

DEA jako metoda oceny rozwoju zrównoważonego przedsiębiorstw energetycznych

Realizacja koncepcji rozwoju zrównoważonego jako celu polityki społeczno-gospodarczej wymaga opracowania metod oceny procesu jej wdrażania w przedsiębiorstwach. Jest to szczególnie ważne, gdyż przedsiębiorstwa są podstawowym obszarem wdrażania polityki gospodarczej. Problemem jest przetransponowanie celów rozwoju zrównoważonego z płaszczyzny ogólnogospodarczej na płaszczyznę poszczególnych przedsiębiorstw. Trudności zoperacjonalizowania założeń rozwoju zrównoważonego na poziomie przedsiębiorstwa wynikają przede wszystkim z [1, s. 117]:

- globalnego charakteru celów rozwoju zrównoważonego — zrównoważone przedsiębiorstwo ma przyczynić się do osiągnięcia globalnego zrównoważenia,
- długoterminowego charakteru celów — zapewnienie przyszłym pokoleniom możliwości zaspokojenie ich potrzeb jest zadaniem trudnym, gdyż nie można dokładnie określić specyfiki tych potrzeb,
- kompleksowości celów — zakres pojęcia rozwoju zrównoważonego zdecydowanie wykracza poza ramy przedsiębiorstwa.

W związku z powyższymi ograniczeniami, tworzenie mierników rozwoju zrównoważonego przedsiębiorstw ma charakter intuicyjny i cząstkowy. Nie jest możliwe pełne zdefiniowanie warunków wystarczających do osiągnięcia rozwoju zrównoważonego przez przedsiębiorstwo. Konsekwencją tego jest trudność zdefiniowania absolutnego miernika czy też zestawu mierników poziomu jego zrównoważenia. Można natomiast dosyć dokładnie wskazać kierunki równoważenia rozwoju przedsiębiorstw, określając stan, do którego przedsiębiorstwa winny dążyć. Sama ocena może natomiast odbywać się poprzez porównanie przedsiębiorstw pod względem różnych kryteriów ich zrównoważenia. Takie rozwiązanie tej kwestii można uznać za pewne uproszczenie, ale posiada ono z pewnością spory potencjał informacyjny, zwłaszcza w zakresie definiowania warunków koniecznych, które przedsiębiorstwa muszą spełnić, aby mieć szansę osiągnąć stan zrównoważenia.

Założenia oceny rozwoju zrównoważonego przedsiębiorstw

Proces konstruowania mierników zrównoważonego rozwoju przedsiębiorstw należy rozpocząć od zidentyfikowania warunków koniecznych do jego osiągnięcia [24]. Część z tych warunków będzie przeniesieniem najważniejszych priorytetów rozwoju zrównoważonego z poziomu global-

nego na poziom operacyjny. Do takich warunków można zaliczyć :

- minimalizację negatywnego oddziaływania na środowisko,
- poprawę efektywności gospodarowania,
- minimalizację wykorzystania zasobów,
- odpowiedzialność wobec ogółu społeczeństwa i respektowanie jego potrzeb,
- ujmowanie działalności przedsiębiorstwa w długookresowej perspektywie.

Druga grupa warunków dotyczy specyfiki sektora, w którym dane przedsiębiorstwo prowadzi swoją działalność. Każdy sektor ma różne zadania w zakresie wdrażania rozwoju zrównoważonego w ramach celów globalnych.

Kompleksowy miernik oceny stopnia zrównoważenia musi uwzględnić wszystkie z wymienionych warunków. Jest to zadanie niezmiernie trudne i z pewnością pracochłonne. Natomiast mierniki cząstkowe opisują mniej lub bardziej kompleksowo wybrany aspekt rozwoju przedsiębiorstw. Najważniejszym kryterium oceny rozwoju zrównoważonego jest efektywność gospodarowania, rozumiana jako skuteczność, racjonalność i optymalność.

Wybór efektywności gospodarowania jako podstawy do konstrukcji mierników rozwoju zrównoważonego przedsiębiorstw jest ważny. Po pierwsze, jest to kryterium bardzo obszerne, pozwalające na włączenie aspektów ekonomicznych, technicznych, społecznych i ekologicznych do analizy. Po drugie, kryterium efektywności gospodarowania znajduje od dłuższego już czasu zastosowanie w konstruowaniu mierników rozwoju zrównoważonego, zwłaszcza w zakresie jego implikacji środowiskowych [2, 5, 6, 24]¹⁾.

Istota efektywności przedsiębiorstwa sprowadza się do osiągnięcia jego celów przy zachowaniu prawidłowej relacji między efektami a nakładami niezbędnymi do ich osiągnięcia. W kontekście rozwoju zrównoważonego tradycyjne rozumienie pojęcia efektywności przedsiębiorstw należy rozszerzyć również o jej pozaekonomiczne i pozatechniczne aspekty. Należy ją postrzegać w aspekcie całokształtu działalności przedsiębiorstwa, które działa w warunkach ograniczonej zasobów i dąży do zachowania zasady racjonalności gospodarowania, identyfikując jej cztery wymiary: ekonomiczny, społeczny, ekologiczny i technologiczny [20, s. 32]. Tak rozumiana efektywność pozwala na identyfikację pozaekono-

Prof. UE dr hab. Jadwiga Adamczyk, Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie; dr inż. Tomasz Nitkiewicz, Politechnika Częstochowska

¹⁾ Ich przykładem niech będzie działalność w tym kierunku Instytutu Klimatu, Środowiska i Energii z Wuppertalu, którego badania doprowadziły do rozwinięcia idei wskaźników całkowitego zapotrzebowania materiałowego (*total material requirement* — TMR), koncepcji rachunku przepływów materiałowych (*material flow account* — MFA) czy też koncepcji dematerializacji produkcji.

micznych wymiarów, które mogą przyczynić się do wzrostu realizowanej wartości dodanej. Rozszerzenie pojęcia efektywności dotyczy rozumienia jej także w związku z oddziaływaniem przedsiębiorstwa na bliższe lub dalsze otoczenie. Tak interpretowana efektywność traci zatem wewnętrzny charakter [1, s. 118].

