kilka metod związanych z tymi kierunkami. Dają one możliwość szybkiego określenia, który z tych kierunków mógłby być wykorzystany w danym przypadku. Można do nich zaliczyć metody T. Skawiny, M. Trafas, W. Krzaklewskiego oraz C. Żuławskiego, a także Cymermana i Małewskiego [2, 3, 6, 12, 16].

Metody badań

Praktyka pokazuje, iż w większości przypadków wybór odpowiedniego kierunku rekultywacji jest złożonym oraz skomplikowanym procesem. Często zdarza się, iż podmioty odpowiedzialne za wyselekcjonowanie odpowiedniego kierunku rekultywacji stają przed wyborem jednego spośród kilku lub nawet kilkunastu odmiennych od siebie wariantów rekultywacji. Z kolei to jaki kierunek rekultywacji można uznać za optymalny jest zależny od szeregu kryteriów, charakteryzujących poszczególne warianty. Analiza wszystkich wariantów oraz kryteriów je opisujących, przy pomocy prostych obliczeń

oraz porównań, może być niewystarczająca oraz kłopotliwa. Z tego właśnie względu pomocnym narzędziem w wyborze optymalnego kierunku rekultywacji może być dziedzina wiedzy nazwana wielokryterialnym wspomaganie decyzji lub analizą wielokryterialną. [9]

Analiza wielokryterialna (ang. Multiple Criteria Analysis – MCA) lub wielokryterialne wspomaganie decyzji (ang. Multiple Criteria Decision Aiding – MCDA) jest to gałąź nauki „wywodząca się z dziedziny wiedzy związanej z teorią decyzji oraz badań operacyjnych. [9, 24] Analiza MCA daje podmiotom odpowiedzialnym za dokonywanie wyborów szereg odpowiednich procedur, narzędzi oraz metod matematyczno-informatycznych, dzięki którym są w stanie podjąć decyzję. Zazwyczaj problem decyzyjny ma więcej niż jeden cel/jedno kryterium, mówimy wtedy, że problem decyzyjny jest wielokryterialnym problemem decyzyjnym. Rozwiązanie wielokryterialnego problemu decyzyjnego zawsze wiąże się z kompromisem pomiędzy różnymi celami/kryteriami, przy analizie, których konieczne jest uwzględnienie wielu, często przeciwnych punktów widzenia, popieranym przez różne zainteresowane strony, tj. interesariuszy, decydentów”. [1, 9] W przypadku rekultywacji gruntów, stronami, które powinny brać czynny udział przy wyborze kierunku rekultywacji, powinny to być przede wszystkim lokalni mieszkańcy, właściciele terenów zdegradowanych, władze lokalne, jak również organizacje pozarządowe, specjalizujące się w tematyce ochronie środowiska. To od nich w głównej mierze zależy stworzenie tzw. struktury preferencji, odzwierciedlającej np. wagi kryteriów, wrażliwość na zmianę wartości poszczególnych kryteriów, wyrażonej przez mniej lub bardziej silną preferencję jednego wariantu względem drugiego. [9]

W nawiązaniu do powyższego można stwierdzić, iż analiza wielokryterialna składa się z trzech podstawowych filarów, tj.: zbioru wariantów, zbioru kryteriów je opisujących oraz struktury preferencji decydentów, interesariuszy i obywateli. Wszystkie one tworzą razem tzw. potrójną strukturę, która występuje we wszystkich metodach MCA/MCDA. [4, 5]

W literaturze istnieje wiele metod MCA/MCDA, które mogą być stosowane przy podejmowaniu decyzji o wyborze optymalnego kierunku rekultywacji terenów pogórnich. Jednym z nich może być wielokryterialna metoda hierarchicznej analizy (ang. *Analytic Hierarchy Process* – AHP) oraz jedna z metod ELECTRE - ELECTRE IS (ang. *Elimination and Choice Expressing Reality* – ELETRE).

