

EKOEFEKTYWNOŚĆ TECHNOLOGII



INNOWACYJNA GOSPODARKA
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA
EUROPEJSKA



Projekt współfinansowany przez Unię Europejską ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego

EKOEFEKTYWNOŚĆ TECHNOLOGII

Praca zbiorowa pod redakcją
Michała Kleibera

EKOEFEKTYWNOŚĆ TECHNOLOGII

Praca zbiorowa pod redakcją
prof. dr. hab. inż. Michała KLEIBERA

AUTORZY:

prof. dr hab. inż. Krystyna CZAPLICKA-KOLARZ
prof. dr hab. inż. Adam MAZURKIEWICZ
dr inż. Jolanta BARAN
mgr Ewelina BŁASZCZUK
mgr inż. Małgorzata BOJARSKA-KRAUS
mgr Łukasz BOGUS
mgr inż. Jan BONDARUK
dr inż. Dorota BURCHART-KOROL
dr inż. Jerzy DOBRODZIEJ
mgr inż. Magdalena FIKS
mgr Adam HAMERLA
dr inż. Agnieszka JANIK
mgr inż. Eugeniusz JĘDRYSIK
mgr Małgorzata KOPERNIK
mgr inż. Piotr KRAWCZYK
dr inż. Jacek KUCIŃSKI
mgr inż. Magdalena LUDWIK-PARDAŁA
mgr Joanna ŁABĘDZKA
mgr Marzena MAJER
dr Joanna MARTYKA
mgr Katarzyna NOWAK
dr Beata POTERAŁSKA
mgr inż. Alina REJMAN-BURZYŃSKA
dr inż. Adam RYSZKO
mgr Anna SIWEK-SKALNY
mgr Anna ŚLIWIŃSKA
mgr inż. Jerzy ŚWIĄDROWSKI
dr Leszek TRZĄSKI
mgr inż. Elżbieta USZOK
dr Mirosław WÓJCIAK
mgr inż. Paweł ZAWARTKA

Recenzent: prof. dr hab. Andrzej JASIŃSKI

© Copyright by Główny Instytut Górnictwa w Katowicach,
Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy w Radomiu,
Instytut Podstawowych Problemów Techniki PAN w Warszawie, 2011

Egzemplarz bezpłatny

ISBN 978-83-7789-050-9



Wydawnictwo Naukowe Instytutu Technologii Eksploatacji – Państwowego Instytutu Badawczego
26-600 Radom, ul. K. Pułaskiego 6/10, tel. centr. 48 36 442 41, fax 48 36 447 65
e-mail: instytut@itee.radom.pl, www.itee.radom.pl

SPIS TREŚCI

WPROWADZENIE	9
---------------------------	----------

Rozdział 1

EKOEFEKTYWNOŚĆ TECHNOLOGII – PODSTAWOWE POJĘCIA	11
--	-----------

1.1. Cele analizy ekoefektywności.....	12
1.2. Wskaźniki ekoefektywności.....	16
1.3. Metody oceny ekoefektywności.....	18
1.3.1. Analiza ekoefektywności według BASF i Öko-Institut	18
1.3.2. Analiza socjoekoefektywności według BASF	21
1.3.3. Ekoefektywność sektora surowców nieodnawialnych.....	23
1.3.4. Ekoefektywność dla małych i średnich przedsiębiorstw.....	23
1.4. Wskaźniki środowiskowe	26
1.4.1. Technika LCA	27
1.4.2. Eco Compass.....	28
1.4.3. Metoda ICEICE	29
1.4.4. Wskaźnik MIPS	30
1.4.5. Wskaźnik MAIA.....	32
1.4.6. Metoda MFA	32
1.4.7. Wskaźnik PSI firmy Ford	33
1.4.8. Odcisk stopy środowiskowej.....	35
1.4.9. Metoda Wskaźnika X (Factor X).....	37
1.5. Badania i rozwój analiz ekoefektywności	39
1.6. Literatura	40

Rozdział 2

WYBÓR TECHNOLOGII DO BUDOWY MODELU.....	45
--	-----------

2.1. Metodyka.....	46
2.2. Wstępna lista technologii na podstawie przeglądu foresight	52

Rozdział 3

ANALIZA ŚRODOWISKOWA TECHNOLOGII NA POTRZEBY BUDOWY MODELU OCENY EKOEFEKTYWNOŚCI.....	59
--	-----------

3.1. Budowa modułu środowiskowego dla oceny ekoefektywności.....	59
3.2. Wyniki oceny wpływu na środowisko technologii energetycznych	62
3.2.1. Ocena cyklu życia (LCA) technologii spalania węgla w parametrach nadkrytycznych SCPC (E-09)	62

3.2.2 Ocena wpływu na środowisko technologii energetycznych wybranych do tworzenia modelu oceny efektywności	64
3.3. Wyniki oceny wpływu na środowisko technologii materiałowych.....	66
3.3.1. Ocena cyklu życia (LCA) technologii przetwórstwa opartego o maszyny wieloślimakowe (M-06).....	66
3.3.2 Ocena wpływu na środowisko technologii materiałowych wybranych do tworzenia modelu oceny efektywności	68
3.4. Wyniki oceny wpływu na środowisko technologii środowiskowych	69
3.4.1. Ocena cyklu życia (LCA) technologii plazmowych unieszkodliwiania odpadów (S-3).....	70
3.4.2. Weryfikacja wyników analizy LCA technologii środowiskowych do modelu efektywności	71
3.5. Tworzenie modułu użytkownika na podstawie analiz środowiskowych.....	73
3.6. Literatura	74

Rozdział 4

OCENA EKONOMICZNA TECHNOLOGII **75**

4.1. Przyjęte założenia oraz metodyka obliczeń.....	76
4.2. Wyniki obliczeń	82
4.3. Literatura	87

Rozdział 5

OCENA SPOŁECZNA TECHNOLOGII **89**

5.1. Ekosocjoeffektywność a racjonalność w nauce i technice.....	89
5.2. Rozwój metod oceny społecznej technologii	90
5.3. Socjoeffektywność – metodyka oceny wpływu użytkowania technologii na ład społeczny	93
5.3.1. Teoretyczne podstawy metodyki	93
5.3.2. Kryteria i wskaźniki aspektu społecznego	96
5.3.3. Narzędzie badawcze, ocena i interpretacja wyników	97
5.4. Ocena wpływu użytkowania technologii na ład społeczny	99
5.5. Uproszczona metodyka oceny ład społeczny.....	105
5.6. Literatura	107

Rozdział 6

WYKORZYSTANIE METODYKI DEA DO OKREŚLENIA EKOEFEKTYWNOŚCI **109**

6.1. Efektywność a DEA	111
6.2. Charakterystyka materiału empirycznego	116
6.3. Implementacja algorytmu DEA	118

6.4. Wykorzystanie systemu DEA-Solver	118
6.5. Oprogramowanie do implementacji algorytmu DEA	121
6.6. Literatura	122

Rozdział 7

MODEL OCENY KEOEFEKTYWNOŚCI TECHNOLOGII..... 123

7.1. Główne elementy karty oceny technologii.....	123
7.2. Struktura modelu.....	124
7.3. Moduł środowiskowy.....	125
7.4. Moduł ekonomiczny	127
7.5. Moduł społeczny.....	128
7.6. Moduł oceny efektywności.....	129
7.7. Wprowadzanie danych do modułów przez użytkownika	134
7.7.1. Informacje wstępne	134
7.7.2. Moduł 1. Środowiskowy	134
7.7.3. Moduł 2. Ekonomiczny	135
7.7.4. Moduł 3. Społeczny.....	140
7.8. Literatura	143

Rozdział 8

OCENA KEOEFEKTYWNOŚCI TECHNOLOGII – PRZYKŁADY 145

Rozdział 9

SYSTEM INFORMATYCZNY DO KOMPUTEROWEGO WSPOMAGANIA OCENY KEOEFEKTYWNOŚCI TECHNOLOGII 151

9.1. System bazy danych o technologiach.....	157
9.2. Aplikacja do oceny efektywności technologii.....	173
9.3. Literatura	180

Rozdział 10

EUROPEJSKI SYSTEM WERYFIKACJI TECHNOLOGII ŚRODOWISKOWYCH A NARZĘDZIE DO OCENY KEOEFEKTYWNOŚCI TECHNOLOGII 183

10.1. Europejski System Weryfikacji Technologii Środowiskowych.....	183
10.2. Projekt AdvanceETV	185
10.3. Podobieństwa i różnice między ETV i narzędziem do oceny efektywności technologii	186
10.4. Literatura	187

ZAKOŃCZENIE..... 189

WPROWADZENIE

Prezentowana monografia jest wynikiem prac prowadzonych w ramach projektu badawczo-rozwojowego pn. „Opracowanie modelu oceny efektywności technologii zrównoważonego rozwoju”, którego celem było opracowanie metody standaryzacji oceny technologii zgodnej z wymogami efektywności, uwzględniającej również uwarunkowania społeczne, dla uzyskania modelu w postaci narzędzia informatycznego.

Pomysł ten nasunął się w końcowej fazie prac przy opracowywaniu scenariuszy rozwoju technologii energetycznych oraz materiałów polimerowych prowadzonych w Głównym Instytucie Górnictwa w ramach projektów foresightowych w ostatnim okresie. Stwierdzono bowiem, że liczne technologie rozwojowe proponowane do umieszczenia w scenariuszach wymagają weryfikacji pod względem spełniania ujednoliconych kryteriów dla dokonania właściwego wyboru. W świetle obecnego stanu wiedzy i tendencji światowych, podstawowe cechy technologii rozwojowych w różnych obszarach winny spełniać kryteria zrównoważonego rozwoju, a więc być przyjazne dla środowiska, uzasadnione ekonomicznie i akceptowalne społecznie. Kryteria te, nierzadko wykluczające się, wymagają jednolitej oceny, której sposób ma zostać opracowany w wyniku realizacji proponowanego projektu.

Jako obiekt badań wybrano technologie z zakresu kierunków: środowisko, energia i jej zasoby oraz nowe materiały i technologie wg Krajowego Programu Ramowego. Technologie z tych obszarów, traktowanych jako priorytetowe dla zrównoważonego rozwoju, są szeroko ujęte w foresightach technologicznych.

Projekt realizowany był przez konsorcjum, w skład którego wchodzi: Główny Instytut Górnictwa w Katowicach, Instytut Technologii Eksploatacji – PIB w Radomiu i Instytut Podstawowych Problemów Techniki PAN w Warszawie. Kierownikiem projektu był prof. dr hab. inż. Michał Kleiber, Prezes Polskiej Akademii Nauk.

Zakres prac podzielony został na 3 etapy merytoryczne: wybór przykładowych technologii dla budowy modelu oceny, opracowanie metody oceny technologii, opracowanie modelu oceny efektywności oraz narzędzia informatycznego.

Przyjęta metodyka wykonywania badań, a więc wybór technologii wskazanych w foresightach jako priorytetowe w oparciu o wypracowane wcześniej kryteria techniczne, ekonomiczne i społeczne, opracowanie na ich przykładzie algorytmu modelu oceny i opracowanie w końcowej fazie modelu w postaci narzędzia informatycznego uzasadnia realizację wszystkich przewidzianych zadań.

Mamy nadzieję, że realizacja projektu przyczyni się do osiągnięcia celów określonych w Priorytecie 1 Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka „Badania i Rozwój Nowoczesnych Technologii”, Działanie 1.3 Wsparcie projektów B+R na rzecz przedsiębiorstw realizowanych przez jednostki naukowe”, Poddziałanie 1.3.1 „Projekty rozwojowe”.

Ocena technologii przy zastosowaniu modelu może również zostać wykorzystana w powiązaniu z dokumentami referencyjnymi BAT (najlepsze dostępne techniki) w procesie uzyskiwania pozwoleń zintegrowanych zgodnie z dyrektywą IPPC, a wyznaczone w trakcie realizacji pracy kryteria oceny – przy tworzeniu strategii i planów perspektywicznych dla różnych branż i regionów. Istotnym elementem proponowanych rozwiązań jest uwzględnienie aspektów społecznych, zwłaszcza akceptowalności społecznej technologii. Uzyskanie przez daną technologię statusu technologii zrównoważonego rozwoju wpisuje się w politykę Unii Europejskiej w zakresie wdrażania systemu Środowiskowej Weryfikacji Technologii (ETAP – *Environmental Technologies Action Plan*).

Przedstawiony w monografii model w postaci aplikacji internetowej jako efekt końcowy pracy, jak również wyniki pośrednie (przede wszystkim kryteria środowiskowe, ekonomiczne, społeczne) mogą zostać rozpowszechnione w szerokiej grupie odbiorców, przyczyniając się do korzystnych zmian w sektorze gospodarczym (nowe technologie) oraz w obszarze społeczno-gospodarczym. Technologie uzyskujące wysokie oceny charakteryzować się będą niskim oddziaływaniem na środowisko i korzystnymi wskaźnikami ekonomicznymi, a dzięki temu – uzyskają akceptację społeczną.

Niniejsza publikacja skierowana jest przede wszystkim do przedsiębiorców, którzy wdrażają lub zamierzają wdrożyć nową technologię i są zainteresowani oszacowaniem jej zgodności z zasadami zrównoważonego rozwoju. Jej odbiorcami będą również jednostki administracji publicznej, podejmujące decyzje o lokalizacji nowych inwestycji oraz instytucje badawcze zaangażowane w opracowywanie i wdrażanie nowoczesnych narzędzi badawczych.

EKOEFEKTYWNOŚĆ TECHNOLOGII – PODSTAWOWE POJĘCIA

Pojęcie efektywności [1] zostało wprowadzone przez Światową Radę Przedsiębiorców dla Oceny Zrównoważonego Rozwoju (*World Business Council for Sustainable Development, WBCSD*) w 1993 roku, tuż po Szczycie Ziemi, który odbył się w Rio de Janeiro. Efektywność wiąże koncepcję tworzenia wartości rynkowej z troską o jakość środowiska, co powoduje tworzenie wartości zarówno dla społeczeństwa, jak i dla określonego przedsiębiorstwa, z jak najmniejszym wpływem na środowisko (poprzez na przykład wytwarzanie większej ilości produktu z tej samej ilości surowca). Mówiąc o wpływie na środowisko, mamy na uwadze oddziaływanie produktu w trakcie jego pełnego cyklu życia. Wskaźnik efektywności pozwala na pomiar postępów w osiągnięciu coraz czystszej produkcji i w dążeniu do zrównoważonego rozwoju. Efektywność jest jedną z metod zarządzania środowiskowego (Tabela 1.1).

Zgodnie z WBCSD, ocena efektywności powinna być wykonana z uwzględnieniem siedmiu kryteriów [2, 3] – trzech związanych z redukcją zużycia zasobów (minimalne zużycie materiałów i energii, maksymalizacja zużycia zasobów odnawialnych), trzech związanych z ograniczeniem presji na środowisko (toksyczność, stopień recyklingu, trwałość produktu), jak również jednego ekonomicznego – wzrostu wartości produktu lub usługi.

Efektywność jest instrumentem strategicznym, który wspomaga dostawców i użytkowników technologii w podejmowaniu decyzji, dotyczących wyboru procesów czy produktów, które to decyzje muszą podejmować przyszli inwestorzy. Porównuje wady i zalety (ekonomiczne i ekologiczne) rozwiązań, spełniających dla klientów tę samą funkcję użytkową. Analizy są zatem prowadzone z punktu widzenia odbiorcy końcowego – jako użytkownika wyrobu będącego efektem danej technologii.

Podczas analizy efektywności należy pamiętać, że dla osiągnięcia zrównoważonego rozwoju w skali makroekonomii, efektywność na poziomie mikro (przedsiębiorstwa) jest niewystarczająca [3].

Tabela 1.1. Metody prewencyjnego zarządzania środowiskowego

Minimalizacja Odpadów (<i>Waste Minimisation WM</i>)	Redukcja ilości odpadów u źródeł poprzez zmiany procesów przemysłowych, recykling, ponowne użytkowanie materiałów, optymalizację efektywności zużycia zasobów
Zapobieganie Zanieczyszczeniom (<i>Pollution Prevention PP</i>)	Wykorzystanie materiałów, procesów i praktyk w sposób, który powoduje zmniejszenie lub eliminację powstawania zanieczyszczeń lub odpadów u źródła, m.in.: redukcja wykorzystania materiałów niebezpiecznych, energii, wody lub innych zasobów; praktyki, które chronią zasoby naturalne, np. dzięki wysokiej sprawności i efektywności użytkowania
Czystsza Produkcja (<i>Cleaner Production CP</i>)	Wzrost efektywności i redukcja ryzyka dla ludzi i środowiska poprzez strategię ciągłego wdrażania praktyk prewencyjnych do procesów, produktów i usług
Ekologia Przemysłowa (<i>Industrial Ecology IE</i>)	Analiza przepływów materiałów i energii w działaniach przemysłowych i konsumenckich; wpływ tych przepływów na środowisko; wpływ czynników ekonomicznych, politycznych, społecznych i legislacyjnych na przepływy, użytkowanie i przekształcenia surowców
Ekoefektywność (<i>Eco-efficiency EE</i>)	Wytwarzanie dóbr i usług konkurencyjnych cenowo, spełniających potrzeby ludzkie i podnoszących jakość życia z równoczesną redukcją oddziaływania na środowisko i zachowaniem zużycia surowców naturalnych na poziomie dostosowanym do możliwości Ziemi

Źródło: opracowanie własne na podstawie [2].

1.1. Cele analizy ekoefektywności

Podstawowym zagadnieniem formułowanym podczas analizy ekoefektywności jest pytanie: „w jaki sposób społeczeństwo może osiągnąć wysoki standard życia, zachowując równocześnie wysoką jakość środowiska” [4]. Celem analizy jest więc, zaspokojenie potrzeb rosnącej konsumpcji w taki sposób, aby skumulowany wpływ na stan środowiska był jak najniższy.