W tabeli 1 przedstawiono krótką charakterystykę poszczególnych wymiarów efektywności. Każdy z wymiarów uzupełnia pojęcie efektywności o kolejne aspekty funkcjonowania przedsiębiorstwa. Niektóre z nich można uznać za bardziej, inne za mniej istotne, główne lub uzupełniające w zależności od specyfiki przedsiębiorstwa oraz otoczenia w którym funkcjonuje. Ma to oczywiście znaczenie przy definiowaniu mierników efektywności. Nie można też dopuścić do faworyzowania pewnych wymiarów kosztem innych, co jest trudne, czy to przez zróżnicowaną dostępność do informacji w zakresie poszczególnych wymiarów, czy też przez ich różne postrzeganie.

Tab. 1. Wymiary i cele efektywności

Wymiary	Cele
Ekonomiczny	<ul style="list-style-type: none"> ▪ minimalizacja kosztów i maksymalizacja efektów/korzyści ▪ pełne wykorzystanie zasobów przedsiębiorstwa ▪ uniknięcie marnotrawstwa
Społeczny	<ul style="list-style-type: none"> ▪ pełne wykorzystanie potencjału czynnika ludzkiego w prowadzonej działalności ▪ uzyskanie wydajności pracy przy zapewnieniu odpowiednich warunków technicznych, środowiskowych, socjalnych czy psychicznych ▪ przyczynianie się do poprawy warunków i jakości życia czy możliwości rozwoju człowieka
Ekologiczny	<ul style="list-style-type: none"> ▪ racjonalne wykorzystanie zasobów naturalnych ▪ minimalizacja powstawania odpadów i zanieczyszczeń w procesach gospodarczych ▪ ograniczanie pośredniego wpływu na środowisko
Technologiczny	<ul style="list-style-type: none"> ▪ optymalizacja procesów produkcyjnych ▪ wzrost produktywności ▪ zapewnienie sprawnej infrastruktury techniczno-technologicznej dla wszystkich dziedzin działalności przedsiębiorstwa

Źródło: opracowanie własne

Bardzo istotne są również wzajemne powiązania pomiędzy poszczególnymi wymiarami i ich celami. To właśnie zrozumienie i uwzględnienie tych powiązań stanowi warunek konieczny do oceny poziomu zrównoważenia rozwoju przedsiębiorstw. Tak jak otoczenie, w koncepcji rozwoju zrównoważonego, jest rozumiany jako wielopłaszczyznowy system wzajemnych powiązań, tak i przedsiębiorstwo jest wyodrębnionym systemem otwartym na oddziaływanie z zewnątrz. Stąd też często pojawiają się koncepcje łączące różne wymiary efektywności, czego przykładem może być ekoefektywność, łącząca ekologiczne i ekonomiczne aspekty funkcjonowania. Priorytety ekoefektywności można w uproszczeniu sprowadzić do ograniczania zużycia zasobów i ograniczania negatywnego wpływu na środowisko przy zwiększeniu wartości dodanej [11, s. 5]. Bardzo istotne są również wzajemne powiązania pomiędzy poszczególnymi wymiarami i ich celami.

To właśnie zrozumienie i uwzględnienie tych powiązań stanowi warunek konieczny do oceny poziomu zrównoważenia rozwoju przedsiębiorstw. Tak jak otoczenie, w koncepcji rozwoju zrównoważonego, jest rozumiany jako wielopłaszczyznowy system wzajemnych powiązań, tak i przedsiębiorstwo jest wyodrębnionym systemem otwartym na oddziaływanie z zewnątrz. Stąd też często pojawiają się koncepcje łączące różne wymiary efektywności, czego przykładem może być ekoefektywność, łącząca ekologiczne i ekonomiczne aspekty funkcjonowania. Priorytety ekoefektywności można w uproszczeniu sprowadzić do ograniczania zużycia zasobów i ograniczania negatywnego wpływu na środowisko przy zwiększeniu wartości dodanej [11, s. 5].

Wymienione aspekty efektywności mogą stanowić zakres oceny przedsiębiorstw pod względem realizacji celów rozwoju zrównoważonego. Przykładem tego są wskaźniki oparte na koncepcji X-efektywności, które wprowadził R. Mueller-Wenk [19]. Mianem X-efektywności określił on poziom, do którego dąży bieżący współczynnik wejścia/wyjścia, przy osiągnięciu najlepszej możliwej wydajności w oparciu o posiadaną wiedzę techniczną i technologiczną. Koncepcja X-efektywności stała się bazą do pomiaru efektywności ekologicznej, czego przykładem może być zbiór wskaźników efektywności, stworzonych przez Schalteggera i Sturma [22]. S. Schaltegger [21] kontynuował pracę nad tą koncepcją, wprowadzając podział na wskaźniki zorientowane na proces zarządzania oraz na inwestycje. W tym podejściu przyjęto porównanie pożądanego efektu (operacyjnych czy inwestycyjnych) z wielkością wpływu badanego podmiotu na środowisko. We wyprowadzonym wskaźniku efekty prowadzonej działalności ujęto w postaci wartości dodanej.

Innym przykładem oceny efektywności ekologicznej może być tzw. indeks Jaggi-Freedmana [16]. Indeks ten posługuje się kategoriami efektów poświadczonych i niepoświadczonych, aby ocenić i porównać wpływ badanych jednostek na środowisko. Kategoria efektów niepoświadczonych obejmuje emisję zanieczyszczeń, ale można ją z łatwością rozszerzyć o inne, nie tylko środowiskowe zmienne.

Metoda Data Envelopment Analysis w ocenie rozwoju zrównoważonego przedsiębiorstw

Spośród licznych metod oceny efektywności zastosowano nieparametryczne metody, tj. Data Envelopment Analysis (DEA). Uzasadnieniem takiego wyboru jest między innymi jej wysoka przydatność do pomiaru różnych aspektów efektywności.

Nieparametryczne metody, takie jak DEA, oparte na programowaniu liniowym wykorzystują miary efektywności M. Farrella [14], oparte na koncepcji produktywności sformułowanej przez G. Debreu [10]. Według Farrella, a także innych autorów zajmujących się problemem efektywności, efektywność przedsiębiorstwa składa się z dwóch elementów: efektywności technicznej, która oddaje zdolność przedsiębiorstwa do uzyskania maksymalnych efektów z określonej wielkości nakładów oraz efektywności alokacyjnej, która reprezentuje zdolność przedsiębiorstwa do wykorzystywania nakładów w optymalnych proporcjach, znając ich ceny oraz technolo-

gię produkcji. Często te dwie miary łączy się w celu pomiaru ogólnej efektywności ekonomicznej [9, s. 134]. Miary efektywności ekonomicznej porównują efekty działalności przedsiębiorstw do poniesionych nakładów.