Metoda AHP

Metoda AHP (ang. *Analytic Hierarchy Process*) jest wielokryterialną metodą hierarchicznej analizy problemu, która wykorzystuje zasady wieloatrybutowej teorii użyteczności. Metoda ta daje możliwość rozbicia złożonego problemu decyzyjnego na poszczególne składowe w których skład wchodzi skończony zbiór wariantów decyzyjnych oraz kryteriów. Działanie to pozwala następnie na przeprowadzenie serii porównań parami pomiędzy poszczególnymi kryteriami oraz wariantami, które są przeprowadzane przez ekspertów w drodze wywiadów indywidualnych lub grupowych. [2] Pozwala to na liczbowe wyrażenie wagi analizowanych elementów. Metoda AHP umożliwia uwzględnienie opinii szerokiej grupy zainteresowanych stron, a równocześnie eliminuje propozycje skrajne. [2] Metoda AHP składa się z pięciu zasadniczych etapów: [9]

- Etap I – konstrukcja hierarchicznej struktury procesu decyzyjnego,
- Etap II – zdefiniowanie preferencji decydenta,
- Etap III – obliczanie znormalizowanych ocen ważności elementów hierarchii,
- Etap IV – badanie globalnej spójności macierzy,
- Etap V – końcowe uszeregowanie wariantów.

W pierwszym etapie następuje ogólne zdefiniowanie problemu, sprecyzowanie celu nadrzędnego oraz czynników głównych i cząstkowych, mających wpływ na sposób jego rozwiązania. W drugim etapie następuje skonstruowanie wielopoziomowej struktury hie-

rarchicznej na którą składają się: cel nadrzędny, kryteria główne, kryteria cząstkowe (atrybuty) oraz analizowane warianty.” [2, 18]

W etapie trzecim obliczane są znormalizowane oceny ważności poszczególnych elementów hierarchii. Polega to na wyznaczeniu macierzy porównań elementów hierarchicznego i na ustanowieniu dla nich wag. „Poszczególne elementy modelu hierarchicznego, tj. kryteria główne, cząstkowe oraz warianty, znajdujące się na kolejnych poziomach struktury hierarchicznej oceniane są poprzez porównania parami – każdy z każdym. Porównania par elementów na danym poziomie modelu hierarchicznego dokonywane są w odniesieniu do kryterium znajdującego się na poziomie bezpośrednio wyższym. Porównań dokonuje grupa wybranych ekspertów na podstawie swoich własnych doświadczeń.” [2] Etap czwarty polega na przeprowadzeniu badań globalnej spójności macierzy, wyznaczonych w poprzednim etapie. Polega to na obliczeniu wektora priorytetów omawianych elementów, który pozwala na odzwierciedlenie oceny analizowanych wariantów oraz kryteriów ze względu na cel nadrzędny. Wektor ten posiada również składowe, określające w jakim stopniu elementy z niższego poziomu mają cechę zdefiniowaną na poziomie wyższym. „W etapie piątym następuje sprawdzenie zgodności porównań dla całej struktury hierarchicznej poprzez obliczenie współczynnika konsekwencji. Końcowym elementem procesu jest synteza ocen, przedstawiająca wyniki końcowe w postaci priorytetów policzonych dla wariantów decyzyjnych. Wartości priorytetów stanowią podstawę uporządkowania zbioru wariantów i przy czym na wariant najlepszy uznaje się ten który uzyskał najwyższą wartość priorytetu.” [2]

W nawiązaniu do powyższego, metoda AHP jest wszechstronnym narzędziem, służącym do rozwiązywania różnorodnych problemów decyzyjnych. Jednym z nich może być określanie optymalnego kierunku rekultywacji terenów zdegradowanych działalnością górniczą.

Metoda ELECTRE IS

Metoda ELECTRE IS jest jedną z odmian całej rodziny metod ELECTRE (franc. Elimination Et Choix Traduisant la Realite), stworzonych przez B. Roy na początku lat sześćdziesiątych XX wieku. W ciągu następnych lat metoda ta była ciągle rozwijana poprzez dodawanie do pierwotnej wersji metody coraz to nowszych udoskołażeń. W wyniku tych działań, obecnie można wyróżnić następujące metody: ELECTRE I, II, III, IV, IS oraz TRI. [15]

Wszystkie metody z rodziny ELECTRE są oparte o aksjomat organicznej porównywalności. Innymi słowy, gdy porównuje się ze sobą dwa warianty hipotetycznej sytuacji decyzyjnej to jest możliwe określenie relacji zachodzących pomiędzy tymi wariantami. Wyróżnia się cztery podstawowe rodzaje relacji pomiędzy wariantami: [7]

- Silna preferencja (P),
- Słaba preferencja (Q),
- Nierozróżnialność (I),
- Nieporównywalność (R).