Ekoefektywność jest mocno wspierana przez przedsiębiorców, ponieważ nie skupia się jedynie na aspekcie środowiskowym, lecz uwzględnia także efektywność ekonomiczną technologii oraz produktów. Cele środowiskowe i gospodarcze nie muszą zatem być sprzeczne. Można i powinno się je uwzględniać łącznie.

Rezultaty osiągnięte w wyniku zastosowania analizy ekoefektywności są następujące:

- niskie zużycie energii i surowców,
- wybór technologii/produktu o minimalnej emisji gazów cieplarnianych w cyklu życia (w trakcie etapów produkcji, użytkowania i utylizacji),
- obniżenie kosztów cyklu życia analizowanego produktu/technologii oraz zmniejszenie kosztów ich użytkowania,

- wzrost jakości produktów przy porównywalnej cenie,
- wzrost trwałości wyrobów,
- ocena, które produkty i technologie są najlepiej dostosowywane do komercyjnych i środowiskowych potrzeb,
- stosowanie chemikaliów o najwyższej efektywności środowiskowej i ekonomicznej w procesie wytwarzania produktów konsumenckich.

Zwiększanie ekoefektywności w przedsiębiorstwie jest działaniem korzystnym, ponieważ przyczynia się do ograniczenia zużycia surowców naturalnych oraz zmniejszenia emisji zanieczyszczeń (często związanych z opłatami) bez zmniejszania zysków. Podjęcie decyzji w kierunku działań mających na celu podwyższenie ekoefektywności wymaga często nakładów inwestycyjnych w takim stopniu, że potencjalne zyski są niewystarczające. Dlatego też konieczne jest równoległe stosowanie odpowiednich narzędzi polityki państwa, a także uwzględnienie korzyści społecznych.

Główne czynniki, które mogą zmotywować przedsiębiorców do podejmowania analizy ekoefektywności, to [5]:

- ograniczenie zużycia materiałów, zmniejszenie ilości odpadów i emisji, co pozwala na oszczędności materiałowe, zmniejszenie skali zanieczyszczeń w efekcie redukcji kosztów produkcji,
- konkurencyjność,
- przyciąganie konsumentów poprzez produkcję „zielonych” produktów i stosowanie analogicznych procesów,
- postęp w zakresie ochrony środowiska, zwiększający morale pracowników, wsparcie inwestorów, akceptację społeczności lokalnej oraz poczucie wartości kadry zarządzającej.

Istotne jest, aby w procesie tym brały udział wszystkie zainteresowane strony – producenci, konsumenci, rząd oraz administracja lokalna i centralna. Tabela 1.2 przedstawia role poszczególnych stron w efektywnym zarządzaniu środowiskowym w celu osiągnięcia zrównoważonego rozwoju.

Twierdzi się nawet [3], że ekoefektywność jest warunkiem niezbędnym dla zachowania konkurencyjności, ponieważ na rynku przetrwają jedynie przedsiębiorstwa innowacyjne i odpowiedzialne względem społeczeństwa. Wymienia się następujące inne korzyści wynikające z poprawy ekoefektywności:

- oszczędności surowców i energii,
- redukcję nieefektywności i ilości odpadów, a więc mniejszy koszt na jednostkę produkcji,
- poprawę jakości istniejących produktów,
- uproszczenie procesów i procedur,
- rosnący udział w rynku produktów i usług ekoefektywnych,
- zapobieganie emisji jest tańsze niż jej redukcja,
- wzrost konkurencyjności dzięki nowym ulepszonym technologiom, produktom i usługom,

- mniejsze ryzyko wynikające z wytwarzania, transportu, magazynowania i zagospodarowania toksycznych odpadów,
- większe bezpieczeństwo zdrowotne pracowników,
- poprawę wizerunku społecznego,
- mniejszą presję wynikającą z wymogów środowiskowych,
- motywowanie pracowników i zwiększanie zdolności produkcyjnych dzięki ustanowieniu kultury ciągłej poprawy w przedsiębiorstwie.

Tabela 1.2. Rola uczestników cyklu życia produktu dla zrównoważonego rozwoju

	Rola przemysłu – główny etap: wytwarzanie	Rola konsumenta – główny etap: użytkowanie	Rola administracji – główny etap: zagospodarowanie odpadów
Procesy poprzedzające główny etap cyklu życia	Zarządzanie produkcją zgodne z zasadami zrównoważonego rozwoju (minimalne standardy środowiskowe i społeczne)	Nabywanie produktów zgodnych z zasadami zrównoważonego rozwoju (np. fair trade), poparcie społeczne	Informacje dla ostatecznych użytkowników
Główny etap cyklu życia (wytwarzanie dla przemysłu, użytkowanie dla konsumenta, zagospodarowanie dla organizacji związanych z odpadami)	Uwzględnianie oddziaływań na środowisko, standardów społecznych i zasad zrównoważonego rozwoju na etapie projektowania	Używanie zgodne z zasadami zrównoważonego rozwoju, minimalizacja zużycia energii i materiałów	Ustalenie sposobów odzysku i kształtowanie zachowań społecznych
Procesy następujące po głównym etapie cyklu życia	Informacje o produkcji, szkolenia, efektywne zasady sprzedaży	Kierowanie produktów i materiałów do właściwych miejsc zagospodarowania, zbiórki lub odzysku	Informacje dla producentów, dostarczanie produktów odzyskanych

Źródło: opracowanie własne na podstawie [1].

Z analizy siedmiu przedsiębiorstw przeprowadzonej przez *Five Winds International* [6] wynika, że najczęściej podawane przyczyny podejmowania analiz efektywności to: redukcja kosztów, poprawa relacji z klientami i poprawa oddziaływania na środowisko. Zidentyfikowane przez międzynarodowe organizacje (WBCSD, OECD, PCSD i NRTEE) przyczyny prowadzonych prac w zakresie efektywności zaprezentowano w Tabeli 1.3.

Istnieje wiele czynników wpływających na efektywność wytwarzania produktów czy świadczenia usług. Podstawowe ogólne uwarunkowania efektywności dotyczące wszystkich rodzajów działalności to [1]:

- tempo postępu technicznego,
- stan regulacji prawnych w poszczególnych krajach,

- stopień konkurencji na rynku,
- jakość zarządzania zasobami,
- stan świadomości ekologicznej społeczeństwa.

Tabela 1.3. Główne czynniki motywujące do poprawy efektywności w przedsiębiorstwach

Przyczyny	WBCSD ¹⁾	OECD ²⁾	PCSD ³⁾	NRTEE ⁴⁾
Wizerunek marki				
Konkurencyjność				
Redukcja kosztów				
Relacje z klientami				
Relacje z pracownikami				
Relacje z organami regulacyjnymi				
Innowacje				
Akty prawne				
Odpowiedzialność				
Rentowność długoterminowa				
Nowe rynki				
Odpowiedzialność firmowa				
Normy (np. ISO 14001)				
Relacje z dostawcami				

¹⁾ World Business Council for Sustainable Development.

²⁾ Organisation for Economic Co-operation and Development.

³⁾ President's Council on Sustainable Development.

⁴⁾ National Round Table on Environment and Economy.

Źródło: opracowanie własne na podstawie [6].

Uwarunkowania, które wpływają na zużycie surowców i energii w procesie produkcyjnym [1]:

- tempo postępu technologicznego,
- relacje cenowe surowców i materiałów,
- efektywność zarządzania zasobami,
- zdolności produkcyjne,
- polityka państw, a w niej:
 - stosowane stawki podatków,
 - integracja rynków (konsolidacja, decentralizacja),
 - zapobieganie konkurencji,
 - wolny przepływ towarów i usług (brak ceł),
 - promocja systemów zarządzania jakością, środowiskiem i bezpieczeństwem pracy (ISO 9001, ISO14001, ISO 18001).

Natomiast główne uwarunkowania dotyczące emisji zanieczyszczeń do powietrza, wód i ograniczające powstawanie odpadów stałych to:

- ograniczenia prawne,
- udoskonalenie produkcji,
- substytucja surowców,
- dodatkowe etapy wstępne procesu,
- kontrola na końcu procesu,
- poprawa zarządzania zasobami w przedsiębiorstwie.

Wymienione wyżej uwarunkowania brane są pod uwagę przy analizie efektywności.

1.2. Wskaźniki efektywności

Według WBCSD, efektywność wiąże wskaźnik ekonomiczny wartości wytworzonej ze wskaźnikami określającymi obciążenie środowiska w procesie wytwórczym.

Istotne jest, by wskaźnik wyrażający efektywność ujmował wszystkie istotne zagadnienia w sposób kompleksowy, a równocześnie był zrozumiały dla decydentów i społeczeństwa. Powinien być również możliwy do wyliczenia, reprezentować efektywność w sposób wiarygodny i rzetelny, a także być wrażliwy na zmiany w czasie [3].

Wskaźnik efektywności może być definiowany w różny sposób. W praktyce oblicza się go jako stosunek **wskaźnika środowiskowego** i **wskaźnika ekonomicznego** (wyrażanego wskaźnikiem kosztowym lub wartością produkcji), przy czym możliwe są różne warianty tworzenia wskaźnika efektywności [7]:

- Wydajność środowiskowa (*environmental productivity*) – mówi o wartości produkcji na jednostkę wpływu środowiskowego:

$$EE_{EP} = \frac{\text{Wartość produkcji}}{\text{Wskaźnik środowiskowy}},$$

- Środowiskowa intensywność produkcji (*environmental intensity of production*) – mówi o wpływie środowiskowym na jednostkę wartości produkcji:

$$EE_{EIP} = \frac{\text{Wskaźnik środowiskowy}}{\text{Wartość produkcji}},$$

- Koszty poprawy środowiska (*environmental improvement cost*) – mówi o koszcie poprawy efektu środowiskowego o jednostkę:

$$EE_{EIC} = \frac{\text{Koszt poprawy}}{\text{Poprawa wskaźnika środowiskowego}},$$

- Efektywność kosztów środowiskowych (*environmental cost-effectiveness*) – mówi o osiągalnej wielkości poprawy efektu środowiskowego na jednostkę kosztową:

$$EE_{ECE} = \frac{\text{Poprawa wskaźnika środowiskowego}}{\text{Koszt poprawy}}.$$

Podobne wskaźniki efektywności można tworzyć dla wskaźników cząstkowych, np. energii (pierwotnej lub całkowitej), zasobów naturalnych, kapitału, pracy.

Usystematyzowanie zagadnienia jest zadaniem trudnym ze względu na elastyczność i pewną dowolność definiowania wskaźników efektywności. Dlatego w celu omówienia rezultatów przeglądu literatury i utworzenia własnego wariantu obliczania wskaźnika efektywności autorzy wyróżnili pojęcie wskaźnika ekonomicznego i wskaźnika środowiskowego.

Do obliczenia wartości **wskaźnika ekonomicznego**, będącego elementem wskaźnika efektywności, można stosować metodę CBA (*Cost Benefit Analysis*), LCC (*Life Cycle Costing*), a także inne powszechnie stosowane wskaźniki efektywności ekonomicznej. Niektóre ze stosowanych w praktyce wskaźników efektywności ekonomicznej zostały omówione w rozdziale 4 niniejszej pracy. Inne wskaźniki, występujące w przedstawionych wcześniej formułach obliczeniowych efektywności, odzwierciedlają tylko przychody lub koszty związane z analizowaną technologią. Przedstawiony we wzorze (1) wskaźnik **wartości produkcji** stanowi wartość przychodów ze sprzedaży produktów wytworzonych z wykorzystaniem analizowanej technologii. Z kolei związany z poprawą wpływu środowiskowego wskaźnik **kosztów poprawy** obejmuje w szczególności wszelkie nakłady związane z wdrożeniem i uruchomieniem, a także eksploatacją analizowanej technologii obniżającej negatywny wpływ na środowisko.

Wskaźnik (wpływ) środowiskowy nie jest tak jednoznacznie zdefiniowany, a w literaturze proponuje się wiele różnych metod obliczania i agregacji. Najczęściej stosowane są metody oparte o analizę cyklu życia LCA, ale stosuje się również inne metody, jak np. wskaźnik X, *ecological footprint* oraz DEA (*Data Envelopment Analysis*). W literaturze omówiono również próby ujednoczenia metodyki, z których wynikają zalecenia odnośnie do minimalnego zakresu oceny efektywności bądź próby jej uproszczenia i dostosowania do samodzielnego użytku przez sektor MŚP. W punkcie 1.4 – Wskaźniki środowiskowe omówiono przykłady różnych metod obliczania wpływu środowiskowego stosowanych w świecie.

Wskaźniki ekonomiczny i środowiskowy są niezależne, należy jednak zwrócić uwagę na fakt, że granice obydwu wskaźników – ekologicznego i ekonomicznego – powinny być jednakowe, tzn. zastosowanie wielkości sprzedaży jako wskaźnika ekonomicznego pociąga za sobą konieczność uwzględnienia efektów środowiskowych związanych z działalnością dostawcy. Innym zagadnieniem ważnym dla wyników analizy jest określenie podmiotu analizy. Jest to problem podobny do problemu wyboru jednostki funkcjonalnej w analizie LCA. Można mierzyć efektywność produktu lub funkcji, jaką on spełnia [3]. Przykładowo samochód nigdy nie osiągnie efektywności roweru, jeśli funkcją będzie transport jednej osoby na odcinku 2 km. Jeśli dystans wyniesie 100 km, to można sądzić, że rower nie będzie w stanie spełnić swojej funkcji, ponieważ czas potrzebny do pokonania dystansu będzie znacznie dłuższy niż dla samochodu.

1.3. Metody oceny ekoefektywności

1.3.1. Analiza ekoefektywności według BASF i Öko-Institut

BASF [31,35] i Öko-Institut [36] zaproponowały dwie bardzo zbliżone metody oceny ekoefektywności oparte o LCA. Obydwie metody służą do porównywania alternatyw rozważanych przez producenta przez zintegrowaną analizę aspektów ekonomicznych (*Life Cycle Costing*) i środowiskowych (*Life Cycle Analysis*). W obydwu przypadkach elementem brakującym do oceny produktu w aspekcie zrównoważonego rozwoju jest analiza zagadnień socjalnych. Rezultaty analizy zarówno w przypadku ważenia, jak i agregacji, zależą od założeń i potrzebna jest analiza wrażliwości i identyfikacja dominujących czynników. Metody zostały opracowane w celu uproszczenia sposobu prezentacji danych osobom odpowiedzialnym za zarządzanie firmą, ale niebędących specjalistami w dziedzinie LCA. Na Rysunku 1.1 przedstawiono schemat obliczania ekoefektywności według metody BASF [37].



Rys. 1.1. Schemat działań w metodzie analizy ekoefektywności metodą EEA

Źródło: opracowanie własne na podstawie [14].

W celu obliczenia ekoefektywności w obydwu metodach dokonuje się oceny środowiskowej LCA zgodnie ze standardem ISO 14040 oraz analizy kosztowej LCC. Koszty obliczane są w postaci jednej liczby jako koszt całkowity dla określonego podmiotu. Istotny w tym przypadku jest wybór tego podmiotu, gdyż to, co dla jednego podmiotu jest kosztem, dla innego jest przychodem. Zaleca się więc obliczanie kosztów dla kilku podmiotów (lub stosowanie wartości dodanej zamiast kosztów). W wyniku analizy LCA można otrzymać kilka wskaźników kategorii wpływu bądź jeden zagregowany wynik.

Metody opracowane przez Öko-Institut i BASF różnią się przede wszystkim sposobem ważenia i agregacji danych dotyczących oddziaływań środowiskowych [36].

Metoda BASF jest stosowana od roku 1996. Ekspersi BASF przeprowadzili ponad 400 analiz ekoefektywności w dziedzinie m.in. rolnictwa (stosowanie fungicydów w uprawie kukurydzy, opakowania dla pestycydów, jabłka lokalne czy importowane, żywność organiczna – jabłka), chemii (produkcja polialkoholi z surowców odnawialnych, produkcja ibuprofenu), budownictwa (stosowanie poliuretanu do ochrony wybrzeży, izolacja dachów dwuspadowych we Włoszech, różne rodzaje podłóg, sztuczna trawa), paliw i energii (systemy ogrzewania, dodatki do oleju napędowego), żywności (metody produkcji astaxantynu, metody konserwacji zbóż), gospodarstw domowych (porównanie tabletek do zmywarek, reklamówek na zakupy, kupna nowej zamrażarki z użytkowaniem starej, koszulek bawełnianych z poliestrowymi), opakowań (porównanie szklanych, plastikowych i kartonowych opakowań na mleko, opakowań wód mineralnych, naczyń styropianowych) i innych. Wiele szczegółowych raportów z oceny jest dostępnych na stronie internetowej BASF.

W przypadku metody BASF [35] oceny środowiskowej dokonywało się początkowo na podstawie pięciu, a obecnie sześciu głównych wskaźników:

- zużycia surowców,
- zużycia energii,
- emisji,
- toksyczności,
- wymaganej powierzchni,
- potencjalnego ryzyka.

Zużycie materiałów jest ważne względem ich rezerw podawanych przez statystyki. Uwzględniono, na jak długo wystarczy surowca uzyskiwanego za pomocą obecnej technologii przy założeniu, że konsumpcja pozostanie taka sama jak obecnie. Z takim podejściem zużycie surowców odnawialnych wynosi 0, ponieważ w perspektywie 50 lat ich zasoby są nieskończone (przy założeniu zrównoważonego zarządzania), a więc mnożnik ważenia wynosi 0. Jeśli zużycie zasobów odnawialnych nie jest zgodne z zasadami zrównoważonego rozwoju, jak np. wycinanie lasów deszczowych, to mnożnik jest różny od zera. W obliczeniach są uwzględnione surowce nieodnawialne potrzebne do zapewnienia surowców odnawialnych, w związku z tym pomimo stosowania odnawialnych źródeł energii, zużycie materiałów pozostaje wysokie.