Metoda DEA została po raz pierwszy zaprezentowana przez A. Charnesa, W. Coopera i E. Rhodesa w 1978 roku [8]. Wymienieni autorzy zastosowali programowanie liniowe do estymacji miar efektywności technicznej i stworzyli pierwszy model znany w literaturze jako CCR (od inicjałów autorów) lub też jako CRS DEA (z ang. *constant return-to-scale*, czyli w związku z przyjętym przez autorów założeniem o stałych efektach skali). Miary efektywności Debreu–Farrella, które pierwotnie zostały skonstruowane do oceny efektywności w sytuacji wykorzystywania tylko jednego nakładu do produkcji tylko jednego efektu, w modelu CCR zostały zaadaptowane do sytuacji wielowymiarowej, gdy badane jednostki dysponują wieloma nakładami i efektami.

Istotnym wkładem modelu CCR w rozwój miar efektywności było także zastąpienie dotychczasowego punktu odniesienia, tj. teoretycznej czy hipotetycznej granicy efektywności poprzez granicę wyznaczoną przez najwyższą zaobserwowaną efektywność wśród badanych jednostek. Wiąże się to także z istotną reorientacją dotychczasowych założeń przy dokonywanych pomiarach efektywności a przede wszystkim z samą procedurą tych pomiarów. Zmiana ta dotyczy konieczności przeprowadzania oceny efektywności grupy jednorodnych jednostek decyzyjnych albo przynajmniej wykorzystania informacji z zakresu funkcjonowania grupy jednostek do oceny efektywności jednej z nich.

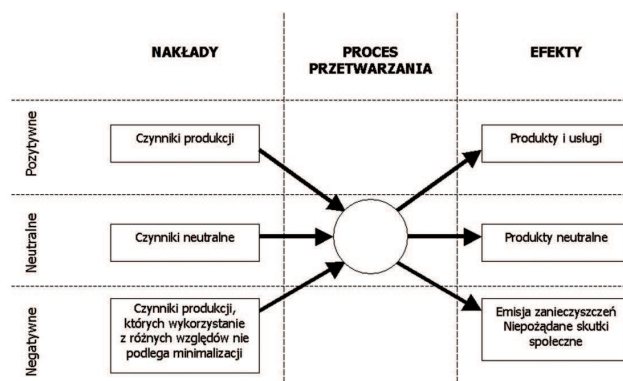
Metoda DEA służy do oceny produktywności i efektywności wówczas kiedy mamy do czynienia z wieloma kategoriami nakładów i efektów. W podejściu zastosowanym w konstrukcji modeli DEA nie wymaga się, by użytkownik sam przypisywał wagi do każdego rodzaju nakładów i efektów, jak przy tradycyjnych metodach indeksowych. Podejście to nie wymaga również wyznaczania funkcji danego zjawiska, co zwykle jest niezbędne przy wykorzystaniu statystycznych i ekonometrycznych funkcji regresji. Metoda DEA wykorzystuje technikę programowania liniowego, które pozwala na analizę dużej liczby zmiennych jak i relacji między nimi. Nie wymaga to ograniczenia liczby analizowanych kategorii nakładów i efektów, których duża liczba w wypadku innych metod może prowadzić do podstawowych trudności implementacyjnych. Zniesienie ograniczenia co do liczby zmiennych zaangażowanych do konstrukcji pożądanego miary oceny ułatwia analizę złożonych problemów oraz włączanie dodatkowych aspektów do zarządzania przedsiębiorstwem. Rozbudowana teoria i metodologia programowania liniowego czyni sam proces analizy i interpretacji wyników zdecydowanie łatwiejszym. Dodatkowym plusem takiego podejścia jest zredukowanie wpływu czynników losowych [15, s. 239]. Dotychczasowe badania i rozwój metodologii DEA pozwalają na wykorzystanie jej do pomiaru i oceny rozwoju zrównoważonego.

Istotą metody DEA jest porównanie między sobą grupy jednostek decyzyjnych (z ang. *decision making unit* — DMU), gdzie każda z jednostek ma pewien określony stopień swobody decyzyjnej. Innymi słowy celem badania jest znalezienie jednostek efektywnych, które następnie wyznaczają po-

żądany i możliwy do osiągnięcia poziom efektywności dla pozostałych. Aby ten cel osiągnąć badanie musi być przeprowadzone w grupie możliwie jednorodnej, co można uzyskać poprzez spełnienie następujących kryteriów [15, s. 242]:

- jednostki decyzyjne mają ten sam cel i do niego dążą,
- wszystkie badane DMU działają w tych samych warunkach rynkowych,
- czynniki analizy charakteryzujące czynności poszczególnych jednostek są identyczne, z wyjątkiem różnic w rozmiarze i intensywności ich zastosowania.

Podstawowe założenie metody DEA jak i innych analiz typu input–output jest takie, że zarówno nakłady jak i efekty są „dobrami”, tzn. obiektami o pozytywnej wartości, gdzie ta wartość pozytywna wcale nie musi oznaczać ich ekwiwalentności pieniężnej. W kontekście rozwoju zrównoważonego należy rozróżnić również takie nakłady czy efekty, którym będzie przypisana pewna wartość negatywna z ekonomicznego, społecznego czy ekologicznego punktu widzenia. Ponadto mogą się pojawić również efekty i nakłady o charakterze neutralnym dla rozpatrywanego problemu, którym nie będzie przypisana żadna wartość. Czynniki te podzielono na trzy kategorie, co ilustruje rysunek 1.