„Nierozróżnialność oznacza, że dwa analizowane warianty są dla nas prawie takie same (xIy). Silna preferencja oznacza, że jeden z wariantów jest bardziej preferowany (xPy), słaba preferencja oznacza, że jest on mniej preferowany, jednak nadal pozostaje w sferze naszego zainteresowania (xQy). Nieporównywalność dwóch wariantów zapisujemy jako (xRy), oznacza ona, że ani pierwszy wariant nie jest lepszy od drugiego, ani drugi od pierwszego, a jednocześnie nie są one takie same.” [7]

Metody z rodziny ELECTRE opierają się na ustrukturyzowanym systemie relacji przewyższania S. Litera S oznacza sumę zbiorów relacji nierozróżnialności, słabej oraz silnej preferencji. Opierając się na relacji przewyższania można dokonać porównań pomiędzy parami wariantów. (Należy tutaj zaznaczyć, iż relacja S jest zwrotna oraz nieprzechodnia).

Tak jak wspomniano wcześniej, metoda ELECTRE IS jest jedną z wielu metod rodziny ELECTRE. Cechą odróżniającą ją na tle innych to wykorzystanie w niej tzw. pseudokryteriów, zamiast rzeczywistych kryteriów. Dzięki temu zabiegowi jest możliwe analizowanie sytuacji decyzyjnych w których dane mogą być niekompletne oraz niedoskonałe. [14] „Metoda ta powstała, aby wspomagać decydenta w podjęciu decyzji poprzez wyznaczenie podzbioru wariantów, ze skończonego zbioru wariantów ocenianych przez spójną rodzinę kryteriów. Warianty są ze sobą porównywane, każdy oddzielnie, nie jest obliczana żadna funkcja użyteczności jak przewiduje procedura, np. w metodzie AHP.” [7]

Aby w metodzie ELECTRE IS wyznaczyć podzbiór najlepszych wariantów należy:

- wyznaczyć relacje przewyższania dla każdej pary wariantów,
- wyznaczyć podzbiór wariantów najlepszych na podstawie macierzy przewyższania.

Rozwiązanie problemu decyzyjnego należy rozpocząć od wyznaczenia zbioru wariantów oraz opisujących je kryteriów. W następnej kolejności decydent musi określić wartości progów nierozróżnialności q_i , preferencji p_i , weta v_i oraz współczynników ważności k_i . Są to subiektywne wartości podawane przez decydenta, wyrażone w jednostkach miary danego kryterium. Na ich podstawie można określić, które z analizowanych kryteriów są ważne, a które nie, z punktu widzenia decydenta. Następnym krokiem jest stworzenie macierzy testu zgodności. „Test zgodności polega na porównaniu par wariantów dla danego kryterium, w ten sposób zostanie określony cząstkowy współczynnik zgodności. Cząstkowy współczynnik zgodności przyjmuje wartości $c_i(a,b) \in [0,1]$. W niektórych przypadkach poza testem zgodności wykonuje się również test niezgodności. Wykonuje się go tylko w przypadku, gdy dla testu zgodności otrzymany wynik globalnego współczynnika preferencji $C(a,b) \geq \lambda$, gdzie λ jest współczynnikiem zgodności. Współczynnik zgodności jest pewną wartością, która jest założona dla całego modelu z góry. Wartość współczynnika zgodności $\lambda \in [0,1]$, λ powinien być $>0,5$.” [7]

„Macierz przewyższania w metodzie ELECTRE IS utworzona jest na podstawie obowiązującej metodyki wnioskowania dla par wariantów. Wartości w macierzy przyjmują wartości jeden lub zero, co pozwala na zbudowanie grafu przewyższania, będącego obrazem występujących relacji pomiędzy wariantami na podstawie określonych przez decydenta progów na kryteriach.” [20] W następnej kolejności, na powstałym grafie przewyższania przeprowadza się tzw. eliminację cykli, która ma na celu wyłonienie jądra grafu. W jądrze grafu może się znaleźć jeden optymalny wariant problemu decyzyjnego lub zbiór kilku wariantów, tworzących razem „klikę” (franc. *clique*) wariantów porównywalnych, wybranych zgodnie z preferencją decydenta [7].