Całkowite zużycie energii jest obliczane z górnej wartości opałowej dla następujących źródeł: węgiel, ropa, gaz, lignit, energia nuklearna, hydroenergia, biomasa i inne. Obliczone zużycia energii są następnie sumowane bez dodatkowych przekształceń.

Emisje początkowo są obliczane osobno dla powietrza, wody i ziemi. Zawierają zarówno emisje z procesu, transportu, jak i pochodzące z wytwarzania zużywanej ilości elektryczności i pary. Obliczone wartości są następnie ważone i agregowane.

Analiza potencjału toksyczności jest ważnym czynnikiem w przypadku zrównoważonego rozwoju, jednak nie zawsze uwzględnianym w LCA. Potencjał według BASF jest obliczany na podstawie powszechnie stosowanej klasyfikacji odpadów niebezpiecznych zgodnej z prawem Unii Europejskiej. Bardzo toksyczne odpady otrzymują wagę 1000 (T+), toksyczne (T) – 100, szkodliwe (Xn) – 10, żrące (C) – 10,

a drażniące (X_i) – 1. W celu obliczenia potencjału toksyczności masa każdej substancji jest zliczana w granicach systemu i mnożona przez wagę zależną od klasyfikacji. Etapy produkcji, użycia i zagospodarowania są wazone osobno za pomocą różnych współczynników – przykładowo etap zastosowania, w którym ludzie są narażeni na kontakt bezpośredni z substancją niebezpieczną, jest traktowany jako istotniejszy niż etapy, w których kontakt taki odbywa się jedynie w wyjątkowych okolicznościach.

W przypadku potencjalnego ryzyka wystąpienia wypadku bierze się pod uwagę prawdopodobieństwo wystąpienia i wielkość szkód. Otrzymane wielkości nie są absolutne i mogą służyć jedynie do porównań. Prawdopodobieństwo szacuje się na podstawie danych ubezpieczalni dotyczących wypadków w miejscu pracy, wypadków transportowych, ryzyka nadużyć, bezpieczeństwa instalacji, bezpieczeństwa pożarowego itp.

Bezwzględne wartości otrzymane dla oddziaływań są dalej wazone w celu otrzymania całkowitej wartości przy użyciu zewnętrznych współczynników istotności, tzw. *relevance factor* oraz współczynników społecznych. Przykładowym współczynnikiem istotności może być stosunek oddziaływania na środowisko obliczonego dla alternatywnego wariantu procesu/produktu do całkowitego krajowego oddziaływania na środowisko (zużycie energii na jednostkę funkcjonalną podzielone przez całkowite zużycie energii w kraju). Współczynniki społeczne są stałe w całej analizie, BASF proponuje następujące wielkości (dla stosowanych początkowo pięciu kategorii) [6, 35]:

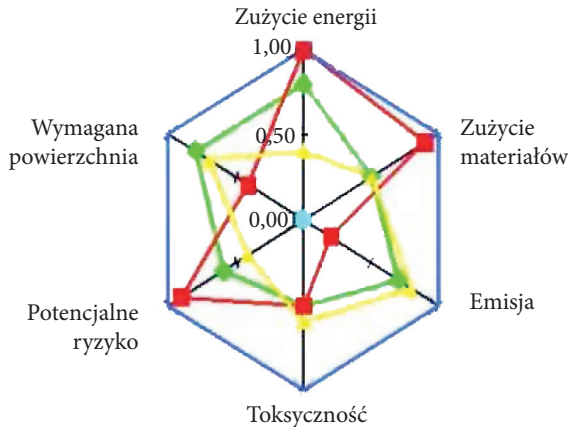
- zużycie materiałów 25%,
- zużycie energii 25%,
- emisje 20%,
 - w tym emisje do powietrza 50%, (GWP 50%, ODP 20%, POCP 20%, AP 10%)
 - do wody 35%,
 - do ziemi 15%,
- toksyczność 20%,
- ryzyko 10%.

W wyniku przemnożenia współczynników istotności i współczynników społecznych otrzymuje się ostateczne całkowite współczynniki wazące. W proponowanej metodzie najwyższą wagę otrzymują emisje do powietrza i w wyniku tego wszelka poprawa w tym obszarze będzie miała największy wpływ na wyniki całej analizy.

Wszystkie obliczone wskaźniki są poddawane normalizacji względem siebie w taki sposób, że rezultat najmniej korzystnej alternatywy otrzymuje wartość 1, a rezultatom pozostałych alternatyw przypisuje się wartości względne od 0 do 1.

Inną metodę ważenia zaproponował Öko-Institut. Nosi ona nazwę EcoGrade i bierze pod uwagę docelowe wartości środowiskowe pożądane do osiągnięcia w danym kraju, jak również dotychczas osiągnięty poziom redukcji oraz okres czasu pozostały do osiągnięcia docelowej redukcji. W ten sposób im ważniejszy problem i ambitniejszy cel, tym większa waga przypisana przez metodę. Dodatkowo dzięki uwzględnieniu dotychczas osiągniętej redukcji, problem zostaje uznany za pilniejszy i uzyskuje tym większą wagę, im krótszy czas i większa redukcja pozostaje do osiągnięcia. Niestety dla niektórych kategorii, np. toksyczności, nie ma docelowych wartości do osiągnięcia. W takich wypadkach przypisane zostają średnie zliczane z innych kategorii, co przyczynia się do utraty cennych informacji i wymaga ostrożnej interpretacji.

Po ważeniu i normalizacji wyniki przedstawiane są na specjalnym wykresie (Rysunek 1.2), tzw. *ecological footprint*. Wykres ten odzwierciedla względne oddziaływania alternatyw w ramach różnych kategorii wpływu, przy czym wartość 1 odpowiada najmniej korzystnej alternatywie. Osie są od siebie niezależne.



Rys. 1.2. Rezultaty oceny oddziaływania na środowisko w postaci ekologicznego odcisku palca (*ecological footprint*)

Źródło: [12].

Wyniki mogą być przedstawione również w postaci zagregowanej na dwuwymiarowym wykresie, tzw. *Eco-efficiency Portfolio*. Dzieląc maksymalny koszt alternatywy przez sprzedaż w całym kraju otrzymuje się współczynnik kosztowy (*relevance cost*). Porównanie *cost relevance factor* i *environmental relevance factor* pozwala na wyznaczenie głównej osi dla wykresu efektywności typu portfolio opracowanego przez BASF. Rezultaty analizy ekonomicznej i środowiskowej są normalizowane względem zewnętrznej wartości odniesienia w celu określenia istoty rezultatów środowiskowych i ekonomicznych, a następnie nanoszone na wykres. Na osi pionowej przedstawia się efekt środowiskowy, a poziomej ekonomiczny. W wyniku inwersji osi prawy górny róg odpowiada dobrym alternatywom, a lewy dolny – złym.

Rezultaty analizy efektywności mogą być również przedstawione na zwykłym wykresie [36] w postaci wartości liczbowych i bez inwersji osi. Z portfolio można łatwo odczytać względną pozycję alternatyw wobec siebie, jednak uzyskanie dodatkowych informacji jest trudne. Z kolei zwykły wykres umożliwi odczytanie dodatkowych informacji wprost, bez potrzeby zamieszczania tabel.

1.3.2. Analiza socjoefektywności według BASF

Metoda oceny efektywności firmy BASF została uzupełniona o czynnik społeczny (analiza socjoefektywności) dając nową metodę SEEBALANCE [38], dzięki której możliwa jest minimalizacja kosztów i oddziaływania na środowisko z równoczesnym uwzględnieniem zagadnień społecznych. Wpływy społeczne zgrupowane

są w pięciu kategoriach: pracownicy, społeczność międzynarodowa, przyszłe pokolenia, klienci oraz społeczność lokalna i krajowa. Każda z tych kategorii jest charakteryzowana przez mierzalne wskaźniki, np. liczba zatrudnionych, wypadki w czasie produkcji, ryzyko związane z użyciem produktu przez konsumenta. Wskaźniki społeczne analogiczne do środowiskowych dają razem tzw. społeczny odcisk palca (*social fingerprint*) (Rysunek 1.3).

PROFIL SPOŁECZNY				
Warunki pracy	Społeczność międzynarodowa	Przyszłe pokolenia	Konsument	Społeczność lokalna i narodowa
wypadki przy pracy	nieletni pracownicy	liczba szkoleń	potencjał toksyczny	pracownicy
wypadki śmiertelne przy pracy	inwestycje zagraniczne	wydatki przedsiębiorstwa na badania i rozwój	pozostałe ryzyko i charakterystyka funkcjonalna produktu	wykwalifikowani pracownicy
choroby zawodowe	import z krajów rozwijających się	inwestycje kapitałowe	...	równouprawnienie
toksyczność		bezpieczeństwo społeczne		integracja niepełnosprawnych
wynagrodzenia				pracownicy zatrudnieni w niepełnym wymiarze
wydatki na szkolenia				wsparcie rodziny
strajki i protesty				

Rys. 1.3. Wskaźniki społeczne w metodzie SEEBALANCE

Źródło: opracowanie własne na podstawie [15].

Rezultaty służą jako wsparcie w procesie decyzyjnym w obszarze marketingu, sferze R&D, zagadnieniach strategicznych i politycznych. Wyniki są przedstawione na wykresie trójwymiarowym – w sześcianie SEECube pozwalającym na skuteczne ich przekazanie odbiorcy.

Öko-Institut opracował również metodę analizy efektywności poszerzoną o czynnik społeczny PROSA. Zgodnie z Öko-Institut, 8 najważniejszych celów społecznych [38] to:

- dostęp do pracy zarobkowej,
- zapewnienie odpowiedniego rozwoju w społeczeństwie,
- ochrona i promocja zdrowia ludzkiego,
- zapewnienie wystarczających dostaw zdrowej żywności,

- promocja edukacji i badań,
- ochrona godnych warunków życia,
- tworzenie odpowiedniej infrastruktury,
- odpowiedzialność społeczna przedsiębiorstw.

Przykładowe wskaźniki to liczba wypadków, liczba strajków, zatrudnienie w postaci liczby roboczogodzin, liczba niepełnosprawnych pracowników, fundusze przedsiębiorstwa przeznaczone na wsparcie rodziny, liczba szkoleń, wydatki na badania i rozwój, wydatki na inwestycje itd. Wybór mierzalnych wskaźników powinien być dokonany po wyborze metody i opracowaniu koncepcji analizy, ponieważ muszą one pasować do oceny cyklu życia. Waga poszczególnych wskaźników uwzględnia składnik subiektywny dotyczący względnej istotności wskaźnika w odniesieniu do zrównoważonego rozwoju i składnik obiektywny odpowiedni dla kraju analizy (np. liczba wszystkich wypadków w kraju).

1.3.3. Ekoefektywność sektora surowców nieodnawialnych

Zagadnienia związane z właściwym i efektywnym wykorzystaniem surowców nieodnawialnych są bardzo istotne z perspektywy zrównoważonego rozwoju, bowiem zrównoważony rozwój z zasady dopuszcza wykorzystanie surowców nieodnawialnych jedynie w połączeniu z rozwojem technologicznym umożliwiającym udostępnienie nowych zasobów dla przyszłych pokoleń.

R. van Berkel [2] zaproponował metodę oceny ekoefektywności dostosowaną do oceny sektora minerałów, zastosowaną również do sektora metali [39].

W metodzie łączy się pięć sposobów – praktyk prewencyjnych:

- projekt procesowy,
- substytucja elementów wejściowych,
- usprawnianie instalacji,
- dobre gospodarowanie,
- ponowne użycie, odzysk, recykling)

i pięć celów – zagadnień produktywności surowców:

- efektywność zużycia surowców,
- zużycie energii i emisja GHG,
- zużycie wody i oddziaływanie z tym związane,
- kontrola najważniejszych elementów i toksyn,
- wytwarzanie produktów ubocznych.

1.3.4. Ekoefektywność dla małych i średnich przedsiębiorstw

Brak jednolitych standardów i swoboda w wyborze wskaźników umożliwiają z jednej strony zastosowanie analizy ekoefektywności w różnych obszarach i dopasowanie jej do celu [40], z drugiej jednak strony sprawiają, że wskaźniki ekoefektywności nie są porównywalne. Co więcej różne analizy mogą prowadzić do zupełnie odmiennych wniosków. Wynika to z silnego wpływu przyjętych założeń dotyczących

metodyki, granic systemu, sposobu agregacji, ważenia itp. Istnieje więc potrzeba ustalenia wspólnej spójnej metodyki, która pozwalałaby w sposób jednoznaczny oceniać różne produkty i usługi. W literaturze proponowano różne sposoby ujednoczenia metodologii oceny efektywności omówione poniżej.

Przykładowo Konferencja Narodów Zjednoczonych ds. Handlu i Rozwoju (*United Nations Conference on Trade and Development*, UNCTAD) opracowała metodologię samodzielnej oceny efektywności w małych i średnich przedsiębiorstwach [41, 42]. Zgodnie z jej zaleceniami wskaźniki:

- powinny być związane ze światowymi problemami ekologicznymi,
- muszą być możliwe do stosowania we wszystkich przemysłach i we wszystkich sektorach,
- powinny łączyć problem ekologiczny w skali makro z działalnością przedsiębiorstwa w skali mikro,
- problem mierzony przez wskaźnik musi mieć wpływ na sferę finansową przedsiębiorstwa.

UNCTAD zaleca, aby ocena ta brała pod uwagę przynajmniej następujące elementy [42]: zużycie energii, wody, udział w efekcie cieplarnianym i zubożeniu dziury ozonowej, odpady. Opracowano praktyczne wskazówki dotyczące obliczania pięciu przykładowych wskaźników [42]:

- konsumpcja wody/wartość dodana netto,
- udział w globalnym ociepleniu/jednostka wartości dodanej netto,
- zużycie energii/jednostka wartości dodanej netto,
- zubożenie warstwy ozonowej/jednostka wartości dodanej netto,
- odpady/jednostka wartości dodanej netto.

Pomimo tego, że obliczanie efektywności przez duże przedsiębiorstwa metodą oceny cyklu życia daje najbardziej wiarygodne wyniki, podejście takie jest kosztowne i niepraktyczne do zastosowania przez małe i średnie przedsiębiorstwa dla celów raportów rocznych. UNCTAD zaleca w tym przypadku ograniczenie zakresu oceny do granic przedsiębiorstwa. Przykład zastosowania tej metodyki można znaleźć na stronie internetowej [43].

W pracach *National Round Table on the Environment and the Economy* NRTEE analizowano użyteczność współczynników efektywności dla przedsiębiorstw. W wyniku współpracy rządu z ośmioma przedsiębiorstwami [44] dokonano oceny wskaźników związanych z energią i zużyciem materiałów, oceniono możliwości ich wdrożenia, omówiono praktyczne aspekty stosowania i interpretacji. Za najbardziej użyteczne uznano wskaźniki związane z energią; użyteczność wskaźników materiałowych jest wysoka dla niektórych sektorów przemysłu. Wskaźniki materiałów i energii są szczególnie wiarygodne, ponieważ oddają koszt, jednak powinny być mierzone osobno. Wskaźniki związane z emisją i rozprzestrzenianiem zanieczyszczeń, jak również dotyczące recyklingu i trwałości produktu wymagają, zdaniem autorów, dalszych prac i standaryzacji.

Uznano również, że zestaw wskaźników odnoszących się do głównych problemów społecznych związanych z zanieczyszczeniami wydaje się mieć większą użyteczność niż jeden zagregowany wskaźnik [44]. W czterech obszarach (energia, odpady, woda, zanieczyszczenia) wyłoniono wskaźniki główne i uzupełniające [45] skonstru-

owane w taki sposób, że mianowniki wskaźników wiążą się z efektem ekonomicznym, natomiast liczniki z efektem środowiskowym. Zaproponowano stosowanie jednego z następujących mianowników:

- tona,
- MWh,
- m² przestrzeni,
- inne jednostki miary właściwe dla produktu lub transportu.

Wskaźniki proponowane w pracach NRTEE oraz definicje ich liczników odnoszących się do efektu ekologicznego są przedstawione w Tabeli 1.4.

Tabela 1.4. Wskaźniki proponowane w pracach NRTEE

	Wskaźnik główny	Wskaźniki uzupełniające
Energia	Energochłonność (<i>Energy Intensity</i>) – licznik wskaźnika wyraża energię skonsumowaną w granicach projektu ze wszystkich źródeł [MJ]	Analiza Energochłonności Cyklu Życia (<i>Life Cycle Energy Intensity</i>) – uwzględnia energię w procesach poprzedzających i następczych Nadwyżka Energochłonności (<i>Excess Energy Intensity</i>) – energia nadmiarowa wytworzona w granicach projektu, zużywana poza projektem bądź sprzedawana Energia Transportu Materiałów i/lub Energii w granicach analizy (<i>Transportation Energy of Materials/Energy</i>) Energia Transportu osób w granicach analizy (<i>Transportation Energy of Personnel</i>)
Odpady	Odpadochłonność (<i>Waste Intensity</i>) – całkowita ilość materiałów wchodzących w granice projektu minus ilość materiałów zawarta w produktach (w przeliczeniu na suchą masę); licznik wskaźnika może być liczony jako różnica między wagą materiałów wchodzących i materiałów w produkcji lub jako całkowita masa materiałów w strumieniach odpadów do powietrza, wody, składowania, recyklingu	Współczynnik Utylizacji Odpadów (<i>Waste Utilization Indicator</i>) – mierzy % odpadów używanych ponownie w stosunku do odpadów wytworzonych
Woda	Wodochłonność (<i>Water Intensity</i>) – [m ³] (bez wody w surowcach, deszczowej, śniegu)	Natężenie Wypuszczania Wody (<i>Water Discharge Intensity</i>) – woda odpadowa (bez wody w odpadach stałych, opadów atmosferycznych) Zużycie Wody (<i>Water Consumed</i>) – różnica między wodą wchodzącą i odprowadzaną
Wskaźniki rozprzestrzeniania zanieczyszczeń (<i>Pollutant Dispersion Indicators</i>)	Najczęściej stosowane liczniki wskaźników ekoefektywności – emisja gazów cieplarnianych (całkowita emisja w ekwiwalencie CO ₂ , w tym pochodząca z energii, procesu zagospodarowania odpadów), prekursorzy kwaśnych deszczy, prekursorzy smogu, zubożenie warstwy ozonowej.	