Rys. 1. Kategoryzacja efektów i nakładów pod względem ich charakteru

Źródło: opracowanie własne na podstawie [4]

Tylko część przedstawionych na rysunku 1. nakładów charakteryzuje zasada dążenia do ich minimalizacji. Niektóre z nich mogą pozostać na obecnym poziomie lub też ich maksymalizacja czy też zwiększenie byłoby wskazane, biorąc pod uwagę ich znaczenie dla rozwoju zrównoważonego. Nakłady takie można określić mianem nakładów szczególnych. Z drugiej strony dąży się do maksymalizacji tylko części efektów, podczas gdy pozostałe albo nie mają znaczenia dla poziomu efektywności, albo też należy dążyć do ich minimalizacji. Kategoria czynników i produktów neutralnych obejmuje te, które nie przedstawiają żadnej wartości, ani negatywnej ani pozytywnej, z punktu widzenia rozpatrywanego problemu decyzyjnego.

Zastosowanie metody DEA do oceny przedsiębiorstw energetycznych

Do oceny efektywności przedsiębiorstw w dążeniu do roz-

Tab. 2. Podstawowe dane z elektrowni i elektrociepłowni w Polsce w roku 2004

Wyszczególnienie:	Oznaczenie	Zainstalowana moc elektryczna	Roczna produkcja energii elektrycznej	Emisja CO ₂ *	Przyznany limit emisji CO ₂ *	Zatrudnienie
		MWe	GWh	tys. ton		l. prac.
BOT El. Bełchatów S.A.	E1	4430,0	28456,4	31400	34234	4955
BOT El. Turów S.A.	E2	2027,0	11477,9	12000	11718	1900
PKE S.A. El. Jaworzno II	E3	190,0	998,4	831	1463	446
PKE S.A. El. Jaworzno III	E4	1345,0	5279,7	4680	6752	1465
PKE S.A. El. Łaziska	E5	1155,0	4751,3	4300	5939	1432
PKE S.A. El. Łagisza	E6	840,0	3010,0	2970	3773	1021
PKE S.A. El. Siersza	E7	786,0	2915,4	2610	3525	755
PKE S.A. El. Blachownia	E8	165,0	601,4	530	873	348
PKE S.A. El. Halemba	E9	200,0	599,3	690	1031	273
PKE S.A. ZEC Bielsko — Biała	E10	136,2	421,0	669	1031	335
PKE S.A. Ec. Katowice	E11	135,5	890,1	881	1150	371
ZE PAK S.A.	E12	2738,0	12225,0	13530	15317	1852
El. Kozienice S.A.	E13	2820,0	10900,6	9500	12062	2610
ZE Dolna Odra S.A. El. Dolna Odra	E14	1600,0	4560,1	4150	7533	1997
ZE Dolna Odra S.A. Ec. Szczecin	E15	120,0	621,1	276	474	345
ZE Dolna Odra S.A. El. Pomorzany	E16	88,0	156,1	651	788	367
Grupa Electrabel El. Połaniec S.A.	E17	1600,0	6316,9	5680	8855	490
El. Rybnik S.A.	E18	1775,0	10361,4	9610	10048	1402
Ec. Warszawskie S.A.	E19	894,0	3866,3	6046	7483	3500
ZE. Ostrołęka S.A.	E20	600,0	2544,7	2590	3407	1264
El. Skawina S.A.	E21	590,0	2632,2	2880	3452	656
ZEC w Łodzi S.A.	E22	693,5	1958,4	2651	4091	2786
ZEC Wrocław KOGENERACJA S.A.	E23	250,0	1486,2	1440	2576	786
El. Stalowa Wola S.A.	E24	330,0	1028,8	1180	1704	631
ZEC Bydgoszcz S.A.	E25	252,4	927,0	1300	1683	760
ZEC Poznańskich S.A.	E26	285,5	1517,0	1750	2695	933
ZEC Bytom S.A.	E27	133,8	191,5	364	578	355
Ec. Białystok S.A.	E28	203,5	590,0	923	1125	455
Ec. Zabrze S.A.	E29	106,0	189,9	365	679	450
Ec. Będzin S.A.	E30	81,5	460,4	616	704	350
Ec. Gorzów S.A.	E31	127,5	697,1	569	1010	379
Ec. Zielona Góra S.A.	E32	221,4	740,0	470	802	358
Ec. Elbląg S. z o.o.	E33	49,0	144,1	314	465	366
Ec. GIGA S. z o.o.	E34	6,0	18,3	123	137	57
Ec. Mielec S. z o.o.	E35	30,4	74,4	204	262	179
MEGAWAT S. z o.o.	E36	49,0	199,4	255	412	297
Ec. „OPEC–Grudziądz” S. z o.o.	E37	6,0	26,5	151	216	157
Ec. MARCEL S. z o.o.	E38	34,5	213,7	299	377	165
Ec. Lublin Wrotków S. z o.o.	E39	231,0	1662,5	773	1119	406
Ec. Rzeszów S.A.	E40	102,0	702,7	410	297	270
Ec. Kujawskie S. z o.o.	E41	46,9	151,4	1590	1779	265

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych z [3, 12, 17, 18]

woju zrównoważonego zastosowano klasyczne modele DEA oraz ich modyfikacje. Pierwsza z zastosowanych modyfikacji dotyczy wyodrębnienia efektywności cząstkowej poszczególnych czynników, druga natomiast opiera się na konstrukcji modeli relacyjnych.

Oparta na DEA metoda dekompozycji efektywności została opracowana przez R. Färe et al. [13]. W metodzie tej wykorzystano funkcje dystansu do wyodrębnienia efektywności środowiskowej badanych przedsiębiorstw. Biorąc pod uwagę elastyczność modeli DEA oraz zastosowany mechanizm dekompozycji, ocenę efektywności można rozszerzyć o pozaśrodowiskowe aspekty rozwoju zrównoważonego. Oprócz wprowadzenia zabiegu dekompozycji zastosowano również modyfikację założenia o dyspozycyjności nakładów i efektów.