„Wynikiem powyższej procedury jest uzyskanie odpowiedzi na pytanie, który z wariantów jest najlepszy – zgodny z preferencjami decydenta. Decydent ma możliwość wpływania na wynik analizy poprzez dodawanie lub usuwanie kryteriów, wskazywanie ich wag oraz zmianę zadeklarowanych wartości progów: nierozróżnialności, preferencji i weta. Metoda pozwala na uzyskanie jednoznacznej odpowiedzi lub zbioru wariantów porównywalnych”. [7] Metoda ELECTRE IS, podobnie jak metoda AHP może być pomyślnie stosowana jako pomocne narzędzie, służące do określania optymalnych kierunków rekultywacji terenów pogórnich.

Wyniki

Po przeprowadzeniu prac studyjnych, polegających na zebraniu oraz przeanalizowaniu niezbędnych informacji na temat wybranej kopalni oraz sąsiadujących z nią terenów, zdefiniowano łączenie 4 potencjalne warianty – 4 sposoby zagospodarowania nieczynnej kopalni odkrywkowej (tabela 3).

Tabela 3. Lista oraz opis wariantów rekultywacji. Źródło: Opracowanie własne.
Table 3. List and description of reclamation options. Source: own elaboration.

Lp.	Numer wariantu	Kierunek rekultywacji	Opis
1	W1	leśny	Wariant W1 polegałby na zasypaniu wyrobiska przy pomocy materiału pokopalnianego z pobliskiego zwałowiska zewnętrznego. Po wyrównaniu terenu cały obszar byłego wyrobiska oraz składowiska zostałyby zalesione lokalnymi gatunkami drzew.
2	W2	gospodarczo-przemysłowy	Podobnie jak w W1, lecz zamiast nasadzeń drzew na całym terenie byłej kopalni została by postawiona farma wiatrowa.
3	W3	wodny, leśny	Wariant W3 zakłada utworzenie sztucznego zbiornika wodnego poprzez zalanie wyrobiska wodą, pochodzącą z pobliskich kanałów oraz cieków wodnych. Zwałowisko zewnętrzne zostałoby poddane rekultywacji w kierunku leśnym.
4	W4	wodny, gospodarczo-przemysłowy	Wariant W4 jest podobny do W3 pod względem utworzenia na terenie wyrobiska sztucznego zbiornika wodnego. W odróżnieniu od W3, w W4 zwałowisko zewnętrzne zostałoby zalesione jedynie na jego zboczach. Na szczytce zwałowiska planowane by było zbudowanie farmy wiatrowej.

Analizie poddano rekultywację wybranego wyrobiska, ustalając potencjalne warianty rekultywacji i obliczając ich przybliżone kosztorysy. Następnie, przystąpiono do zdefiniowania szeregu kryteriów na podstawie których byłoby możliwe wskazanie optymalnego rozwiązania omawianej w projekcie kwestii. Na podstawie informacji zawartych w części studyjnej projektu wytypowano 5 głównych grup kryteriów (tabela 4).

Tabela 4. Kryteria oceny wariantów. Źródło: Opracowanie własne.
Table 4: Criteria for assessing the options. Source: own elaboration.

Grupa kryteriów	Kryteria	Rodzaj kryterium	symbol
Ekonomiczne	Koszt inwestycji [zł]	Ilościowe	K1
	Ilość wyprodukowanej energii elektrycznej [MW]		K2
Geologiczno-inżynierskie	Trudność realizacji wariantu		K3
Środowiskowe	Wpływ danego wariantu na:	Gleby	K4
		Wody gruntowe	K5
		Wody powierzchniowe	K6
		Florę	K7
		Faunę	K8
		Czystość powietrza	K9
Społeczne	Użyteczność dla lokalnej społeczności		K10
	Ilość konfliktów		K11
Formalno-prawne	Zgodność z obowiązującym prawem		K12

Po sformułowaniu listy wariantów oraz kryteriów stworzono ostateczną macierz decyzyjną, którą zamieszczono w tabeli 5.