Źródło: opracowanie własne na podstawie [44, 45].

Wskaźniki te można liczyć na poziomie linii produkcyjnej, całej instalacji/fabryki, oddziału bądź przedsiębiorstwa.

1.4. Wskaźniki środowiskowe

Istnieje wiele różnych, często pokrywających się, teoretycznych i praktycznych sposobów obliczania efektywności, a brak standardu w tym temacie wynika z trudności w przypisaniu wartości liczbowej odpowiadającej wielkości oddziaływania na środowisko.

Wskaźniki środowiskowe powinny być skonstruowane w taki sposób, żeby uwzględnić wszystkie istotne informacje środowiskowe, następnie informacje te należy zagregować w powszechnie akceptowalny sposób otrzymując skumulowaną wartość [4, 47].

Ponadto wskaźniki:

- muszą być istotnymi parametrami oddziałującymi na środowisko i zdrowie człowieka,
- powinny być jasno sformułowane, mierzalne, czytelne i możliwe do weryfikacji,
- muszą uwzględniać różnorodność poszczególnych działań biznesowych,
- muszą uwzględniać specyfikę działania firmy i koncentrować się na mierzalnych parametrach,
- powinny wskazywać podejmującym decyzje, jak usprawnić działalność firmy, by była ekologicznie bardziej efektywna,
- powinny pozwolić na śledzenie zmian zachodzących w czasie działalności firmy,
- powinny być zrozumiałe dla wszystkich uczestników procesu, to jest dla menedżerów oraz dla udziałowców.

Na przykład uwzględnianie we wskaźniku efektywności recyklingu jest istotne ze względu na różny osiągalny stopień recyklingu dla różnych produktów. Te produkty, które łatwiej mogą być poddawane temu procesowi, będą charakteryzowały się większą efektywnością.

W praktyce obiektywne odwzorowanie faktycznego i kompletnego oddziaływania produktu bądź usługi w globalnym układzie dynamicznym jest niemożliwe do osiągnięcia, a im doskonalsze ma być to odwzorowanie, tym większych nakładów pracy wymaga. Analiza efektywności w związku z powyższymi trudnościami zmusza często do przyjęcia pewnego modelu uproszczonego. W konsekwencji wyniki różnych analiz są często nieporównywalne, a w rzeczywistości jedynie przeprowadzenie analiz opartych o spójne założenia może służyć do jakichkolwiek porównań.

Pierwszym koniecznym uproszczeniem jest wybór granic systemu. Granice nie powinny pomijać żadnych procesów, które mogą znacząco wpłynąć na wynik, ponieważ taka analiza nie byłaby miarodajna, ale stosowanie ograniczeń tam, gdzie są dopuszczalne, w istotny sposób upraszcza i skraca analizę. Należy zwrócić uwagę na to, by granice systemu przebiegały jednakowo w przypadku oceny środowiskowej i ekonomicznej [36]. W granicach tych dokonuje się następnie inwentaryzacji wszystkich przepływów masowych i energetycznych i przeprowadzana jest ocena wpływu.

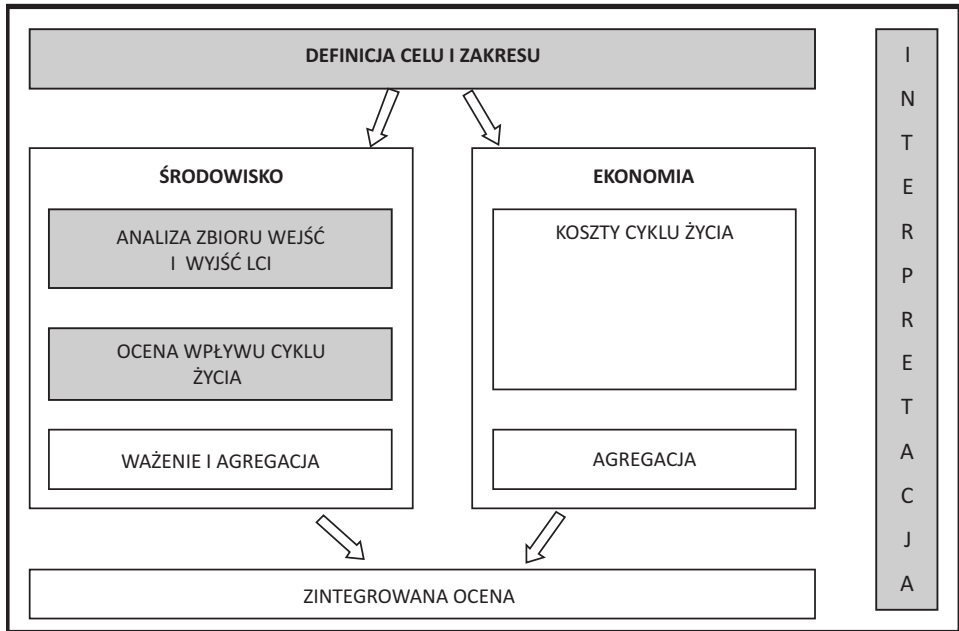
W tym celu przepływy są przypisywane do poszczególnych kategorii wpływu (klasyfikowanie) i wyrażane w odpowiednich jednostkach w celu zsumowania (charakteryzowanie). Zgodność panuje jedynie podczas rozróżniania kategorii wpływów [4]. Rozróżnia się następujące kategorie: rodzaj oddziaływania (*environmental interventions* – emisje, wydobywanie, użytkowanie powierzchni), wpływy pośrednie (*midpoint impacts* – globalne ocieplenie, zakwaszenie, toksyczność, zubożenie warstwy ozonowej) oraz efekty końcowe (*endpoints* – zdrowie ludzkie i śmiertelność, jakość środowiska, bioróżnorodność itp.). Nie ma jednak zgodności odnośnie do tego, co powinno się składać na dany efekt środowiskowy ani jak zsumować różne efekty środowiskowe w jedną wartość liczbową. Na tym etapie powstają rozbieżności dotyczące łączenia emisji i innych obciążeń środowiskowych z efektami środowiskowymi, takimi jak efekt cieplarniany, eutrofizacja itp. Uznaje się, że za kategorię efekt cieplarniany odpowiedzialna jest emisja gazów cieplarnianych, między innymi dwutlenku węgla i metanu. W celu zsumowania efektu cieplarnianego powodowanego przez emisję dwutlenku węgla i metanu, emisję metanu przelicza się na dwutlenek węgla, zakładając, że emisja 1 kg CH_4 ilościowo odpowiada emisji 21 kg CO_2 . Jednostką tak wyrażonego efektu cieplarnianego jest ekwiwalent CO_2 . Inne przykładowe kategorie wpływu i odpowiadające im jednostki są następujące: potencjał zakwaszania (SO_2 eq.), potencjał eutrofizacji (kg PO_4^{3-} eq.) itp. Wszystkie te ustalenia są jednak poddawane dyskusji w świecie naukowym i poprawiane, wiążą się też z wprowadzeniem kolejnych założeń do modelu oceny efektywności. Otrzymane wskaźniki można poddać procesom normalizacji, ważenia i agregacji, co wiąże się z najbardziej dyskusyjnymi etapami łączenia efektów środowiskowych z wpływem na zdrowie, ekosystem i funkcje produkcji oraz ich agregacji w jedną liczbę przez przypisanie wag poszczególnym wpływom. Obrazuje to, jak silny wpływ na wyniki analizy mogą mieć założenia. Wszystkie założenia, uproszczenia i ograniczenia muszą być wyraźnie opisane podczas prezentowania wyników.

Najbardziej akceptowalną metodą służącą do oceny oddziaływania środowiskowego jest LCA ze względu na holistyczne podejście, jest to jednak metoda bardzo złożona, co ogranicza jej zastosowanie. Obszerny przegląd metod oceny stosowanych w LCA rozwiązujących zaprezentowane problemy w różnorodny sposób podano m.in. w literaturze [46].

1.4.1. Technika LCA

Ocena cyklu życia LCA (*Life Cycle Assessment*) jest narzędziem służącym do oceny wpływu produktu/usługi na środowisko w całym cyklu życia. Jest to metoda powszechnie akceptowana, bardzo często stosowana w połączeniu z LCC lub CBA do oceny efektywności. Wśród metod wywodzących się z LCA można wymienić metodę oceny efektywności według BASF, według EkoInstytut, PSI według Ford, jak również uproszczone narzędzia do oceny oddziaływań środowiskowych, jak EcoCompass, MAIA, MISP i inne.

Analiza ekoefektywności EE (*Eco-Effectiveness*) przy użyciu metodyki LCA obejmuje etapy przedstawione na Rysunku 1.4. Pola oznaczone kolorem szarym reprezentują elementy analizy LCA, których przeprowadzenie jest wymagane w normie ISO.



Rys. 1.4. Schemat analizy ekoefektywności

Źródło: [9].

1.4.2. Eco Compass

Eco Compass [47] to jedno z narzędzi optymalizacji ekoinnowacji. Zostało zaprojektowane do łączenia danych środowiskowych w prosty model, który towarzyszyłby integracji zagadnień środowiskowych z procesem decyzyjnym w biznesie. Jest to narzędzie porównawcze dla różnych scenariuszy jednego produktu bądź usługi. Pozwala uzyskać informacje umożliwiające optymalizację produktów i usług w celu zaspokojenia popytu zgodnie z zasadami zrównoważonego rozwoju.

Narzędzie to zostało stworzone w celu prostej wizualizacji danych LCA i daje zestaw wskaźników ekonomicznych, socjalnych i środowiskowych. Zestaw posiada sześć wymiarów [47]:

- energia (całkowite zużycie energii w cyklu życia),
- masa (całkowita masa materiałów zużytych do produkcji),
- potencjalne ryzyko zdrowotne i środowiskowe (m.in. toksyczność dla zdrowia ludzkiego, kancerogenność, ekotoksyczność, zakwaszenie, GWP, ODP),
- ochrona zasobów, rewaloryzacja (ponowne użycie, recykling),
- przedłużenie funkcji (wzrost niezawodności, trwałości itp.).

Dla każdego wymiaru skala [47, 48] wynosi od 0 do 5, przy czym 2 punkty odpowiadają base case, pozostała ilość punktów jest obliczana względem wartości odniesienia:

- 1 – przynajmniej w połowie tak dobry jak produkt odniesienia,
- 3 – oznacza, że produkt jest do dwóch razy lepszy niż produkt odniesienia,
- 4 – dwa do czterech razy lepszy,
- 5 – co najmniej czterokrotnie lepszy.

Zaletą metody *Eco Compass* jest to, że nie wymaga konwersji ani ważenia danych. Wyniki są przedstawiane w postaci tzw. sieci pajęczej.

Eco Compass służy do identyfikacji i oceny zmian w kreatywny sposób. Dane są wyrażane na jednostkę i mierzą dostarczenie usługi do klienta. Metoda jest stosowana np. przez firmę Rank Xerox [3], która każdego roku przywraca do ponownego użytkowania 80 000 kopiarek. Klienci tej firmy w zamian za oddanie zużytego sprzętu firmie, otrzymują w niższej cenie sprzęt o jakości równoważnej nowemu. Firma oszczędza, ponieważ ponowne przystosowanie do użycia jest tańsze niż produkcja nowej koparki, oddziaływanie na środowisko jest również mniejsze dzięki redukcji zużycia materiałów, energii i emisji. Dla omówionego przypadku *Eco Compass* wykazał, że:

- wydłużenie użytkowania wzrosło z 2 do 3 (trwalsze maszyny),
- rewaloryzacja wzrosła z 2 do 4 (2/3 maszyn jest odzyskiwanych),
- zużycie energii poprawiło się z 2 do 3 punktów (mniejsze zużycie pierwotnych materiałów),
- masa zużywanych materiałów zmniejszyła się o 19%,
- ryzyko związane ze zdrowiem i środowiskiem pozostało bez zmian (2 punkty),
- zużycie zasobów pozostało bez zmian.

1.4.3. Metoda ICEICE

Metoda ICEICE (*Integrated CO₂ Efficiency Index for Company Evaluation*) [49] została opracowana w celu umożliwienia oceny efektywności w zakresie emisji dwutlenku węgla w przedsiębiorstwach w wytwarzających produkty z różnych sektorów. Obejmuje emisję bezpośrednią oraz emisję pośrednią. Efektywność CO₂ jest obliczana zgodnie z następującymi wzorami [49]:

- ogólna efektywność CO₂

$$Eff_{CO_2tot} = \frac{\text{Cena producenta}}{\text{Emisja CO}_2 \text{ bezpośrednia i pośrednia}}$$

- efektywność bezpośredniego CO₂

$$Eff_{CO_2dir} = \frac{\text{Wartość dodana}}{\text{Emisja CO}_2 \text{ bezpośrednia}}$$

- efektywność pośredniego CO₂

$$Eff_{CO_2indir} = \frac{\text{Koszt}}{\text{Emisja CO}_2 \text{ pośrednia}}$$

Emisje pośrednie mające miejsce w procesach poprzedzających procesy występujące w danym przedsiębiorstwie (*embodied*) i koszty związane z nabyciem produktu obliczane są na podstawie tablic przepływów międzygałęziowych input/output, natomiast emisje bezpośrednie obliczane są na podstawie danych zebranych dla przedsiębiorstwa.

Porównywanie efektywności przedsiębiorstw nie sprawia problemu, jeśli przedsiębiorstwa te prowadzą działalność w jednym sektorze. Jednak w przypadku gdy przedsiębiorstwo wytwarza produkty z różnych sektorów, to ze względu na różnice efektywności pomiędzy różnymi sektorami porównanie takie jest trudne lub nie jest możliwe.

W opracowaniu [24] podjęto próbę rozwiązania tego problemu, tworząc zintegrowany indeks efektywności CO₂ do oceny przedsiębiorstw ICEICE. Metoda ta zakłada, że standardowa efektywność CO₂ dla danego przedsiębiorstwa może być wyrażona jako suma wektorów opartych o tablice I/O dla sektorów, w których prowadzi ono działalność i zgodnie z udziałem tej działalności. Obliczona w ten sposób efektywność wyraża teoretyczną wartość przeciętną osiąganą w gospodarce przez organizację o danym profilu produkcyjno-usługowym. Rzeczywista efektywność obliczona w oparciu o konkretne dane dla tego przedsiębiorstwa jest następnie porównywana ze standardową efektywnością. Jeśli jest wyższa – przedsiębiorstwo jest bardziej efektywne, jeśli niższa – mniej efektywne.

1.4.4. Wskaźnik MIPS

Wskaźnik MIPS (*Material Input Per unit of Service*) [50–52] jest uproszczeniem LCA i bierze pod uwagę jedynie wejścia materiałów. W przeciwieństwie do LCA, nie uwzględnia emisji i innych oddziaływań na środowisko.

Analizy dokonuje się rozbijając produkty na usługi, których one dostarczają (uwzględnia się funkcjonalność wyrobu), a następnie badając ilość materiałów potrzebną dla zapewnienia jednostki takiej usługi (zasobochłonność) i sprzęgając tę wielkość ze wzrostem ekonomicznym. Wskaźnik jest wyrażany w jednostkach masy na jednostkę usługi i wyraża bagaż ekologiczny (*ecological rucksack*).

Zużycie zasobów jest obliczane dla pięciu kategorii:

- zasoby abiotyczne – nieodnawialne zasoby naturalne, a także gleba z wyrobisk;
- zasoby biotyczne – zasoby odnawialne, w tym zasoby roślinne z obszarów uprawnych i nieuprawnych oraz zasoby zwierzęce z obszarów nieuprawnych;
- powietrze;
- gleba;
- woda – wody powierzchniowe, gruntowe i głębinowe.

Wskaźnik oblicza się jako iloraz łącznego zużycia danej kategorii zasobów na dany produkt/proces przez funkcję produktu, jego użyteczność.

Łączne zużycie dla danej kategorii MI oblicza się mnożąc zużywaną w analizowanym procesie masę materiału wejściowego przez jednostkowe wskaźniki zasobochłonności MIT. Przykładowo [50] zużycie rudy wiąże się ze zużyciem 1 kg zasobów abiotycznych na 1 kg rudy (MIT = 1 kg/kg). Z kolei zużycie energii elektrycznej wiąże

się ze zużyciem 1,55 kg zasobów abiotycznych na 1 MWh, 66,7 kg wody na 1 MWh oraz 0535 kg powietrza na 1 MWh zużywanej energii.

Wartości MI procesu dla pięciu wymienionych wcześniej kategorii, otrzymane poprzez wymnożenie zużywanej masy materiałów przez ich wskaźniki MIT, dodaje się otrzymując wartość TMR (*Total Material Requirement*).