Kolejną zastosowaną modyfikacją podstawowej metodologii DEA, pozwalającą na uwzględnienie specyfiki oceny rozwoju zrównoważonego, jest zaproponowane przez I. Callens i D. Tyteca [7] podejście łącznych nakładów. Wyznaczyli oni wskaźnik w formie stosunku ważonej sumy wielkości uznawanych za pożądane, do ważonej sumy wielkości niepożądanych. Następnie D. Tyteca [23] rozwinął tę metodę tak by wyznaczyć kilka wskaźników, w oparciu o tzw. modele relacyjne DEA (z ang. *ratio model*), z których każdy obejmuje różne aspekty rozwoju zrównoważonego. Metoda ta ma charakter otwarty i pozwala na liczne modyfikacje, poprzez dodawanie lub usuwanie konkretnych zmiennych. Warunkiem wiążącym dla tych modyfikacji jest konwencja znaków, która sprowadza się do tego, że wielkości, które z punktu widzenia efektywności winny być maksymalizowane mają znak dodatni w liczniku a znak ujemny w mianowniku. Przeciwna konwencja znaków obowiązuje dla wielkości, które winny być minimalizowane. Istnieją obawy czy wskaźniki efektywności będące rozwiązaniem modeli DEA bazujących na konstrukcji takich proporcji nie stwarzają poważnych problemów interpretacyjnych, zwłaszcza biorąc pod uwagę zasadę proporcjonalności zmian w zakresie nakładów i niepożądanych efektów, ale nie jest to problemem, kiedy ograniczy się liczbę zmiennych w obszarze, w którym poszukujemy poprawy efektywności [1, 13, 23].

Zastosowana metodologia oceny przedsiębiorstw pod względem realizacji celów rozwoju zrównoważonego opiera się na pomiarze efektywności różnych aspektów ich funkcjonowania. Pomiar jest dokonywany w stosunku do grupy przedsiębiorstw o podobnym profilu działania. Analiza efektywności może okazać się kryterium niewystarczającym do oceny stopnia zrównoważenia działalności danego przedsiębiorstwa, ale z pewnością stanowi jeden z jego kluczowych elementów.

Analizie poddano przedsiębiorstwa sektora energetycznego w Polsce zajmujące się produkcją energii elektrycznej. Należy na wstępie zaznaczyć, że sektor energetyczny, a szczególnie jego podsektor wytwarzania energii elektrycznej i funkcjonujące w nim przedsiębiorstwa mają swoją specyfikę. Przede wszystkim wiąże się to z niepełną autonomią decyzyjną poszczególnych elektrowni i elektrociepłowni, która wynika z ich funkcjonowania w ramach ogólnokrajowego systemu wytwarzania energii elektrycznej. Zatem, część kompeten-

cji decyzyjnych, zwłaszcza w obszarach strategicznych, leży w gestii nie samych przedsiębiorstw ale regulatora systemu. Dlatego oceny efektywności realizacji priorytetów rozwoju zrównoważonego nie ograniczono tylko do samych przedsiębiorstw, ale rozszerzono ją również o dane wojewódzkie i krajowe. Takie ujęcie problematyki odzwierciedla trzy poziomy zarządzania podsektorem wytwarzania energii elektrycznej w Polsce.

Elektrownie i elektrociepłownie w Polsce spełniają podstawowy warunek doboru jednostek decyzyjnych do analizy DEA, gdyż stanowią grupą jednorodną technologicznie. Również istotny jest fakt, iż dane z zakresu wykorzystywanych przez nie nakładów i uzyskiwanych efektów są stosunkowo łatwo dostępne. Wreszcie wielkości zmiennych opisujące działanie elektrowni i elektrociepłowni dają się bez trudu zakwalifikować jako nakłady i efekty. Powyższe uwarunkowania zdecydowanie potwierdzają zasadność zastosowania analizy DEA do pomiaru efektywności w sektorze wytwarzania energii elektrycznej.

W tabeli 2. przedstawiono dane dotyczące elektrowni i elektrociepłowni zawodowych, które wykorzystano jako zmienne w modelach.

Dla większej przejrzystości posłużono się trzema celami rozwoju zrównoważonego, tj. ekonomicznym, ekologicznym i społecznym jako kategoriami dla opracowanych modeli. Kompleksowość, z jaką można opisać efektywność przedsiębiorstw pod względem realizacji celów rozwoju zrównoważonego, jest zatem w największym stopniu uzależniona od dostępności danych z zakresu ich funkcjonowania. Zawarte w tabeli 2. dane wykorzystano jako zmienne w konstrukcji modeli DEA. Przy pomiarze efektywności zastosowano następujące rodzaje modeli:

- ekologiczne modele dekompozycyjne, które opierają się na wyodrębnieniu oddziaływania określonego czynnika, reprezentującego dany aspekt zrównoważonego rozwoju poprzez obliczenie efektywności ze stosunku ekologicznej funkcji dystansu do funkcji bazowej;
- ekologiczny model relacyjny, który opiera się na obliczeniu efektywności ze stosunku ważonej sumy wielkości wszystkich wykorzystanych zmiennych;
- ekonomiczne modele DEA — klasyczne modele DEA do konstrukcji których wykorzystano zmienne o charakterze ekonomicznym;
- społeczny model DEA — klasyczny model DEA, w którym uwzględniono zmienne nakładów szczególnych.

Wszystkie modele są zorientowane na nakłady przy założeniu zmiennych efektów skali (*variable return to scale*). Jedynym wyjątkiem jest ekologiczny model relacyjny, który jest zorientowany na efekty niepożądane. Zmienne, które wykorzystano do konstrukcji kolejnych modeli przedstawiono w tabeli 3.

W wyniku przeprowadzonej analizy uzyskano wskaźniki efektywności obejmujące zróżnicowane kategorie składające się na zrównoważony rozwój. Uzyskane wskaźniki efektywności przedstawiono w tabeli 4.

Dekompozycyjne modele środowiskowe W_E i W_E' (kolumny (1) i (2) w tabeli 4) wykazują się największą spójnością

Tab. 3. Charakterystyka zastosowanych modeli i wskaźników

Rodzaj modelu	ID	Nakłady	Efekty	Efekty niepożądane	Nakłady szczególne
Ekologiczne modele dekompozycyjne	W_E	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Zatrudnienie ▪ Moc zainstalowana 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Wyprodukowana energia elektryczna. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Emisja CO₂* 	
	W_E'	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Moc zainstalowana 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Wyprodukowana energia elektryczna 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Emisja CO₂* 	
Ekologiczny model relacyjny	H_E	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Zatrudnienie ▪ Moc zainstalowana 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Wyprodukowana energia elektryczna 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Emisja CO₂ 	
Ekonomiczne modele DEA	H_{Ec}	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Zatrudnienie ▪ Moc zainstalowana 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Wyprodukowana energia elektryczna ▪ Stosunek przydziału do faktycznej emisji CO₂ 		
	H_{Ec}'	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Zatrudnienie ▪ Moc zainstalowana 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Stosunek przydziału do faktycznej emisji CO₂ 		
Społeczny model DEA	H_S	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Moc zainstalowana 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Wyprodukowana energia elektryczna 		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Zatrudnienie
Wskaźnik limitu emisji CO ₂	W_{CO}	$W_{CO} = A_{CO} / A_{COmax}$ $A_{CO} = \text{Przydział na emisję CO}_2 / \text{Emisja CO}_2$			