Tabela 5. Macierz decyzyjna. Źródło: Opracowanie własne.
Table 5: Decision matrix. Source: own elaboration.

Warianty	W1	W2	W3	W4
K1	1 795 106 105 zł	4 056 361 400 zł	598 087 852 zł	749 205 337 zł
K2	-	400 MW	-	50 MW
K3	trudne	bardzo trudne	bardzo łatwe	łatwe
K4	neutralny	zły	bardzo dobry	bardzo dobry
K5	zły	zły	bardzo dobry	bardzo dobry
K6	bardzo dobry	bardzo dobry	dobry	dobry
K7	bardzo dobry	neutralny	bardzo dobry	dobry
K8	bardzo dobry	zły	bardzo dobry	dobry
K9	bardzo dobry	zły	bardzo dobry	dobry
K10	w ogóle nie przydatny	średnio przydatny	przydatny	bardzo przydatny
K11	średnia	bardzo duża	brak	mała
K12	zgodne	zgodne	zgodne	zgodne

Wymieniony w tabeli 19 zestaw kryteriów w których skład wchodzi kryteria ekonomiczne, geologiczno-inżynierskie, środowiskowe, społeczne oraz formalno-prawne zawierają niezbędne informacje, które mogą posłużyć jako narzędzie w wyborze optymalnego kierunku rekultywacji. Można tutaj wyróżnić dwie główne grupy kryteriów [21]:

- Ilościowe – pozwalają w sposób wymierny oraz obiektywny scharakteryzować dane kryterium: koszt inwestycji, ilość wyprodukowanej energii elektrycznej;
- Jakościowe – cechuje je brak wymierności oraz subiektywny charakter oceniania danego kryterium, np.: trudność realizacji wariantu, wpływ danego wariantu na poszczególne elementy środowiska, użyteczność dla lokalnej społeczności itd.

Na potrzeby projektu kryteriom jakościowym przypisano skale, których opis zamieszczono w tabeli 6.

Tabela 6. Skale kryteriów jakościowych. Źródło: Opracowanie własne.
Table 6. Scales of qualitative criteria. Source: own elaboration.

Kryteria	Trudność realizacji wariantu	bardzo trudne	trudne	przeciętne	łatwe	bardzo łatwe
	Wpływ danego wariantu na poszczególne elementy środowiska	bardzo zły	zły	neutralny	dobry	bardzo dobry
	Użyteczność dla lokalnej społeczności	w ogóle nie przydatny	prawie nie przydatny	średnio przydatny	przydatny	bardzo przydatny
	Ilość konfliktów	bardzo duża	duża	średnia	mała	brak
	Zgodność z obowiązującym prawem	niezgodne			zgodne	

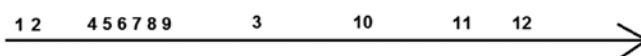
W celu rozwiązania problemu decyzyjnego skorzystano z programu SuperDecisions.Ink. Jest to oprogramowanie wspomagające podejmowanie decyzji, które działa w oparciu o dwie podobne do siebie metody analizy wielokryterialnej: [19, 20] AHP (ang. *Analytic Hierarchy Process*), ANP (ang. *Analytic Network Process*).

Program ten jest szeroko stosowany w wielu dziedzinach badawczych i praktycznych, takich jak: produkcja, zarządzanie środowiskiem, lotnictwo oraz rolnictwo. [20]

Model preferencji decydena

Rozwiązanie problemu decyzyjnego przy pomocy programu SuperDecisions.Ink wymaga sformułowania modelu preferencji decydena (Rysunek 1). Jest to pozioma oś, nad którą znajdują się numery, przypisane do danego kryterium (Tabela 7). Po lewej stronie osi znajdują się kryteria, które decydenat uważa za najważniejsze, po prawej zaś znajdują te, które według decydena są najmniej ważne. Istotną rolę pełnią również odległości pomiędzy poszczególnymi numerami kryteriów. Wskazują one, które kryteria są ważniejsze od innych, a które są do siebie podobne. Na przykład, kryterium numer 1 jest o wiele ważniejsze od kryterium o numerze 12, zaś kryterium nr 4 jest minimalnie ważniejsze od kryterium nr 5.