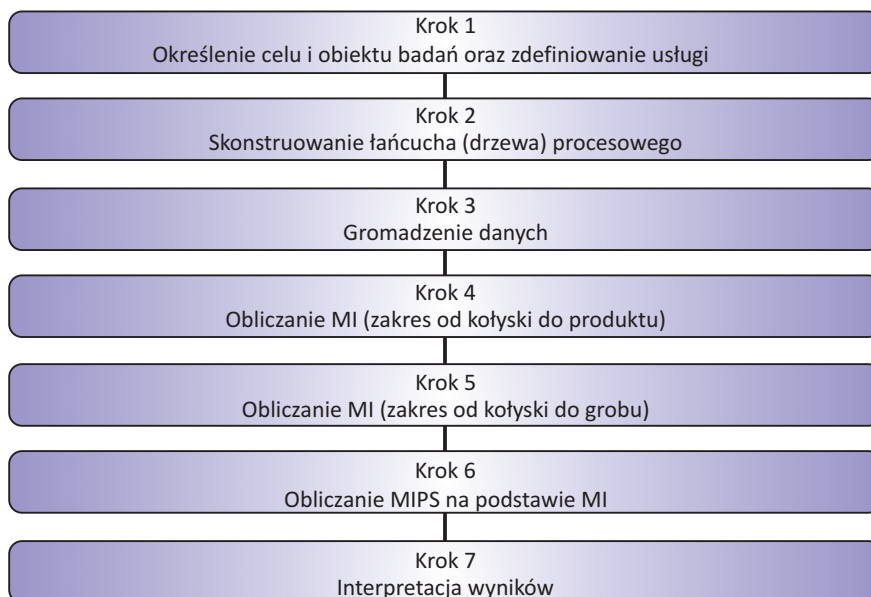
W Tabeli 1.5 podano wartości MI dla energii elektrycznej zależnie od źródła [51].

Tabela 1.5. Wartości wskaźników zasobochłonności (MI) produkcji energii elektrycznej według źródła energii

Źródło	Zasoby abiotyczne [t/MWh]	Zasoby biotyczne [t/MWh]	Woda [t/MWh]	Powietrze [t/MWh]	Gleba [t/MWh]
Energia nuklearna	0,31	--	79,5	0,005	--
Węgiel brunatny	14	--	88,2	1,13	--
Węgiel kamienny krajowy	0,77	--	80,3	0,81	--
Gaz naturalny	0,32	--	79,4	0,847	--
Woda	0,13	--	0,1	0,005	--

Źródło: [51].

Procedura obliczania wskaźnika obejmuje 7 kroków [50, 51] (Rysunek 1.5).



Rys. 1.5. Schemat procedury obliczania MIPS

Źródło: opracowanie własne na podstawie [50].

Celem analizy MIPS jest zmniejszenie zużycia zasobów naturalnych i zwiększenie efektywności użycia zasobów poprzez zmniejszenie licznika ilorazu (zmniejszenie bagażu ekologicznego) lub zwiększenie mianownika ilorazu (zwiększenie użyteczności).

1.4.5. Wskaźnik MAIA

Metoda obliczania wskaźnika MAIA (*Material Intensity Analysis*) [53] jest oparta o koncepcję wskaźnika MIPS. Jest ona stosowana do ilościowego określenia zapotrzebowania na surowce w cyklu życia produktów i usług. Dostarcza informacji na temat presji środowiskowej związanej z wielkością wydobycia i dalszymi przepływami materiałów aż do postaci emisji lub odpadów. Wejścia surowców (w tym energetycznych) są podawane w jednostkach fizycznych (kg) i agregowane w pięć głównych kategorii:

- surowce mineralne (wejścia nieodtworzące się),
- surowce organiczne (wejścia odtwarzające się),
- usuwanie ziemi,
- woda,
- powietrze (wejścia do przemian fizykochemicznych, zazwyczaj spalania, dlatego często silnie skorelowane z emisją dwutlenku węgla).

Metoda MAIA została opracowana w roku 1992 i jest postrzegana jako uproszczone LCA (*screening LCA*). Metoda określa wielkość zużycia materiałów przez produkty i usługi, możliwości oszczędności energii i materiałów w przemyśle, analizuje warianty oszczędności materiałów i energii w celu określenia źródeł możliwości wzrostu produktywności oraz wspiera proces zrównoważonego projektowania. Kwantyfikuje całkowite zapotrzebowanie na surowce (*Total Material Requirements, TMR*) na poziomie regionalnym lub krajowym.

1.4.6. Metoda MFA

Metoda analizy przepływów materiałowych (*Material Flow Analysis, MFA*) [54, 55] jest blisko spokrewniona z LCA, odnosi się do jednostek fizycznych, zazwyczaj ton, i polega na ocenie efektywności zużycia materiałów. Metoda bada, w jaki sposób materiały i energia wpływają do systemu, przepływają przez niego i wypływają na zewnątrz. Rozważane są wszystkie media środowiskowe i fazy procesu, począwszy od wydobycia surowców, poprzez transformację, konsumpcję, recykling aż do końca życia materiałów (tj. substancji, surowców, materiałów podstawowych, produktów, wyrobów, odpadów, emisji do powietrza, wody i gleby) w konkretnym regionie. W odróżnieniu od LCA MFA nie koncentruje się tak dobrze na pojedynczych produktach, ale raczej na sektorach przemysłu, krajach lub regionach oraz innych przestrzeniach, jak budownictwo oraz gospodarstwa domowe.

Narzędzie to wykorzystuje różne podejścia i bierze pod uwagę różne przepływy: przepływ składników (*Substance Flow Analysis, SFA*), przepływy produktów, bilansowanie materiałów oraz całkowite przepływy materiałów.

Można wyróżnić dwa sposoby obliczania zgodnie z założonymi celami:

- Sposób 1 – analizowany jest przepływ substancji ekotoksycznych, jak metale ciężkie, ponieważ jest on związany z problemami środowiskowymi, jak np. akumulacja składników odżywczych, takich jak azot, ponieważ może on być decydujący dla eutrofizacji; przepływ węgla, ponieważ jest związany np. z globalnym ociepleniem; substancji chlorowanych, ponieważ odpowiadają za różne problemy związane z zanieczyszczeniem. Analizowane są również wybrane przepływy materiałów ze względu na to, że mogą być związane z pewnymi oddziaływaniami na środowisko, np.: nośniki energii, tworzywa, produkty drewniane, biomasa, aluminium. Analiza tych przepływów może również prowadzić do optymalizacji ekonomicznej, zwiększenia recyklingu itp.
- Sposób 2 – odpowiada na pytanie, czy wybrane sektory lub regiony są zgodne z zasadami zrównoważonego rozwoju. Sektory są analizowane w odniesieniu do ich zdolności produkcyjnych (ilości i struktury), natomiast miasta, regiony lub kraje są analizowane w odniesieniu do wybranych przepływów materiałów, całkowitej produkcji i/lub globalnych wejść. Głównym celem jest otrzymanie wskaźników oddziaływania środowiskowego w odniesieniu do całkowitej wytwarzanej masy, jak również oddających strukturę, np. stosunku wejść odnawialnych do nieodnawialnych.

1.4.7. Wskaźnik PSI firmy Ford

W celu oceny wpływu produktów na środowisko Ford opracował indeks PSI (*Product Sustainability Index*) jako jedno z narzędzi zarządzania środowiskowego. Narzędzie to umożliwia kompleksową ocenę wpływu pojazdów na środowisko naturalne, gospodarkę i społeczeństwo. Uwzględnia osiem parametrów uznanych za kluczowe [56, 57]:

- potencjalny wpływ na wzrost globalnego ocieplenia w pełnym cyklu życia produktu (głównie dotyczy emisji dwutlenku węgla);
- potencjalny wpływ na jakość powietrza w pełnym cyklu życia produktu (emisja innych związków szkodliwych do atmosfery, prekursorzy smogu fotochemicznego: NO_x , LZO);
- zużycie materiałów przyjaznych dla środowiska (materiały nadające się do recyklingu i pochodzące z odzysku mierzone jako udział materiałów naturalnych i z recyklingu na masę polimerów pojazdu) w celu ograniczenia zużycia zasobów naturalnych;
- dobór materiałów (w tym również potwierdzenie wyeliminowania alergenów z materiałów używanych do produkcji wnętrza) – element zarządzania ryzykiem;
- zagrożenie hałasem (poziom hałasu mierzony na zewnątrz pojazdu) jako jeden z czynników społecznych;
- bezpieczeństwo (uwzględniono różne kryteria bezpieczeństwa osób zarówno jadących samochodem, jak i osób pieszych);
- parametry charakteryzujące mobilność (liczba miejsc i ilość przestrzeni bagażowej w przeliczeniu na gabaryty pojazdu) – czynnik wpływający na natężenie ruchu na drogach;

- koszty utrzymania pojazdu w określonym cyklu życia produktu (cena pojazdu oraz całość kosztów eksploatacyjnych związanych z paliwem, utrzymaniem, podatkami ponoszonych przez użytkownika w pierwszych trzech latach eksploatacji samochodu – wartość końcowa) – czynnik ważny dla konsumenta i wyrażający konkurencyjność.

Wynik nie jest pojedynczą liczbą (jak sugeruje nazwa), gdyż zrównoważony rozwój nie jest z definicji problemem jednowymiarowym i zdaniem autorów nie ma racjonalnej przyczyny łączenia aspektów tak różnych jak bezpieczeństwo, zużycie materiałów i koszty w jedną liczbę [57]. Rezultaty są przedstawiane na wykresie radarowym, przy czym wynik jest tym korzystniejszy, im krzywa znajduje się bliżej środka, natomiast linia 100% odpowiada teoretycznym najlepszym osiągom całego sektora przemysłowego.

Analizy dokonuje się obliczając wskaźnik PSI oparty o uproszczone metody LCA i LCC, standard ISO 14040 i prace SETAC w zakresie LCC. W tym celu wykorzystuje się arkusz kalkulacyjny opracowany przez specjalistów i dostosowany do samochodów osobowych marki Ford, do którego należy wprowadzić około 20 danych. Arkusz został opracowany w oparciu o przeprowadzoną analizę LCA. Uwzględniała ona etapy produkcji, używania i końca życia, między innymi składanie i malowanie samochodów, emisje w trakcie użytkowania wynikające z przecieków, zużycie paliwa przez klimatyzację, zagospodarowanie szkła i części elektronicznych, recykling katalizatora, filtra pyłowego Diesla. Tabela 1.6 przedstawia procesy uwzględnione w granicach systemu dla wszystkich samochodów.

Tabela 1.6. Procesy uwzględnione w granicach systemu

	LCA	LCC	Koszt posiadania
Faza produkcji			
Wydobycie surowców	Tak, z bazy danych LCI	Cena pojazdu	Cena pojazdu
Produkcja i przetwarzanie materiałów			
Zarządzanie odpadami i energią			
Malowanie i składanie części	Tak, dane specyficzne		
Faza użytkowania			
Produkcja i zużycie paliw, uzupełnianie płynów	Tak, 12 lat, 150 000 km	Tak, 12 lat, 150 000 km	Tak, 3 lata, 37 500 km
Inne procesy związane z utrzymaniem	Nie uwzględniono	Tak, planowane przeglądy remonty	Tak, planowane przeglądy i remonty
Podatki i ubezpieczenia	Nie dotyczy	Tak	Tak
Faza końca życia			
Złomowanie	Tak	Tak	Wartość końcowa
Recykling i procesy odzysku	Tak (50%/50%)	Tak (50%/50%)	
Monitoring	Nie dotyczy	Tak	

Źródło: opracowanie własne na podstawie [56].

Indeks PSI jest dobrze dopasowany do rynku i jest uproszczoną wersją klasycznej analizy ekofektywności, co pozwala na oszczędność czasu, jak również na stosowanie metody przez pracowników niespecjalizujących się w LCA. Dzięki temu możliwa jest bieżąca kontrola postępów w trakcie projektowania i produkcji bez konieczności angażowania specjalistów. Weryfikacja przeprowadzona przez ekspertów pozwoliła stwierdzić, że wyniki analizy uproszczonej za pomocą PSI dobrze pokrywają się z wynikami analizy klasycznej – stwierdzone rozbieżności są poniżej 2% [56, 57].

1.4.8. Odcisk stopy środowiskowej

Metoda ekologicznego odcisku stopy (*ecological footprint*) została wynaleziona i opracowana przez Wackernagela i Reesa w 1996 roku. Jej wielkość obrazuje intensywność zużywania surowców i energii (zarówno odnawialnych, jak i nieodnawialnych) oraz emisję odpadów. Analiza obejmuje sześć ekologicznie produktywnych obszarów:

- gleby uprawne,
- pastwiska,
- lasy,
- obszary wodne,
- obszary zurbanizowane,
- obszary, na których wytwarzana jest energia.

Wynik obliczeń jest podawany w hektarach i wskazuje, ile produktywnej powierzchni Ziemi jest potrzebne dla zaspokojenia ludzkich potrzeb, przy stosowaniu obecnego stanu techniki i technologii. Ponieważ zużycie surowców ma charakter globalny, przy obliczaniu ekologicznego odcisku stopy trzeba uwzględnić zarówno import, jak i eksport. EF obrazujący zapotrzebowanie ludzi na surowce i usługi można porównać z ekologiczną wydolnością środowiska wybranego regionu EF „uśrednionego” mieszkańca Ziemi wynosi 2,9 hektara. Wiadomo natomiast, że dostępnych dla niego jest tylko 2,1 hektara. Oznacza to również, że biosfera potrzebuje roku i czterech miesięcy na odnowienie tego, co ludzkość zużywa w ciągu jednego roku [56].

W większości krajów EF jest większy niż faktycznie dostępna powierzchnia (Tabela 1.7). Oznacza to, że te kraje znajdują się w narodowym ekologicznym deficycie, a to z kolei oznacza, że kraje te nie są w stanie same zapewnić swoim mieszkańcom bieżącej konsumpcji. Muszą zatem importować surowce oraz powodować zmniejszanie własnych zasobów. Przykładowo ekologiczny odcisk stopy miasta Londynu jest obszarowo równy obszarowi całej Wielkiej Brytanii. EF dla poszczególnych krajów jest obliczany corocznie z użyciem najbardziej wiarygodnych danych statystycznych pochodzących ze źródeł rządowych. Obliczeń dokonuje się przy pomocy specjalnie opracowanych programów komputerowych. Podstawowe obliczenia EF oparte są na danych statystycznych w przeliczeniu na jedną osobę i obejmują konsumpcje głównych dóbr narodowych na jednego mieszkańca w stosunku do całkowitej ilości dóbr

Tabela 1.7. Ekologiczny odcisk stopy dla wybranych krajów z roku 1997

Kraj	Liczba mieszkańców (w milionach)	Krajowy Ekologiczny Odcisk Stopy (w hektarach <i>per capita</i>)		
		Obliczony	Przypadający na statystycznego mieszkańca kraju	Deficyt (jeśli wartość jest ujemna)
1	2	3	4	5
ŚWIAT	5847	2,9	2,1	(-0,7)
Australia	18,2	8,9	9,4	0,5
Brazylia	163,1	2,2	10,9	8,7
Kanada	29,9	8,7	11,0	2,3
Chiny	1243,7	1,8	0,8	(-0,9)
Egipt	64,4	1,8	0,7	(-1,1)
Finlandia	5,1	8,2	9,6	1,4
Francja	58,5	7,3	4,1	(-3,2)
Niemcy	82,2	6,0	2,4	(-3,6)
Indie	960,2	0,7	0,7	(-0,0)
Japonia	125,6	5,6	0,8	(-4,8)
Holandia	15,7	6,3	2,2	(-4,1)
Polska	38,6	5,0	2,3	(-2,7)
Rosja	147,7	5,2	4,4	(-0,8)
Republika Południowej Afryki	43,3	3,8	1,2	(-2,7)
Szwecja	8,8	8,2	7,9	(-0,3)
Szwajcaria	7,3	6,5	2,1	(-4,4)
Wielka Brytania	58,4	6,3	1,7	(-4,6)
Stany Zjednoczone	271,6	12,5	5,5	(-7,0)

Źródło: [56].

skonsumowanych w danym rejonie lub społeczności w skali roku, gdzie konsumpcja według danych statystycznych to:

$$\text{konsumpcja} = \text{produkcja} + \text{import} - \text{eksport}.$$

Następnym krokiem jest oszacowanie powierzchni/obszaru (na jedną osobę), przypadającej na wyprodukowanie każdego z dóbr konsumpcyjnych, w celu uśrednienia rocznej konsumpcji danego dobra i porównania jej do produkcji z danego obszaru. Często podawanym w literaturze przykładem obliczania składowych EF

jest uprawa ziemniaków, gdzie składowe ekologiczne odcisku stopy dla tej uprawy można przedstawiać w następujący sposób:

$$\text{składowe EF} = (\text{produkcja} + \text{import} - \text{eksport}) / \text{plon roczny}.$$

Uzyskane składowe EF mają charakter porównawczy, w celu obliczenia EF dla danego obszaru sumuje się poszczególne składowe [41].

1.4.9. Metoda Wskaźnika X (Factor X)

Mówiąc o ekoefektywności, warto wspomnieć również o tak zwanym wskaźniku X (Factor X), który służy przede wszystkim do porównania różnych wariantów procesów prowadzących do wytworzenia tego samego rodzaju produktów [1]:

$$\text{Wskaźnik X} = \frac{\text{Ekoefektywność ocenianego produktu}}{\text{Ekoefektywność referencyjnego produktu}}.$$

Wskaźnik ten obrazuje, jak daleko, wytwarzając dany produkt, odbiegamy na plus lub na minus od średniego wskaźnika ekoefektywności, który zwykle przyjmowany jest jako wskaźnik podstawowy. Pozwala on również na śledzenie zmian zachodzących w ekoefektywności w trakcie modyfikacji procesu produkcyjnego.

Ekoefektywność oceniana tą metodą może rosnąć bądź przez minimalizację wpływu na środowisko lub przez maksymalizację wartości produktu [57].