* — zmienna nie uwzględniona w funkcji bazowej

Źródło: opracowanie własne

a osiągnięte wyniki są w obu modelach do siebie zbliżone. Wynika to przede wszystkim z faktu, iż do konstrukcji tych modeli wykorzystano zabieg dekompozycji, który niejako dostosowuje skalę oceny do możliwości poszczególnych jednostek. Pod względem stabilności na kolejnych miejscach można sklasyfikować model ekonomiczny H_{Ec} oraz model społeczny H_S (kolumny (4) i (6) w tab. 4.). Wyniki z dwóch kolejnych modeli, tj. ze środowiskowego modelu relacyjnego H_E oraz modelu ekonomicznego H_{Ec}' (kolumny (3) i (5) w tab. 4.) są wyraźnie rozłożone na całej skali efektywności. Modele te w sposób znaczący różnicują badaną populację i może w sposób bardziej wyraźny niż pozostałe wskazują jednostki nieefektywne. W przypadku ekonomicznego modelu DEA H_{Ec}' zróżnicowanie jest tak duże, że obok podmiotów o pełnej efektywności (5 jednostek z 41 badanych) znajdują się również bardzo nieefektywne (9 jednostek o efektywności poniżej 10%).

Warto również zwrócić uwagę na różnicę w wynikach pomiędzy modelami ekonomicznymi H_{Ec} i H_{Ec}' . Różnią się one tylko jedną zmienną efektów, tj. pierwszy z nich uwzględnia a drugi nie uwzględnia wyprodukowanej energii elektrycznej. Wyniki osiągane w obu modelach przez niektóre z badanych jednostek różnią się od siebie diametralnie. Z jednej strony, wskazuje to na znaczenie wyprodukowanej energii jako zmiennej efektów, a z drugiej na zróżnicowanie badanych jednostek pod względem stosunku przydziału na emisję dwutlenku węgla do rzeczywistej jego emisji, który to stosunek stanowi zmienną efektów w obu modelach. Opisaną powyżej sytuację można przeciwstawić relacji dwóch dekompozycyjnych modeli ekologicznych W_E i W_E' , które także różnią się tylko jedną zmienną (wielkością zatrudnienia) jednak osiągnięte wyniki są zbliżone. Przyczyn tak odmiennego zachowania tych par modeli należy upatrywać w charakterze usuwanej zmiennej. Dla modeli ekonomicznych jest to zmienna efek-

tów a dla modeli ekologicznych zmienna nakładów. Skutki wyeliminowania zmiennej nakładów są zdecydowanie mniej widoczne od skutków wyeliminowania zmiennej efektów.

Zakończenie

Znaczenie efektywności dążenia do rozwoju zrównoważonego stanowi istotną bazę oceny przedsiębiorstw. Pozwala ocenić efektywność badanych przedsiębiorstw w stosunku do pozostałych uczestników danego rynku. Ten typ analizy pozwala zidentyfikować i wskazać przedsiębiorstwa najbardziej efektywne w różnych obszarach rozwoju zrównoważonego, które mogą stanowić wzorzec funkcjonowania dla innych przedsiębiorstw. Z drugiej strony pozwala to na zidentyfikowanie jednostek nieefektywnych, które potrzebują gruntownych usprawnień w zakresie przekształcania nakładów w efekty.

Rozwój zrównoważony wymaga optymalizacji efektywności na różnych płaszczyznach decyzyjnych. W związku z tym, że trudno byłoby wyznaczyć takie cele efektywnościowe na poziomie globalnym, należy rozpatrywać efektywność w stosunku do poziomu rozwoju technologii. Biorąc pod uwagę pewną grupę podsystemów przemysłowych, które działają w tej samej branży i wykorzystują te same nakłady by produkować podobne produkty, część z badanych jednostek osiągnie wyższą efektywność od innych na podstawie przyjętych kryteriów oceny. Przedsiębiorstwa w tym zbiorze, które zostaną uznane za efektywne, nie mogą być uznane za takie, które osiągnęły rozwój zrównoważony, ale można je uznać jako bardziej zrównoważone od innych. Zatem, wykorzystane wskaźniki dostarczają informacji, które pozwolą na uszeregowanie badanych jednostek porównując je między sobą, oraz dają rekomendacje w zakresie obszarów, gdzie poprawa efektywności jest możliwa oraz gdzie powinny zostać podję-