Na potrzeby projektu zdecydowano, iż decydenatem będzie typ osoby, dla której najważniejszymi kwestiami związanymi z rekultywacją wyrobiska będą koszty jakie trzeba ponieść za realizację danego wariantu oraz ewentualne zyski, pochodzące z produkcji energii elektrycznej. Decydenat przykłada również dużą wagę do wpływu danego wariantu na poszczególne elementy środowiska oraz na poziom trudności realizacji poszczególnych wariantów. Najmniej istotnymi dla decydena są natomiast kryteria społeczne oraz formalno-prawne.



Rys. 1. Model preferencji decydena. Źródło: Opracowanie własne.

Fig. 1. The decision-maker's preference model. Source: own elaboration.

Tabela 7. Numeracja kryteriów oceny wariantów rekultywacji. Źródło: Opracowanie własne.

Table 7. Numbering of criteria for the evaluation of reclamation options. Source: own elaboration.

Numer kryterium	kryterium	symbol kryterium	
1	Koszt inwestycji [zł]	K1	
2	Ilość wyprodukowanej energii elektrycznej [MW]	K2	
3	Trudność realizacji wariantu	K3	
4	Wpływ danego wariantu na:	Gleby	K4
5		Wody gruntowe	K5
6		Wody powierzchniowe	K6
7		Florę	K7
8		Faunę	K8
9	Czystość powietrza	K9	
10	Użyteczność dla lokalnej społeczności	K10	
11	Ilość konfliktów	K11	
12	Zgodność z obowiązującym prawem	K12	



Rys. 2. Model zależności pomiędzy kryteriami oraz wariantami. Źródło: Opracowanie własne na podstawie SuperDecisions.Ink.

Fig. 2. Model of the relationship between criteria and options. Source: own elaboration based on SuperDecisions.Ink.

Rozwiązanie problemu decyzyjnego

Po określeniu modelu preferencji decydenta przystąpiono do rozwiązania problemu decyzyjnego, tworząc model zależności pomiędzy poszczególnymi kryteriami oraz wariantami, który pokazano na rysunku 2.

Następnie po sformułowaniu modelu zależności, opierając się na modelu preferencji decydenta (Rysunek 1), wykonano serie porównań parami pomiędzy poszczególnymi wariantami oraz kryteriami. Ich wyniki zamieszczono w tabeli nr 8 oraz rysunku 3.

Przeprowadzone w programie SuperDecisions.Ink porównanie parami pomiędzy poszczególnymi kryteriami oraz wariantami wykazało, iż optymalnym wariantem rekultywacji wyrobiska będzie wariant W3. Zakłada on stworzenie sztucznego zbiornika wodnego w miejscu wyrobiska oraz zalesienie sąsiadującego z nim zwałowiska zewnętrznego rodzimymi gatunkami drzew. O wyborze tego wariantu przesądziło przede wszystkim koszty realizacji – wariant W3 jest najtańszym wariantem oraz to, iż wariant ten jest najprostszy do wykonania. Silny wpływ na wybór tego wariantu miały również kryteria środowiskowe, opisujące wpływ danego wariantu na poszczególne elementy środowiska. W większości przypadków zreultywowane wyrobisko w kierunku wodno-leśnym będzie miała bardzo dobry wpływ na otaczającą ją przyrodę.

Drugim po wariacie W3 okazał się wariant W4. Jest on rozwinięciem wariantu W3, w którym poza rekultywacją wodną wyrobiska przewidywano również wybudowanie na szczycie zwałowiska farmy wiatrowej. Pomimo, iż w modelu preferencji decydenta drugim co do ważności kryterium jest ilość wyprodukowanej energii elektrycznej, wariant W4 nie został wybrany ze względu na wyższe koszty jego realizacji oraz nieco gorszy jego wpływ na środowisko naturalne, spowodowany pracą turbin wiatrowych.

Na trzecim i czwartym miejscu znalazły się warianty W1 oraz W2. Ich niskie uplasowanie w porównaniu do wariantów W3 i W4 jest spowodowane przede wszystkim bardzo wysokimi

Tabela 8. Porównanie wariantów względem poszczególnych kryteriów. Źródło: Opracowanie własne na podstawie SuperDecisions.Ink.