Ekoefektywność i Wskaźnik X jest określana wzorem:

$$\text{Ekoefektywność} = P_{lc} / E_{lc} \cong P_d L_s / E_{dlc},$$

gdzie: P_{lc} – funkcjonalny efekt dostarczany przez produkt w jego cyklu życia,

E_{lc} – wpływ środowiskowy ocenianego produktu/usługi,

P_d – wzorcowy (referencyjny) wynik funkcjonalny,

E_{dlc} – wpływ środowiskowy referencyjnego produktu/usługi,

L_s – długość cyklu życia (faza użytkowania).

Efekt funkcjonalny produktu określa się na podstawie cech charakterystycznych, które są definiowane w katalogach i oceniane za pomocą znormalizowanych metod. Długość fazy użytkowania cyklu życia ustala się na etapie projektowania wyrobu.

Ekoefektywność wyrażana za pomocą Wskaźnika X skupia się na trzech kryteriach:

- ograniczenie globalnego ocieplenia, Wskaźnik X Globalnego Ocieplenia (GHG Factor X),
- efektywnie zużycie zasobów, Wskaźnik X Zasobów (Resource Efficiency Factor X),
- zarządzanie toksycznymi substancjami w aspekcie środowiskowym określanymi jako „substancje specyficzne” (specific chemical substances).

1. Wskaźnik X Globalnego Ocieplenia (*GHG Factor X*)

$$\text{GHG efektywność} = P_{lc}/G_{lc} \cong P_d L_s / G_{dlc}$$

$$\text{Wskaźnik X Globalnego Ocieplenia} = \frac{\text{GHG efektywność ocenianego produktu}}{\text{GHG efektywność referencyjnego produktu}},$$

gdzie: GHG_{lc} – emisja gazów cieplarnianych w cyklu życia produktu,
 GHG_{dlc} – emisja gazów cieplarnianych produktu referencyjnego.

2. Wskaźnik efektywności zużycia surowców (*Resource Efficiency Factor X*)

Zużycie surowców i obszaru gruntów stwarza konieczność efektywnego ich wykorzystania. Jako współczynnik wyrażający zużycie surowców przyjmuje się ukryty przepływ materiałowy (*Hidden Material Flow, HMF*), zwany także plecakiem ekologicznym (*Ecological Rucksack*).

$$\text{Efektywność zużycia surowców} = \frac{P_{lc}}{\sum RC \times R_{lc}} = \frac{P_d L_s}{\sum RC \times R_{lsc}}$$

$$\text{Wskaźnik X Zasobów} = \frac{\text{Efektywność wykorzystania surowców ocenianego produktu}}{\text{Efektywność wykorzystywania surowców referencyjnego produktu}},$$

gdzie: RC – współczynnik zużycia surowców – HMF,

R_{lc} – użyte surowce (do produkcji analizowanego produktu) i odpady po wykorzystaniu tych surowców.

3. Substancje toksyczne

Z powodu braku danych dotyczących jakości zasobów oraz danych dotyczących identyfikacji substancji toksycznych zawarty w surowcach i z powodu obowiązywania Dyrektywy RoHS (dot. nieużywania materiałów toksycznych w wyrobach elektronicznych) obecnie są one pomijane w obliczeniach prezentowanych w literaturze. Zużycie energii uwzględniono jako efekt cieplarniany pomijając zużycie surowców i gruntu.

W Tabelach 1.8 i 1.9 przedstawiono zestawienie metodyki obliczania efektywności z zastosowaniem Wskaźnika X [58].

Tabela 1.8. Metodyka obliczania efektywności z zastosowaniem Wskaźnika X

Pojęcie	Definicja
Efektywność zużycia energii (<i>energy efficiency</i>)	$\frac{\text{Czas użytkowania produktu} \times \text{funkcja produktu}}{\text{Emisja gazów cieplarnianych w całym cyklu życia (GHG)}}$
Efektywność zużycia surowców (<i>resource efficiency</i>)	$\frac{\text{Czas użytkowania produktu} \times \text{funkcja produktu}}{\Sigma \text{RC} \times (\text{użyte nowe surowce} + \text{odpady surowcowe}) \text{ w całym cyklu życia}} =$ $\frac{\text{Czas użytkowania produktu} \times \text{funkcja produktu}}{\Sigma \text{RC} \times [(\text{użyte surowce} - \text{surowce z recyklingu}) + (\text{użyte surowce} - \text{powtórnie użyte surowce}) \text{ w całym cyklu życia}]} =$ $\frac{\text{Czas użytkowania produktu} \times \text{funkcja produktu}}{\Sigma \text{RC} \times (2 \times \text{użyte surowce} - \text{surowce z recyklingu} - \text{surowce powtórnie użyte}) \text{ w całym cyklu życia}} =$ <p style="text-align: center;">RC współczynnik zużycia zasobów (obecnie przyjmowany 1)</p>
Toksyczne substancje (<i>specific chemical substances</i>)	Ołów, kadm, rtęć, chrom (sześciowartościowy), bromowe i chlorowe uniepalniacze, PVC (tylko lista, ponieważ analiza ryzyka środowiskowego dla tych substancji jest w opracowaniu)

Źródło: opracowanie własne na podstawie [58].

Tabela 1.9. Metodyka obliczania Wskaźnika X

Pojęcie	Definicja
Faktor efektywności zużycia energii (<i>energy efficiency</i>)	$\frac{\text{Efektywność GHG analizowanego produktu (usługi)}}{\text{Efektywność GHG referencyjnego produktu (usługi)}}$
Faktor zużycia surowców (<i>resource efficiency</i>)	$\frac{\text{Efektywność wykorzystania zasobów analizowanego produktu (usługi)}}{\text{Efektywność wykorzystania zasobów referencyjnego produktu usługi}}$

Źródło: opracowanie własne na podstawie [58].

Wskaźnik X jest wykorzystywany dla obrazowania efektywności zmian w technologii oraz do ilościowej oceny wpływu na środowisko tzw. zielonych produktów.

1.5. Badania i rozwój analiz efektywności

Przedsiębiorstwa z różnych branż wykazują coraz większe zainteresowanie analizą efektywności. Na podstawie przeglądu literatury [8–23] stwierdzono, że do oceny efektywności wykorzystywane są różne metody i techniki ekonomiczne

i środowiskowe, coraz częściej stosuje się również narzędzia modelowania matematycznego. Kwestie oceny ekoefektywności oraz zastosowania modelowania, ze szczególnym uwzględnieniem metody DEA (*Data Envelopment Analysis*) zostały przedstawione m.in. w publikacjach [24–30]. Organizacja BASF ma największe doświadczenie we wdrażaniu metod oceny ekoefektywności, czego przykładem jest opracowanie metody SEEBALANCE czy też stworzenie narzędzia *Ecovio Eco-Efficiency Compass* wykorzystującego sieć www interfejsu, która umożliwia kombinacje wielu parametrów odgrywających ważną rolę dla ekologicznego profilu planowanego produktu [31].

W Głównym Instytucie Górnictwa również od lat prowadzi się analizy ekoefektywności różnych technologii. W tym celu doskonalone są różne narzędzia i techniki tej oceny, a także wykorzystywane są metody sztucznej inteligencji [1, 32–34].

1.6. Literatura

1. Model ekologicznego i ekonomicznego prognozowania wydobycia i użytkowania czystego węgla, tom 2 Ekoefektywność technologii czystego spalania węgla, Praca zbiorowa pod redakcją K. Czaplickiej i M. Ściążko, Główny Instytut Górnictwa, Katowice 2004.
2. Berkel R. van: Eco-efficiency in the Australian Minerals Processing Sector, *Journal of Cleaner Production* 15 (2007) 772–781.
3. Eco-efficiency – state of art, <http://www.p2pays.org> (18.07.2011).
4. Huppés G., Ishikawa M.: A Framework for Quantified Eco-efficiency Analysis, *Journal of Industrial Ecology*, Vol. 9, 4, 2005, s. 25–41.
5. Ekins P.: Eco-efficiency. Motives, Drivers and Economic Implications, *Journal of Industrial Ecology*, Vol. 9, Nr 4, 2005, s. 12–14.
6. Eco-efficiency: Global Challenges and Opportunities in the 21st Century. Part 2 Five Winds International, 2000.
7. Huppés G., Ishikawa M.: Eco-efficiency and Its Terminology, *Journal of Industrial Ecology*, vol. 9, 4, 2005, s. 43–46.
8. Middelaar C.E., Berentsen P.B.M., Dolman M.A., de Boer I.J.M.: Eco-efficiency in the production chain of Dutch semi-hard cheese, *Livestock Science* Volume: 139, Issue: 1–2, July, 2011, s. 91–99.
9. Lee, Ji-Yong; Cha, Kyoung-Hoon; Lim, Tae-Won; Hur, Tak: Eco-efficiency of H₂ and Fuel Cell Buses, *International Journal of Hydrogen Energy*, Vol. 36, 2, 2011, s. 1754–1765.
10. Zabalza Bribián I., Valero Capilla A., Aranda Usón A.: Life Cycle Assessment of Building Materials: Comparative Analysis of Energy and Environmental Impacts and Evaluation of the Eco-efficiency Improvement Potential, *Building and Environment* Vol. 46, 5, 2011, s. 1133–1140.
11. Iribarren D., Hospido A., Moreira M.T., Feijoo G.: Benchmarking Environmental and Operational Parameters through Eco-efficiency Criteria for Dairy Farms, *Science of the Total Environment* Vol. 409, 10, 2011, s. 1786–1798.

12. Li D., Zhu J., Hui E.C.M., Leung B.Y.P., Li Q.: An Emergy Analysis-based Methodology for Eco-efficiency Evaluation of Building Manufacturing, *Ecological Indicators* Vol. 11, 5, 2011, s. 1419–1425.
13. Chakraborty S., Islam T.: Financial Viability and Eco-efficiency of the Solar Home Systems (SHS) in Bangladesh, *Energy* Vol. 36, 8, 2011, s. 4821–4827.
14. Quariguasi Frota Neto J., Walther G., Bloemhof J., van Nunen J.A., Spengler T.: A Methodology for Assessing Eco-efficiency in Logistic Networks, *European Journal of Operational Research*, vol. 193, 3, 2009, s. 670–682.
15. Charmondusit K., Keartpakpraek K.: Eco-efficiency Evaluation of the Petroleum and Petrochemical Group in the Map Ta Phut Industrial Estate, Thailand, *Journal of Cleaner Production* Vol.19, 2-3, 2011, s. 241–252.
16. Thant M.M., Charmondusit K.: Eco-efficiency Assessment of Pulp and Paper Industry in Myanmar, *Clean Technologies and Environmental Policy* Vol. 12, 4, 2010, s. 427–439.
17. Michelsen O., Fet A.: Using Eco-efficiency in Sustainable Supply Chain Management; a Case Study of Furniture Production, *Clean Technologies and Environmental Policy* Vol. 12, 5, 2010, s. 561–570.
18. Frischknecht R.: LCI Modelling Approaches Applied on Recycling of Materials in view of Environmental Sustainability, Risk Perception and Eco-efficiency, *The International Journal of Life Cycle Assessment* Vol. 15, 7, 2010, s. 666–671.
19. Vercauteren A., Spirinckx C., Geerken T.: Life Cycle Assessment and Eco-efficiency Analysis of Drinking Cups used at Public Events, *The International Journal of Life Cycle Assessment* Vol. 15, 2, 2010, s. 221–230.
20. Caneghem J. Van, Block C., Van Hooste H., Vandecasteele C.: Eco-efficiency Trends of the Flemish Industry: Decoupling of Environmental Impact from Economic Growth, *Journal of Cleaner Production* Vol. 18, 14, 2010, s. 1349–1357
21. Damineli B.L., Kemeid F.M., Aguiar P.S., Vanderley M.J.: Measuring the Eco-efficiency of Cement Use, *Cement and Concrete Composites* Vol. 32, 8, 2010, s. 555–562.
22. Li D.Z., Hui E.C.M., Leung B.Y.P., Li Q.M., Xu X.: A Methodology for Eco-efficiency Evaluation of Residential Development at City Level, *Building and Environment* Vol. 45, 3, 2010, s. 566–573.
23. Hahn T., Figge F., Liesen A., Barkemeyer R.: Opportunity Cost Based Analysis of Corporate Eco-efficiency: A Methodology and its Application to the CO₂-efficiency of German Companies, *Journal of Environmental Management* Vol. 91, 10, 2010, s. 1997–2007.
24. Picazo-Tadeo A.J., Reig-Martínez E., Gómez-Limón J.A.: Assessing Farming Eco-efficiency: A Data Envelopment Analysis Approach. *Journal of Environmental Management* 92, 2011, s. 1154–1164.
25. Wang G., Côté R.: Integrating Eco-efficiency and Eco-effectiveness into the Design of Sustainable Industrial Systems in China. *International Journal of Sustainable Development and World Ecology* 18(1), 2011. s. 65–77.

26. Wursthorn S., Poganietz W.R., Schebek L.: Economic-environmental Monitoring Indicators for European Countries: A disaggregated Sector-based Approach for Monitoring Eco-efficiency. *Ecological Economics* 70(3), 2011, s. 487–496.
27. Yang F., Li Y., Liang L., Wu D.: Modelling Undesirable Outputs in Ecoefficiency Evaluation to Paper Mills along the Huai River based on Shannon DEA. *International Journal of Environment and Sustainable Development* 10(1), 2011, s. 36–47.
28. Zhao W., Huppel G., Voet E. van der: Eco-efficiency for Greenhouse Gas Emissions Mitigation of Municipal Solid Waste Management: A Case study of Tianjin, China. *Waste Management*, 2011 (in press).
29. Picazo-Tadeo A.J., Beltrán-Estevé M., Gómez-Limón J.A.: Assessing Eco-efficiency with Directional Distance Functions, Working Papers in Applied Economics, WPAE-Spain 2011.
30. Oggioni G., Riccardi R., Toninelli R.: Eco-efficiency of the World Cement Industry: A Data Envelopment Analysis, *Energy Policy* Vol. 39, 5, 2011, s. 2842–2854.
31. <http://www.basf.com> (17.08.2011).
32. Czaplicka-Kolarz K., Burchart-Korol D., Krawczyk P.: Metodyka analizy ekoefektywności, *Journal of Ecology and Health*, nr 6 (84) 2010, s. 267–272.
33. Czaplicka-Kolarz K., Burchart-Korol D., Krawczyk P.: Eco-efficiency Analysis Methodology on the Example of the Chosen Polyolefins Production, *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, vol. 43, 1, 2010, s. 469–475.
34. Gola S., Burchart-Korol D., Czaplicka-Kolarz K., Wieczorek T.: Application of Neural Network for the Prediction of Eco-efficiency Lecture Notes in Computer Science, D. Liu et al. (Eds.): ISBN 2011, Part III, LNCS 6677, s. 380–387, 2011 (Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2011).
35. Saling P., Kicherer A., Dittrich-Kramer B., Wittlinger R., Zombik W., Schmidt I., Schrott W., Schmidt S.: Eco-efficiency Analysis by BASF: The Method, *International Journal of LCA* 7 (4) 2002, s. 203–218.
36. Rudenauer I., Gensch C.O., Grieshammer R., Bunke D., Integrated Environmental and Economic Assessment of Products and Processes. A Method for Eco-efficiency Analysis, *Journal of Industrial Ecology*, vol. 9 number 4 2005, s. 105–116.
37. <http://www.dantes.info> (20.07.2011).
38. Schmidt I.: Managing Socio-Efficiency of Products and Processes – Further Development of the BASF Eco-Efficiency Analysis by the Social Sustainability Dimension, oikos PhD summer academy 2003 “Sustainability Management, Marketing and Consumption”, 2003.
39. Berkel R. van: Eco-efficiency in Primary Metals Production: Context, Perspectives and Methods, *Resources, Conservation and Recycling* 51 (2007) 511–540.
40. United Nations: Eco-eciency Indicators: Measuring Resource-use Eciency and the Impact of Economic Activities on the Environment, 2009, ST/ESCAP/2561 <http://www.unescap.org/>.
41. Integrating Environmental and Financial Performance at the Enterprise Level: A Methodology for Standardizing Eco-efficiency Indicators, UNCTAD 2001.

42. A Manual for the Preparers and Users of Eco-efficiency Indicators v.1.1, United Nations, New York and Geneva, 2004, UNCTAD/ITE/IPC/2003/7.
43. Strona internetowa przedsiębiorstwa „Ciba”, wskaźniki ekoefektywności na przestrzeni lat według metodyki UNCTAD: <http://www.ciba.com/index/cmp-index/cmp-ehs/cmp-ehs-efficiency.htm>.
44. National Round Table on the Environment and the Economy, Measuring Eco-efficiency in Business: Feasibility of a Core Set of Indicators, Ottawa 1999.
45. National Round Table on the Environment and the Economy, Workbook Calculating Eco-efficiency Indicators: A Workbook for Industry, Ottawa 2001.
46. Guinee J.B.: Handbook on Life Cycle Assessment. Operational guide to the ISO standards. <http://www.leidenuniv.nl/>.
47. Bennett M., James P., Klinkers L.: Sustainable Measures. Evaluation and Reporting of Environmental and Social Performance, Sheffield, UK: Greenleaf Pub., 1999, fragmenty dostępne na stronie internetowej: <http://books.google.pl/>.
48. DeSimone L.D., Popoff F.: WBCSD Eco-efficiency: the Business Link to Sustainable Cambridge, Mass: MIT Press, c1997, fragmenty książki dostępne na stronie internetowej <http://books.google.pl/>.
49. Tahara K., Sagisaka M., Yamaguchi K., Inaba A.: Comparison of „CO₂ Efficiency Between Company and Industry, Journal of Cleaner Production 13(2005) 1301–1308
50. Zasady środowiskowego projektowania obiektów technicznych dla potrzeb zarządzania ich cyklem życia, P. Kurczewski i A. Lewandowska (red.), KMB DRUK, Poznań 2008.
51. Rithoff M., Rohn H., Liedtke C.: Calculating MIPS. Resource Productivity of Products and Services, Wuppertal Spezial 27e, Wuppertal Inst tute for Climate, Environment and Energy, wersja elektroniczna na stronie internetowej: <http://www.wupperinst.org>.
52. Fani Cahyandito M., The MIPS Concept (Material Input Per Unit of Service): A Measure for an Ecological Economy, Department of Management and Business, Padjadjaran University, 2009.
53. Chainet, Tools: Material Intensity Analysis (MAIA), <http://www.leidenuniv.nl/>.
54. Chainet, Tools: Material Flow Accounting/Substance Flow Analysis (MFA/SFA), <http://www.leidenuniv.nl/>.
55. Reisinger H.: Material Flow Analysis (MFA) for Resource Policy Decision Support Position Paper of the Interest Group on the Sustainable Use of Natural Resources on the needs for further development of MFA-based indicators, 2009.
56. <http://www.rppprogress.org> (20.07.2011).
57. Taeko A.: Eco-efficiency and Ecodesign in Electrical and Electronic Products. Journal of Cleaner Production 15 (2007) 1406–1414.
58. Taeko A.: Introduction and Development of a Factor X (Eco-Efficiency Tool, 2003 IEEE International Symposium on Electronics and the Environment & the IAER Electronics Recycling SummitSM Electronics Goes Green 2003. International Congress and Exhibition: Life-Cycle Environmental Stewardship for Electronic Products.