Tab. 4. Wskaźniki efektywności, %

Nr kolumny	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Wyszczególnienie:	W_E	W_E'	H_E	H_{Ec}	H_{Ec}'	H_S	W_{CO}
BOT El. Bełchatów S.A.	100,00	100,00	100,00	100,00	1,15	100,00	58,61
BOT El. Turów S.A.	97,85	99,99	90,71	92,96	3,00	90,48	52,49
PKE S.A. El. Jaworzno II	96,35	96,35	54,88	93,77	82,88	73,51	94,64
PKE S.A. El. Jaworzno III	99,99	95,55	89,53	64,33	11,26	59,32	77,55
PKE S.A. El. Łaziska	99,97	99,92	85,84	62,88	9,88	61,91	74,25
PKE S.A. El. Łagisza	99,46	97,01	68,89	55,63	10,43	52,64	68,29
PKE S.A. El. Siersza	99,97	98,07	74,96	64,59	17,45	54,37	72,60
PKE S.A. El. Blachownia	95,90	96,89	51,13	87,06	85,23	51,56	88,54
PKE S.A. El. Halemba	99,67	93,93	43,96	79,36	72,55	42,39	80,32
PKE S.A. ZEC Bielsko — Biała	88,93	90,57	33,66	70,36	68,14	44,24	82,84
PKE S.A. Ec. Katowice	94,80	94,80	49,94	92,08	31,67	92,08	70,17
ZE PAK S.A.	90,79	99,25	87,19	90,79	3,39	73,66	60,86
El. Kozienice S.A.	63,69	59,53	100,00	65,18	4,07	59,53	68,25
ZE Dolna Odra S.A. El. Dolna Odra	99,94	99,80	84,58	100,00	20,65	42,82	97,58
ZE Dolna Odra S.A. Ec. Szczecin	73,15	73,15	100,00	99,52	99,09	73,15	92,32
ZE Dolna Odra S.A. El. Pomorzany	74,83	75,62	24,27	29,10	23,85	27,07	65,07
Grupa Electrabel El. Połaniec S.A.	100,00	93,43	100,00	100,00	48,94	100,00	83,80
El. Rybnik S.A.	100,00	89,82	100,00	100,00	4,07	100,00	56,21
Ec. Warszawskie S.A.	82,09	82,09	47,22	64,47	2,75	64,47	66,53
ZE. Ostrołęka S.A.	95,66	95,66	62,02	61,54	9,55	61,54	70,71
El. Skawina S.A.	98,85	94,87	58,65	71,64	12,77	64,91	64,43
ZEC w Łodzi S.A.	89,69	89,69	39,70	41,97	8,24	40,00	82,96
ZEC Wrocław KOGENERACJA S.A.	93,40	93,40	47,84	100,00	49,69	82,70	96,16
El. Stalowa Wola S.A.	91,36	92,73	39,88	47,46	26,27	43,59	77,63
ZEC Bydgoszcz S.A.	90,13	90,13	32,46	51,44	15,01	51,44	69,59
ZEC Poznańskich S.A.	90,99	90,99	40,20	77,48	24,39	73,90	82,78
ZEC Bytom S.A.	93,41	91,81	45,87	72,80	72,80	21,45	85,36
Ec. Białystok S.A.	88,00	89,78	29,05	41,34	19,82	41,03	65,52
Ec. Zabrze S.A.	91,18	91,66	45,63	100,00	100,00	26,86	100,00
Ec. Będzin S.A.	92,78	92,78	41,74	80,58	18,91	80,58	61,43
Ec. Gorzów S.A.	97,25	97,25	55,16	100,00	100,00	77,04	95,42
Ec. Zielona Góra S.A.	96,57	99,22	70,79	95,55	93,51	47,03	91,73
Ec. Elbląg S. z o.o.	91,98	91,67	49,34	53,97	51,77	45,27	79,61
Ec. GIGA S. z o.o.	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	59,87
Ec. Mielec S. z o.o.	93,61	95,51	67,28	63,27	61,92	41,43	69,04
MEGAWAT S. z o.o.	97,90	97,86	66,26	100,00	100,00	60,78	86,85
Ec. „OPEC–Grudziądz” S. z o.o.	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	76,90
Ec. MARCEL S. z o.o.	95,75	96,04	65,39	93,09	62,69	92,71	67,78
Ec. Lublin Wrotków S. z o.o.	100,00	100,00	100,00	100,00	41,39	100,00	77,82
Ec. Rzeszów S.A.	99,97	99,97	94,44	97,05	21,11	97,05	38,94
Ec. Kujawskie S. z o.o.	50,46	49,43	9,86	50,46	22,11	49,43	60,15

Źródło: opracowanie własne

te starania w tym kierunku. Opracowany model oceny wykorzystuje koncepcję pomiaru poziomu zrównoważonego rozwoju w badanych przedsiębiorstwach. Nie można jednak określić jaka jest różnica pomiędzy warunkami koniecznymi a wystarczającymi do osiągnięcia rozwoju zrównoważonego, co jest przedmiotem dyskusji, polemiki i badań. Dotyczy to w zasadzie każdego z aspektów rozwoju zrównoważonego, nie tylko w badanym sektorze wytwarzania energii elektrycznej, ale we wszystkich dziedzinach gospodarowania.

LITERATURA

- [1] Adamczyk J., Nitkiewicz T.: Programowanie zrównoważonego rozwoju przedsiębiorstw, PWE, Warszawa 2007
- [2] Adriaanse A., Bringezu S., Hammond A., Moriguchi Y., Rodenburg E., Rogich D., Schutz H.: Stoffstrom: Die materielle Basis von Industriegesellschaften. Wuppertal Texte, Birkhauser Verlag, Berlin 1998
- [3] Agencja Rynku Energii S.A., www.are.waw.pl
- [4] Allen K.: DEA in the ecological context — An overview. [w:] G. Westermann (red.), Data Envelopment Analysis in the Service Sector. Wiesbaden: Dt. Univ.-Verl., Wiesbaden: Gabler, s. 203–236, 1999