Table 8. Comparison of options against individual criteria. Source: own elaboration based on SuperDecisions.Ink.

Symbol kryterium	Wykresy		
K1	1 Wariant		0.15387
	2 Wariant		0.08089
	3 Wariant		0.47729
	4 Wariant		0.28795
K2	1 Wariant		0.08467
	2 Wariant		0.61449
	3 Wariant		0.08467
	4 Wariant		0.21618
K3	1 Wariant		0.12166
	2 Wariant		0.06710
	3 Wariant		0.46941
	4 Wariant		0.34184
K4	1 Wariant		0.14279
	2 Wariant		0.08735
	3 Wariant		0.38493
	4 Wariant		0.38493
K5	1 Wariant		0.10000
	2 Wariant		0.10000
	3 Wariant		0.40000
	4 Wariant		0.40000
K6	1 Wariant		0.33333
	2 Wariant		0.33333
	3 Wariant		0.16667
	4 Wariant		0.16667
K7	1 Wariant		0.36364
	2 Wariant		0.09091
	3 Wariant		0.36364
	4 Wariant		0.18182
K8	1 Wariant		0.37239
	2 Wariant		0.07888
	3 Wariant		0.37239
	4 Wariant		0.17635
K9	1 Wariant		0.37239
	2 Wariant		0.07888
	3 Wariant		0.37239
	4 Wariant		0.17635
K10	1 Wariant		0.07164
	2 Wariant		0.15524
	3 Wariant		0.27530
	4 Wariant		0.49783
K11	1 Wariant		0.13945
	2 Wariant		0.07052
	3 Wariant		0.48695
	4 Wariant		0.30308
K12	1 Wariant		0.25000
	2 Wariant		0.25000
	3 Wariant		0.25000
	4 Wariant		0.25000

1 Koszt i-	0.26841
2 Ilość w-	0.17885
3 Trudnos-	0.03447
4 Gleby	0.09751
5 Wody gr-	0.09202
6 Wody po-	0.08311
7 Flora	0.07109
8 Fauna	0.06229
9 Powietr-	0.05908
10 Uzytec-	0.02464
11 Ilość ~	0.01605
12 Prawo	0.01247

Rys. 3. Porównanie między sobą poszczególnych kryteriów. Źródło: Opracowanie własne na podstawie SuperDecisions.Ink.

Fig. 3: Intercomparison of the individual criteria. Source: own elaboration based on SuperDecisions.Ink.

kosztami realizacji tych wariantów, wysoką trudnością wykonania oraz sporą ilością konfliktów społecznych jakie mogłyby powstać w wyniku ich realizacji.

Podsumowanie i wnioski

W niniejszej pracy zastosowano wielokryterialną metodę hierarchicznej analizy problemów decyzyjnych – AHP (ang. *Analytic Hierarchy Process*) do wyboru kierunku rekultywacji.

Na potrzeby tego projektu sformowano cztery potencjalne warianty rekultywacji wyrobiska oraz 12 kryteriów na podstawie których było możliwe wskazanie optymalnego rozwiązania omawianej w projekcie kwestii. Opierając się na nich stworzono macierz decyzyjną oraz model preferencji decydenta na podstawie którego program SuperDecisions.Ink wyłonił najkorzystniejszy spośród możliwych kierunek rekultywacji, polegający na utworzeniu w miejscu wyrobiska sztucznego zbiornika wodnego oraz posadzeniu lasu na znajdującym się obok zwałowisku zewnętrznym.

W pracy wykazano, iż metody analizy wielokryterialnej do których należą, m. in.: metoda AHP oraz metoda ELECTRE IS, są wszechstronnym narzędziem, służącym do rozwiązywania różnorodnych problemów decyzyjnych. Jednym z nich może być określanie optymalnego kierunku rekultywacji terenów zdegradowanych działalnością górnictwem.