WYBÓR TECHNOLOGII DO BUDOWY MODELU

Jednym z kluczowych działań związanych z opracowaniem modelu oceny efektywności technologii zrównoważonego rozwoju była analiza i selekcja technologii referencyjnych do jego budowy. Wybór ten został dokonany w oparciu o przeprowadzony przegląd 17 projektów foresight, w ramach którego została opracowana lista technologii, która następnie została pogrupowana w trzech obszarach tematycznych:

- Energia i jej zasoby – grupa I,
- Nowe materiały i technologie – grupa II,
- Ochrona środowiska – grupa III.

W ramach prac zostały przeanalizowane projekty foresight zarówno zakończone, jak i będące podówczas w trakcie realizacji, tj.: Narodowy Program Foresight POLSKA 2020, foresighty regionalne oraz branżowe. Projekty były analizowane pod kątem technologii źródłowych, technologii priorytetowych, scenariuszy wdrażania oraz zapisów tzw. map drogowych.

Przegląd projektów foresight pozwolił na zidentyfikowanie technologii priorytetowych, jakie były poddane szczegółowym wielokryterialnym analizom możliwości i uwarunkowań ich rozwoju i wdrożenia z uwzględnieniem przyjętego horyzontu czasowego oraz kryteriów. Rezultatem dokonanego przeglądu była lista technologii, które jako wzorcowe posłużyły do **budowy modelu pozwalającego na ocenę efektywności technologii**.

Poziom szczegółowości informacji (szczególnie technicznych) w analizowanych projektach foresight o danych technologiach jest zróżnicowany. W większości projektów foresight jednoznacznie precyzowały jedynie, jakie są to technologie i jaki jest (był) ich stan rozwoju w okresie prowadzenia badań. Ponadto część obszarów badań dotyczyła grup technologii lub kierunków (rodzajów) technologicznych, a technologie rozumiane były nie tylko jako produkty działalności inżynierskiej, ale także w szerszym kontekście jako całość wiedzy dotyczącej konkretnej metody wytwarzania danego produktu czy też uzyskania określonego efektu przemysłowego lub usługowego.

W celu prawidłowej klasyfikacji zidentyfikowanych technologii do poszczególnych grup kierowano się wskazaniem (określonymi na etapie studium wykonalności) co do technologii będących przedmiotem analiz ekoefektywności:

- technologie produkcji dóbr wymiernych,
- technologie poprawiające właściwości, cechy lub jakość produktu w celu stworzenia pożądanej przewagi rynkowej,
- technologie modyfikujące proces lub system wytwarzania,
- technologie zorientowane na usługi techniczne (techniki modelowania, poprawa produktywności, inżynieria produkcji).

Prace przeglądowe wykazały również, że część projektów regionalnych (np. projekt pn. „Wdrożenie Regionalnej Strategii Innowacji na Dolnym Śląsku UPRIS”, „Foresight technologiczny na rzecz zrównoważonego rozwoju Małopolski”), zorientowanych na identyfikację powiązań społeczno-gospodarczych w danym regionie, nie zawiera bezpośrednich zapisów oraz odniesień do technologii. Ponadto zakres tematyczny niektórych projektów (projekt pn. „Scenariusze rozwoju technologicznego przemysłu wydobywania i przetwórstwa węgla brunatnego”) jest na tyle wąski, że analiza przyjętych rozwiązań technologicznych została przeprowadzona poprzez weryfikację zbieżności dorobku I grupy tematycznej Energia z analizowanym projektem.

2.1. Metodyka

Dla zapewnienia spójności wyników realizowanej procedury wyboru technologii oraz możliwości ich wykorzystania na dalszych etapach prac w projekcie, w Głównym Instytucie Górnictwa została opracowana autorska metodyka gromadzenia, selekcji i weryfikacji informacji zawartych w projektach foresight poprzez zestawianie ich w sekwencji kart przeglądowych.

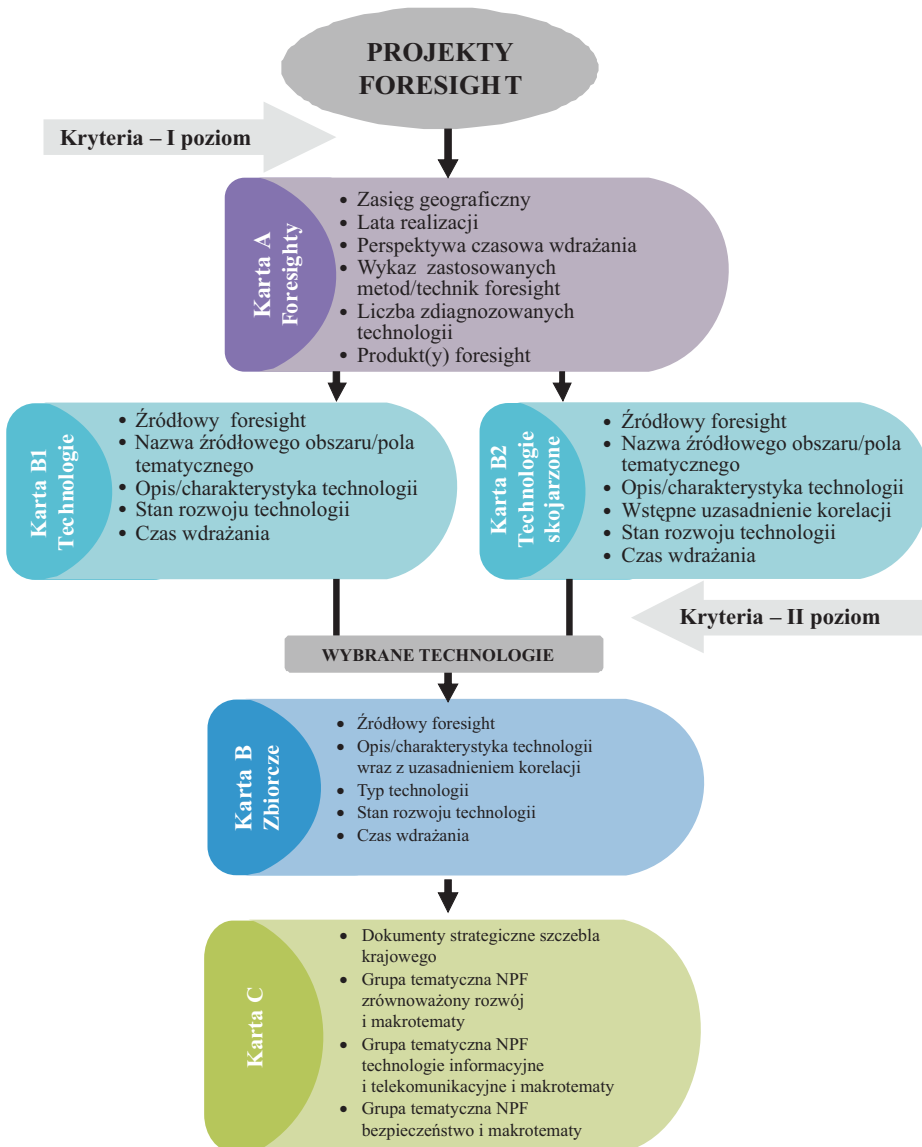
Metodyka przeglądu obejmowała prace z następującymi formularzami, tzw. kartami przeglądowymi:

- **Karta A** jest kartą zawierającą podstawowe informacje o każdym z analizowanych projektów foresight.
- **Karta B1** zawiera informację na temat technologii, która mieści się w jednej z trzech grup tematycznych: technologii środowiskowych, energetycznych i materiałowych.
- **Karta B2** zawiera informację na temat technologii skojarzonych z innymi grupami tematycznymi, tj. środowisko–energia, środowisko–materiały.
- **Karta B zbiorcza** zawiera szczegółowe informacje na temat wytypowanych technologii środowiskowych, energetycznych i materiałowych.
- **Karta C** służy przedstawieniu powiązania realizowanego przedsięwzięcia z Narodowym Programem Foresight POLSKA 2020.

Szczegółowe informacje na temat kart przeglądowych oraz procedury wyboru technologii znajdują się w Raporcie pn. Lista przykładowych technologii na podsta-

wie przeglądu projektów typu foresight wykonanego w ramach Zadania 2.2 przedmiotowego projektu.

Syntetyczny przebieg procedury wyboru technologii według opracowanej metodyki zobrazowano na Rysunku 2.1.



Rys. 2.1. Przebieg procedury wyboru technologii

Źródło: opracowanie własne.

Analizy przeglądowe projektów foresight były prowadzone z wykorzystaniem przyjętych odpowiednich zestawów kryteriów (I poziom), w wyniku których dokonano wyboru przykładowych technologii/grup technologii. Analizowane projekty foresight wraz z określoną liczbą wskazanych technologii zostały zestawione w karcie A.

Kwalifikacja technologii dotyczyła tylko tych, które zostały uznane za priorytetowe w danym projekcie foresight i ujęte w scenariuszach realistycznych (w zależności od ilości i charakteru scenariuszy). W przypadku gdy dana technologia uznana za priorytetową nie znalazła swego miejsca w scenariuszu rozwojowym (np. ze względu na przyjętą metodykę ich opracowywania, tj. bez odniesienia do konkretnych technologii/grup technologii), również była poddawana kwalifikacji.

Wybór technologii energetycznych (grupa I) przeprowadzono w oparciu o następujące kryteria:

- aktualny stan rozwoju technologii,
- perspektywy rozwoju,
- dostępność danych prawdopodobnie wymaganych dla dokonania oceny.

Jako podstawę wyboru technologii materiałowych (grupa II) również przyjęto ww. kryteria kwalifikowalności oraz dodatkowo, jako kryterium wspomagające przyjęto ujęcie danej technologii w realistycznej i optymistycznej wizji rozwoju danego obszaru.

W przypadku wyboru technologii środowiskowych (grupa III) kierowano się następującymi kryteriami kwalifikowalności:

1. Czy dana technologia wpłynie korzystnie na stan środowiska naturalnego?
2. Czy technologia ma potencjalnie negatywny wpływ na środowisko?
3. Czy technologia jest elementem procesu mającego korzystny wpływ na środowisko?
4. Czy technologia ma na celu poprawę/wdrożenie procesu lub działań zmierzających do sprostania wzrastającym rygorom i wymaganiom przepisów ochrony środowiska?
5. Czy technologia może przyczynić się/stanować element wdrażania BAT?
6. Jaki jest stan i perspektywy wdrażania danej technologii?
7. Na ile rozpoznanie danej technologii implikuje możliwość zdobycia danych szczegółowych dla przeprowadzenia oceny efektywności?

Zgodnie z przyjętą metodyką, w wyniku przeprowadzonej analizy projektów foresight w oparciu o powyższe kryteria w grupie środowisko, technologie materiałowe i energetyczne, opracowano karty B1 i B2. Analizy 17 projektów foresight, zestawionych w Tabeli 2.1, pozwoliły na **wytypowanie 397 technologii w trzech grupach tematycznych** jako zbioru potencjalnych technologii służących budowie modelu oceny efektywności.

Tabela 2.1. Analizowane projekty foresight

Lp.	Nazwa	Koordynator/partner wiodący	Liczba wytypowanych technologii do budowy modelu
1	Narodowy Program Foresight POLSKA 2020	Instytut Podstawowych Problemów Techniki Polskiej Akademii Nauk	0
FORESIGHTY REGIONALNE			
2	Foresight technologiczny na rzecz zrównoważonego rozwoju Małopolski	Małopolska Szkoła Administracji Publicznej Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie	0
3	LORIS Wizja. Regionalny foresight technologiczny	Uniwersytet Łódzki – Centrum Doskonałości w Zakresie Gospodarki Opartej na Wiedzy KNOWBASE	2
4	Regionalna Strategia Innowacji dla Województwa Łódzkiego LORIS PLUS	Centrum Doskonałości Uniwersytetu Łódzkiego	3
5	Monitorowanie i prognozowanie (foresight) priorytetowych, innowacyjnych technologii dla zrównoważonego rozwoju województwa mazowieckiego	Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów	5
6	Priorytetowe technologie dla zrównoważonego rozwoju województwa śląskiego	Politechnika Śląska w Gliwicach	59
7	Priorytetowe technologie dla zrównoważonego rozwoju województwa podkarpackiego	Politechnika Rzeszowska	6
8	Wdrożenie Regionalnej Strategii Innowacji na Dolnym Śląsku UPRIS	Urząd Marszałkowski Województwa Dolnośląskiego	0
9	Priorytetowe technologie dla zrównoważonego rozwoju województwa świętokrzyskiego	Politechnika Świętokrzyska w Kielcach	4
FORESIGHTY BRANŻOWE			
10	Foresight technologiczny odlewnictwa polskiego	Instytut Odlewnictwa	5
11	Foresight technologiczny w zakresie materiałów polimerowych	Główny Instytut Górnictwa	102
12	Scenariusze rozwoju technologicznego przemysłu wydobywania i przetwórstwa węgla brunatnego	Instytut Górnictwa Odkrywkowego Poltegor	0
13	Scenariusze rozwoju technologii nowoczesnych materiałów metalicznych, ceramicznych i kompozytowych	Instytut Podstawowych Problemów Techniki PAN	7
14	Kierunki rozwoju technologii materiałowych na potrzeby klastra lotniczego „Dolina Lotnicza”	Stowarzyszenie Grupy Przedsiębiorców Przemysłu Lotniczego „DOLINA LOTNICZA”	19
15	Scenariusze rozwoju technologicznego przemysłu wydobywczego rud miedzi i surowców towarzyszących w Polsce	KGHM Cuprum Sp. z o.o. CBR we Wrocławiu	121
16	Scenariusze rozwoju technologicznego przemysłu wydobywczego węgla kamiennego	Główny Instytut Górnictwa	1
17	Scenariusze rozwoju technologicznego kompleksu paliwowo-energetycznego dla zapewnienia bezpieczeństwa energetycznego kraju	Główny Instytut Górnictwa	63

Źródło: opracowanie własne.

Mając na uwadze wielkość zbioru technologii wytypowanych na etapie kart A oraz B1 i B2, obejmującego 397 technologii, a także konieczność jego zawężenia na potrzeby opracowania algorytmu oceny efektywności, przyjęto i zastosowano kryteria (poziom II) służące wskazaniu najbardziej reprezentatywnych technologii do dalszych analiz (karty B zbiorcze). Przedmiotowe kryteria obejmowały:

1. Stan wdrażania technologii (technologie wdrażane, dojrzałe oraz technologie przyszłościowe/prototypowe/przygotowywane ze wskazaniem na rok wdrażania 2010).
2. Ilość i wiarygodność potencjalnych źródeł informacji o technologii (jednostka badawcza, zakład doświadczalny, zakład przemysłowy, branża gospodarcza, grupa zainteresowanych podmiotów, dostępne publikacje itp.).
3. Wartość dodana wynikająca z wdrożenia technologii (ocena ekspercka) w oparciu o analizę spełnienia jednej bądź kilku cech oddziaływania danej technologii (wg klasyfikacji ETAP):
 - oszczędności zużycia wody i surowców,
 - oszczędności energii,
 - stopień redukcji zużycia substancji niebezpiecznych,
 - umożliwienie recyklingu wody, surowców, energii,
 - stopień użycia energii i materiałów odnawialnych,
 - redukcja emisji,
 - redukcja zanieczyszczenia środowiska,
 - pozytywny wpływ na zdrowie człowieka i jakość życia,
 - pozytywny wpływ na gospodarkę rolną i zwierzęcą,
 - poprawa działania,
 - poprawa efektywności,
 - poprawa trwałości,
 - tworzenie nowych miejsc pracy,
 - uwzględnienie zasad sprawiedliwości społecznej,
 - niekorzystne cechy ekologiczne,
 - niekorzystne cechy ekonomiczne,
 - niekorzystne oddziaływania społeczne.
4. Liczba zidentyfikowanych odniesień do celów nowej Polityki Ekologicznej Państwa, w szczególności w zakresie zapisów określonych w rozdziale 4 – Poprawa jakości środowiska i bezpieczeństwa ekologicznego, które dotyczą celów średnio-okresowych do 2016 r. oraz kierunków działań w latach 2009–2012 w następujących grupach zagadnień:
 - 4.2. Jakość powietrza,
 - 4.3. Ochrona wód,
 - 4.4. Gospodarka odpadami,
 - 4.5. Oddziaływanie hałasu i pól elektromagnetycznych,
 - 4.6. Substancje chemiczne w środowisku.