- [5] Barteleus P.: Dematerialization and Capital Maintenance: Two Sides of the Sustainability Coin. *Wuppertal Papers*, No. 120, 2002
- [6] Bringezu S.: From quantity to quality: materials flow analysis. [w:] S. Bringezu, M. Fischer-Kowalski, R. Kleijn, V. Palm (red.), Regional and national material flow. accounting: From paradigm to practice of sustainability. ConAccount Workshop Leiden, *Wuppertal Special 4*, 1997
- [7] Callens I., Tyteca D.: Towards indicators of sustainable development for firms — a productive efficiency perspective. *Ecological Economics*, 1998
- [8] Charnes A., Cooper W.W., Rhodes E., Measuring the Efficiency of Decision Making Units. *European Journal of Operational Research*, nr 2, 1978
- [9] Coelli T., Prasada Rao D.S., Battese G.E.: An introduction to efficiency and productivity analysis. Kluwer Academic Publisher, London, 2001
- [10] Debreu G.: The Coefficient of Recourse Utilization. *Econometrica* 19 (3), s. 273–292, 1951
- [11] Eco-efficiency. Creating more value with less impact. WBCSD, 2000, <http://www.wbcsd.org/>.
- [12] European Pollutant Emission Register, eper.ec.europa.eu
- [13] Färe R., Grosskopf S., Tyteca D.: An activity analysis model of the environmental performance of firms — application to fossil-fuel-fired electric utilities. *Ecological Economics*, Nr 18, s. 161–175, 1996
- [14] Farrell M.J.: The Measurement of Productive Efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society*, Vol. 120, 1957
- [15] Golany B., Roll Y.: An Application Procedure for DEA. *OMEGA Heft*, Vol. 17, 1989
- [16] Jaggi B., Freedman M.: An examination of the impact of pollution performance on economic and market performance: pulp and paper firms. *Journal of Business Finance Accounting*, s. 697–713, 19/1992
- [17] Krajowy plan rozdziału uprawnień do emisji CO₂ — pierwszy okres rozliczeniowy 2005–2007. Ministerstwo Środowiska, Załącznik pt. *Lista instalacji objętych KPRU (stan na 29 lipca 2004)*, Warszawa 2004
- [18] Ministerstwo Skarbu Państwa, www.msp.gov.pl
- [19] Mueller-Wenk R.: Die Oekologische Buchhaltung — Ein Informations- und Steuerungsinstrument für umweltkonforme Unternehmenspolitik. Stiftung Gesellschaft und Unternehmen, Campus-V., Frankfurt, 1978
- [20] Pfohl H.: Zarządzanie logistyką. Funkcje i instrumenty. Zastosowanie koncepcji logistyki w przedsiębiorstwie i w stosunkach między przedsiębiorstwami. Biblioteka Logistyka, Instytut Logistyki i Magazynowania, Poznań, 1998
- [21] Schaltegger S.: Corporate Environmental Accounting. John Wiley & Sons Ltd, 1996
- [22] Schaltegger S., Sturm A.: Ökorientierte Entscheidungen in Unternehmen, Stuttgart, Wien, 1992
- [23] Tyteca D.: Sustainability Indicators at the Firm Level. Pollution and Resource Efficiency as a Necessary Condition Toward Sustainability. *Journal of Industrial Ecology*, Vol. 2, Nr 4, 1999
- [24] Wskaźniki zrównoważonego rozwoju, praca zbiorowa pod red. T. Borysa, Wyd. „Ekonomia i Środowisko”, Warszawa-Białystok, 2005

(c.d. ze s. 2)

Bożena Gajdzik, Jan Pałasz: **Report with realizing of local environmental programme.** The paper presents the structure and the key elements of report that is realized after two years from implementation of local environmental programme. This report is the form of control and answers the question who communities protect their environments and how they realize the strategy of the sustainable development

Barbara Białecka: **Management of waste from agriculture and food production in the Voivodeship of Silesia.** Waste generation from the basic production of such industries as: utilization, fruit and vegetable, sugar, beverage and dairy was characterised. Most of the identified issues referred to handling the waste from meat and poultry processing. The need to reduce and prevent waste generation through analysis of the technological processes was underlined.

Aleksandra Kurek: **Organic farming in chosen regions of Southeast Poland after the first of May 2004 (results of the survey).** In this paper the author presents the results of research conducted among 60 organic farmers from the Lubelski and Świętokrzyski Regions. From the survey data, the author gives a profile of the farms involved and describes the farmers' participation in the Rural Areas Development Plan. The possibility of financial support, that occurred after the integration of Poland into the European Union, encouraged Polish farmers to take up organic farming. Other determinants of organic production development are suitable environmental conditions and free labor resources. These conditions are especially evident in the surveyed region where there is a large number of organic farmers (comparing to other parts of Poland).

Piotr Dacko, Joanna Rydz, Wanda Sikorska, Michał Sobota, Marek Kowalczyk: **Industrial composting of polymer-based materials produced from recycled materials.** Demand for polymeric materials for the 21st century is directed toward environmentally degradable plastic. New trends in solid waste management and rapid changes in public legislation led scientist to increase activities on the design of new generation of biodegradable polymers as important biomaterials for environmental, biomedical and pharmaceutical applications. For the last few years, intensive research and development of new materials for packaging has been also observed. The most commercially available plastics are non-degradable and their recycling is not feasible economically in many cases due to the deterioration of mechanical properties and excessive cost. Polyesters, produced from renewable resources and susceptible to hydrolysis under the industrial composting conditions offer ecological advantages as compared to traditional plastics produced from fossil carbon sources. In this paper the degradation behavior of polyester

paper coatings and ribbon blender obtained by extrusion molding method in natural environment such as the industrial compost pile was presented.

Wiesław Koźlak: **The issue of water glasses in the aspect of their ecological application.** Sodium water glasses are mass products of the chemical industry which found application in numerous branches of the economy. Practically, their mechanisms of activity remain unknown since they represent systems extremely difficult to observe and describe both in the experimental and theoretical aspect. The article presents the physico-chemical values and application alternatives of water glasses, important from the environmental viewpoint. An alternative to use water glasses in media treatment including wastewater which contain dissolved metal salts has been indicated. The turbidimetric research method has been proposed for metal ion removal as a result of colloidal silicate production. Simultaneously, a need to gain the attention of environmental protection experts concerning the issue of the silicates and collaboration for a systematic research with chemical; and physico-chemical experts to show the physico-chemical properties, application alternatives and explanation of the mechanisms of action of water glasses with special attention to environmental aspects have been indicated.

Joanna Szumigaj, Zofia Żakowska, Leszek Klimek, Artur Bartkowiak: **The decomposition degree of a poli (lactic acid) foil and the decomposition conditions.** An effective biodegradation process of a poli (lactic acid) foil takes place at the temperature 48°C. A microbiological analysis of the foil after biodegradation in a compost soil shows a higher number of the thermophilic microflora colonizing its surface than the mezophylic microflora what indicates that these microorganisms can be responsible for an effective biological destruction of the investigated material.

Anna Pawlikowska-Piechotka: **The use of industrial and communal heritage for tourism functions.** One of the main principles of built environment sustainable development is an attempt to protect and save areas which are still non-built and biologically active, considering that green areas are of special rare value. It is to admit, on the base of our research in Warsaw, that especially interesting examples of that principle are shown in design practice whenever connected with projects focused on searching new functions for historic post-industrial buildings. Moreover it is clear that such a project concerning a re-establishment of former industrial buildings in the urban contemporary space is coherent with not only sustainable, but also integrated urban policy. It is achieved when the social, cultural and economic development needs of certain urban community are equally fulfilled. Such an attitude towards spatial planning policy is taking under consideration also problems of protection historic heritage values together with natural protection needs and expectations of future generations