LITERATURA

- Beria P., Maltese I., Mariotti I. 2012.: *Multicriteria versus Cost Benefit Analysis: a comparative perspective in the assessment of sustainable mobility*. European Transport Research, (4): 137-152.
- Chodak M. 2013.: *Metody Rekultywacji i zagospodarowania obszarów poeksploatacyjnych w górnictwie skalnym*. Poltegor-Institut, Instytut Górnictwa Odkrywkowego, Kraków – Wrocław.
- Cymerman R. 1988. *Rekultywacja gruntów zdewastowanych*. Skrypt Akademii Rolniczo-Technicznej w Olsztynie. Wydawnictwo ART,.
- Goldbach S. G., Leleur S.2004.: *Cost-Benefit Analysis (CBA) and alternative approaches from the Centre for Logistics and Goods (CLG) study of evaluation techniques*.
- Goldbach, S.G.2002.: *Cost benefit analysis. Centre for Traffic and Transport, CTT, Memorandum prepared in the course Traffic System Analysis*.
- Gołda T.2005.: *Rekultywacja. Skrypty uczelniane Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie*. Skrypt nr 1678. Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne.
- Grabański S.2015.: *Wyznaczanie lokalizacji centrum dystrybucji. Modelowanie z wykorzystaniem systemów geoinformacji UEP*. Praca doktorska, Poznań.
- Kos W.2020. *Uwarunkowanie prawne i środowiskowe rekultywacji wyrobisk poeksploatacyjnych z wykorzystaniem odpadów*. Warszawa: Politechnika Warszawska, Praca inżynierska.
- Kruszyński. M.2014.: *Metodyka wielokryterialnego wspomagania decyzji w problematyce zarządzania transportem miejskim*. Politechnika Poznańska, Rozprawa doktorska, Poznań, luty .
- Maciejewska A. 2000.: *Rekultywacja i ochrona środowiska w górnictwie odkrywkowym*. Politechnika Warszawska.
- Malewski J. (red.).1999.:*Zagospodarowanie wyrobisk. Technologiczne, przyrodnicze i gospodarcze uwarunkowania zagospodarowania wyrobisk poeksploatacyjnych surowców skalnych Dolnego Śląska*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, , s.225.
- Malewski J. 1998.: *Górnictwo i gospodarka zasobami ziemi*. Górnictwo-Odkrywkowe, 2-3.
- Malewski J., Kaźmierczak U. 2001.: *Koncepcja systematyki kierunków rekultywacji*. Kopaliny Pospolite, nr 7.
- Mousseau V., Roy B.2005.: *Multiple Criteria Decision Analysis*. State of the Art Surveys, Springer Science +Business Media, Inc..
- Nowak M.2004.: *Metody ELECTRE w deterministycznych i stochastycznych problemach decyzyjnych*. Decyzje nr 2, grudzień .
- Ostęga A., Uberman R.2010.:*Kierunki rekultywacji i zagospodarowania – sposób wyboru, klasyfikacja i przykłady*. Górnictwo i Geoinżynieria, Rok 34, Zeszyt 4.
- Ostręga A.:2004.:*Sposoby zagospodarowania wyrobisk i terenów po eksploatacji złóż surowców węglanowych na przykładzie Krzemionek Podgórskich w Krakowie*. Biblioteka Główna AGH w Krakowie, Rozprawa doktorska.
- Saaty T.L.2001.: *Decision-Making for Leaders. The Analytic Hierarchy Process for Decision in a Complex world*. Vol. II. RWS Publications, Pittsburgh.
- Saaty, T. L.1980.: *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw-Hill: New York.
- Saracoglu, Burak Omer.2015.: *An Ahp Application in the Investment Selection Problem of Small Hydropower Plants in Turkey*. International Journal of the Analytic Hierarchy Process.
- Strona internetowa: notatek.pl, dostępu: 13.03.2022, <https://notatek.pl/kryteria-ilosciowe-i-jakosciowe-wyklad-sem-iv>.
- Szczepiński J.: *Wpływ odkrywkowej eksploatacji kopalni na środowisko*. Poltegor – Instytut. Instytut Górnictwa Odkrywkowego.
- Szczepiński J.2003.:*Rekultywacja wodna wyrobisk poeksploatacyjnych "Materiały XI Symposium Współczesne Problemy Hydrogeologii*. Cz. I, Gdańsk, , 439-445.
- Żak J.2005.:*Wielokryterialne wspomaganie decyzji w transporcie drogowym*. Politechnika Poznańska, Poznań.