5. Skala oddziaływania – technologie zarówno z tabeli B1 jak i B2 tworzą spójną grupę zagadnień mogącą stanowić poprawę analiz efektywności w ramach danego sektora/branży.
6. Kryterium precyzji opisu – opisana technologia jest kierunkiem technologicznym obejmującym szerokie spektrum zagadnień, co będzie stanowiło barierę w zgromadzeniu reprezentatywnych danych na kolejnych etapach prac.

W wyniku przeprowadzonych analiz w oparciu o powyższe kryteria uzyskano zbiory technologii w poszczególnych grupach tematycznych. **Wynikowe zbiory technologii zostały przedstawione w tzw. kartach B zbiorczych.**

Kolejnym etapem prac służącym wyborowi technologii była korelacja zidentyfikowanych technologii z grupami tematycznymi i makrotematami NPF 2020 oraz dokumentami strategicznymi szczebla krajowego w ramach kart C. Etap ten miał na celu weryfikację i potwierdzenie trafności przeprowadzonych dotychczas prac analitycznych. Założeniem prac na etapie kart C było sprawdzenie, czy wskazane technologie, mające stanowić podstawę budowania modelu oceny efektywności, są zbieżne z polityką protechnologicznego rozwoju kraju.

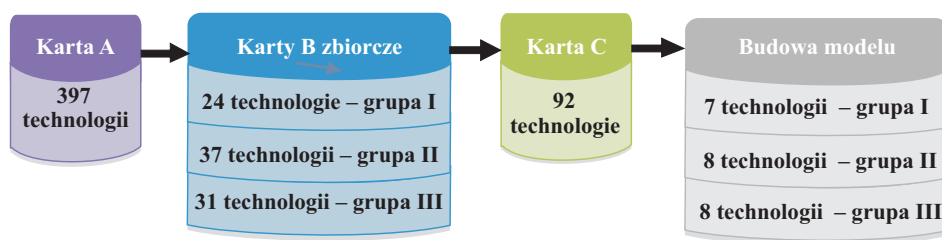
Korelacji technologii dokonano w ramach następujących 3 pól badawczych Narodowego Programu Foresight POLSKA 2020:

- ZRÓWNOWAŻONY ROZWÓJ POLSKI
 - Jakość życia
 - Źródła i wykorzystywanie zasobów energetycznych
 - Kluczowe problemy ekologiczne
 - Technologie na rzecz ochrony środowiska
 - Zasoby naturalne
 - Nowe materiały i technologie
 - Transport
 - Integracja polityki ekologicznej z politykami sektorowymi
 - Polityka produktowa
- TECHNOLOGIE INFORMACYJNE I TELEKOMUNIKACYJNE
 - Zrównoważony rozwój regionów i obszarów
 - Dostęp do informacji
 - ICT a społeczeństwo
 - ICT a edukacja
 - E-Biznes
 - Nowe media
- BEZPIECZEŃSTWO
 - Bezpieczeństwo ekonomiczne (zewnętrzne i wewnętrzne)
 - Bezpieczeństwo intelektualne
 - Bezpieczeństwo socjalne
 - Bezpieczeństwo techniczno-technologiczne
 - Rozwój społeczeństwa obywatelskiego

Przeprowadzona analiza wykazała, że zasadnicza większość zidentyfikowanych technologii/grup technologicznych mieści się w co najmniej jednym polu rozważań NPF2020. Dominowały korelacje wynikające z bezpośredniego przyporządkowania danej technologii do grupy tematycznej, natomiast kilka technologii wykazywało zgodność z 3 a nawet 4 polami tematycznymi NPF. Natomiast makrotematy z pola tematycznego BEZPIECZEŃSTWO nie wykazały korelacji ze zidentyfikowanymi technologiami.

2.2. Wstępna lista technologii na podstawie przeglądu foresight

W wyniku przeprowadzonego przeglądu projektów foresight i analiz eksperckich wytypowano i scharakteryzowano 92 technologie w ramach kart B zbiorczych oraz kart C, co prezentuje Rysunek 2.2.



Rys. 2.2. Przebieg wyboru technologii na etapie poszczególnych kart przeglądowych

Źródło: opracowanie własne na podstawie analizy kart przeglądowych.

Do budowy modelu oceny efektywności wykorzystano technologie zestawione w Tabeli 2.2. Analizując poszczególne technologie wykorzystywano dane eksploatacyjne (technologiczne i ekonomiczne) pochodzące z konkretnych instalacji wykorzystujących te technologie.

Tabela 2.2. Technologie wykorzystane do budowy modelu oceny efektywności

Nazwa technologii/instalacji	Opis technologii/instalacji
TECHNOLOGIE ENERGETYCZNE	
E-08 Spalanie węgla w kotłach pyłowych w parametrach ultranadkrytycznych USCPC	Elektrownia z kotłem pyłowym na parametry ultranadkrytyczne (4000 psi/1350F/1400F) w technologii spalania w powietrzu z usuwaniem, transportem i składowaniem CO ₂ . Sposób wychwytu CO ₂ – ze strumienia spalin po procesie spalania (ang. <i>post-combustion</i>) z zastosowaniem technologii Fluor Econamine Plus, polegającej na absorpcji gazu w monoetanolaminie (MEA). Skuteczność wychwytu CO ₂ : 90%. Moc instalacji 550,0 MW _e . Paliwo – lignit o wartości opałowej 26 171 kJ/kg. Wskaźnik dyspozycyjności dla instalacji – 85%. Sprawność netto instalacji: 33,2%. Dokładność szacunków kosztów: ± 30%.

cd. →

Nazwa technologii/installacji	Opis technologii/installacji
E-09 Spalanie węgla w kotłach pyłowych w parametrach nadkrytycznych SCPC	Elektrownia z kotłem pyłowym na parametry nadkrytyczne (3500 psi/1110F/1150F) w technologii spalania w powietrzu z usuwaniem, transportem i składowaniem CO ₂ . Sposób wychwytu CO ₂ – ze strumienia spalin po procesie spalania (ang. <i>post-combustion</i>) z zastosowaniem technologii Fluor Econamine Plus, polegającej na absorpcji gazu w monoetanolamianie (MEA). Skuteczność wychwytu CO ₂ : 90%. Moc instalacji 550,0 MWe. Paliwo – lignit o wartości opałowej 26 171 kJ/kg. Wskaźnik dyspozycyjności dla instalacji – 85%. Sprawność netto instalacji: 28,3%. Dokładność szacunków kosztów: ± 30%.
E-10 Spalanie węgla w kotłach fluidalnych w parametrach nadkrytycznych SFBC	Elektrownia z kotłem fluidalnym pracującym pod ciśnieniem atmosferycznym na parametry nadkrytyczne pary (3500 psi/1110°F/1150°F). Technologia spalania w powietrzu z usuwaniem, transportem i składowaniem CO ₂ . Sposób wychwytu CO ₂ – ze strumienia spalin po procesie spalania (ang. <i>post-combustion</i>) z zastosowaniem procesu absorpcji w monoetanolamianie (MEA). Skuteczność wychwytu CO ₂ : 90%. Moc instalacji 402,0 MWe. Paliwo – lignit o wartości opałowej 26 171 kJ/kg. Wskaźnik dyspozycyjności dla instalacji – 85%. Sprawność netto instalacji: 28,2%.
E-11 Spalanie węgla w tlenie (Oxyspalanie)	Elektrownia z kotłem pyłowym na parametry nadkrytyczne (3500 psi/1110F/1150F) w technologii spalania tlenowego z usuwaniem, transportem i składowaniem CO ₂ . Moc instalacji 550,01 MWe. Paliwo – lignit o wartości opałowej 26 171 kJ/kg. Tlen do spalania o czystości 95% produkowany jest w technologii kriogenicznej. Wskaźnik dyspozycyjności dla instalacji – 85%. Dokładność szacunków kosztów: ± 30%.
E-12 Zgazowanie w zintegrowanym bloku gazowo-parowym typu IGCC 5 000 t/d węgla	Instalacja projektowana składać się będzie z dwóch równoległych ciągów technologicznych złożonych z dwóch gazogeneratorów (Technologia GEE, przerób 2500 t/d), dwóch turbin gazowych klasy F o mocy 232 MW każda, jednej wspólnej turbiny parowej o parametrach gazu 12,4 MPa/566°C/566°C, dwóch kotłów odzysknicowych. W systemie uwzględniono pracę dwóch wytwornic tlenu produkujących 4560 t/d tlenu o czystości 95 % obj. Zgazowanie odbywa się w zawieszinie węgla (63% węgla) w temperaturze 1316°C i pod ciśnieniem 5,6 MPa, a czynnikiem zgazowującym jest tlen w ilości 0,95 kg/kg suchego węgla. Gaz surowy z gazogeneratorów, składający się głównie z wodoru i tlenku węgla, przepływa do schładzaczy radiacyjnych, gdzie następuje zestalenie stopionego żużla, przy czym ciepło procesu jest odzyskiwane. Następnie gaz jest oczyszczany w dwóch kolumnach z wtryskiem wody (quench). Powstają dwa strumienie odpadów: zestalony żużel oraz zanieczyszczona popiołem woda. Woda jest oczyszczana grawitacyjnie i zwracana do systemu. Gazy kwaśne są usuwane z gazu surowego w dwóch skruberach (woda ze skrubarów jest oczyszczana i zwracana do systemu), następuje hydroliza tlenosiarczku węgla COS do CO ₂ i H ₂ S, w złożach węgla usuwana jest rtęć. Następnie gaz jest odsiarczany w rozpuszczalniku Selexol (nazwa handlowa, mieszanina eteru dimetylowego i glikolu polietylenu), a w instalacjach Clausa następuje produkcja siarki z H ₂ S. Oczyszczony gaz jest ogrzewany, a następnie rozcieńczany z azotem z wytwornicy tlenu i spalany w dwóch turbinach gazowych (poprzez rozcieńczanie uzyskanego syngazu w turbinie gazowej nadmiarowym azotem planuje się zapobiegać powstawaniu tlenków azotu, N ₂ dilution). Gazy opuszczające turbiny przechodzą przez dwa systemy odzysknicowe, w których są schładzane do temperatury 132°C, a uzyskana para napędza turbinę parową wspólną dla obydwu ciągów technologicznych. W karcie nie uwzględniono produkcji energii z gazu naturalnego.

Nazwa technologii/installacji	Opis technologii/installacji
E-15 Technologia bloku gazowo-parowego NGCC 75 t/h gazu ziemnego	Instalacja projektowana składać się będzie z dwóch równoległych ciągów technologicznych składających się z dwóch turbin gazowych klasy F o mocy wyjściowej netto 185 MWe, jednej wspólnej turbiny parowej o parametrach gazu 16,5 MPa/566°C/510°C, dwóch kotłów odzysknicowych. Gaz wymieszany z powietrzem jest spalany w dwóch turbinach gazowych. Gazy o temperaturze 631°C opuszczające turbiny przechodzą przez dwa systemy odzysknicowe, w których są schładzane do temperatury 104°C, a uzyskana para napędza turbinę parową wspólną dla obydwu ciągów technologicznych. Emisje SO ₂ oraz rtęci i pyłów jest zaniedbywalna dzięki zastosowaniu gazu naturalnego jako paliwa i nie wymaga kontroli. Emisja tlenków azotu jest redukowana do wartości 25 ppmvd przez system DLN (<i>dry low NOx</i>), a następnie dzięki zastosowaniu amoniaku i katalizatora (dwutlenek tytanu, pięciotlenek wanadu, trójtlenek wolframu) w systemie SCR (<i>selective catalytic reduction</i>) zawartość tlenków azotu zostanie obniżona do wartości 2,5 ppmvd.
E-23 Ogniwa paliwowe	Technologia obejmuje blok energetyczny o mocy 253,39 MWe, bazujący na ogniwach paliwowych stałotlenkowych (<i>Solid Oxide Fuel Cell</i> , SOFC) zasilanych gazem pochodzącym ze zgazowania węgla (<i>Integrated Gasification Fuel Cell</i> , IGFC). Czynnikiem zgazowującym jest tlen i para wodna. Analizie poddano instalację pracującą pod ciśnieniem atmosferycznym. Układ wyposażony jest w instalację wychwytu i składowania CO ₂ . Założono dyspozycyjność instalacji na poziomie 80% (7008 h/rok).
TECHNOLOGIE MATERIAŁOWE:	
M-05 Mikrowtryskiwanie	Mikrowtryskiwanie to proces polegający na otrzymywaniu wyprasek o wadze poniżej 10 g. Technologia ta realizowana jest z zastosowaniem mikrowtryskiwarki. Posiadają one najczęściej moduł wtryskowy, który jest kombinacją ślimakowego i tłokowego układu plastyfikacji. Tworzywo plastyfikowane jest ślimakiem, natomiast wtryskiwanie realizowane jest przy użyciu tłoka. Zastosowanie takiego układu plastyfikacji i napędu serwoelektrycznego pozwala na osiągnięcie czasów przełączenia w granicach 2,5 ms przy szybkości wtrysku 800 mm/s i dokładności dozowania do 1mg.
M-06 Technologie przetwórstwa oparte o maszyny wieloślismakowe	Technologie przetwórstwa oparte o maszyny wieloślismakowe to technologie polegające na ciągłym uplastycznianiu tworzywa w układzie uplastyczniającym i przepychaniu go przez kanały głowicy wytłaczarskiej. Układy wieloślismakowe to takie, które posiadają co najmniej dwa ślimaki o profilu stożkowym lub cylindrycznym ze zgodnym lub przeciwnym ruchem obrotowym. Tego typu maszyny mogą przetwarzać każdy rodzaj termoplastycznego polimeru.
M-07 Technologie przetwórstwa związane z współwytłaczaniem	Współwytłaczanie to metoda otrzymywania wytłocznym, które składają się z dwóch lub więcej tworzyw różniących się właściwościami, strukturą i kolorem bądź rzadziej z tego samego tworzywa, ale o różnej strukturze i kolorach. Produkt wytwarza się z jednoczesnym użyciem dwu lub więcej wytłaczarek i jednej głowicy wytłaczarskiej, w której strumienie współwytłaczanych tworzyw łączą się, a w jej dyszy przepływają złączone razem.
M-09 Technologie przetwórstwa kształtującego strukturę	Obecnie istnieje wiele technologii przetwórstwa kształtującego strukturę wewnętrzną i zewnętrzną produktu. Opracowane dane dotyczyć będą technologii wytwarzania struktur porowatych. Struktury te mogą być porowate w całej masie lub mogą mieć porowate rdzeń, a litą warstwę zewnętrzną, czyli naskórek. Strukturę porowatą uzyskuje się dzięki wprowadzeniu do tworzywa wejściowego poroforu (gazu obojętnego, cieczy niskowrzących lub ciał stałych), który jeżeli jest w stanie ciekłym lub stałym, przechodzi w gaz w określonych warunkach procesu technologicznego.

Nazwa technologii/installacji	Opis technologii/installacji
M-11 Techniki wytwarzania nanokompozytów	Wytwarzanie nanokompozytów polimerowych jest obecnie bardzo rozległą dziedziną naukowo-przemysłową. W niniejszym opracowaniu przedstawione zostaną dane dotyczące nanokompozytów na osnowie polimerów termoplastycznych napełnionych modyfikowanymi krzemianami otrzymane w procesie dwuślimakowego wytłaczania.
M-12 Technologie wytwarzania materiałów kompozytowych z udziałem nowych napełniaczy i włókien pochodzenia roślinnego	Dla otrzymywania materiałów kompozytowych z udziałem nowych napełniaczy, w tym włókien naturalnych, można zastosować wszelkie technologie typowe dla produkcji wyrobów z materiałów polimerowych. Podstawowe technologie to: wytłaczanie i wtryskiwanie. Istnieje także możliwość dodawania włókien naturalnych do procesu polimeryzacji.
M-13 Recykling materiałów polimerowych	Technologia dotyczy recyklingu mieszaniny odpadów tworzyw sztucznych pochodzących z zużytych urządzeń elektrycznych i elektronicznych. Technologia obejmuje procesy jednostkowe pozwalające wydzielić określone rodzaje polimerów wykorzystując różnice w ich własnościach fizycznych i chemicznych. Instalacja składa się linii mechanicznej do identyfikacji i sortowania oraz wytłaczarki do trzymywania regranulatu.
M-33 Technologia wytwarzania konstrukcji przekładkowych (sandwichowych). Produkcja rur z kompozytów poliestrowo-szklanych	Rury laminatowe wykonywane są z żywic syntetycznych poliestrowych i winyloestrowych oraz włókna szklanego w postaci np. maty szklanej. Metoda maszynowa nawijania wzmocnienia na sztywny rdzeń. Rury mogą również posiadać wewnętrzne wykładziny z PVC.
TECHNOLOGIE ŚRODOWISKOWE	
S-06 Technologia produkcji kruszyw z odpadów wydobywczych wraz z odzyskiem węgla	<p>Przykładowy ciąg technologiczny składa się z następujących głównych procesów technologicznych:</p> <ul style="list-style-type: none"> – przygotowanie i klasyfikacja materiału surowego, – wzbogacanie nadawy 0–40 mm w hydrocyklonach, – odwadnianie i klasyfikacja produktów wzbogacania, – zagęszczanie i odwadnianie mulów. <p>Materiał surowy dozowany podajnikami posuwistozwrotnymi jest transportowany taśmociągami do stacji przygotowania nadawy (sortowni), gdzie jest oczyszczany z dużych elementów drewnianych i elementów stalowych. Następnie materiał surowy kierowany jest do klasyfikacji wstępnej na sicie 40 mm, frakcja powyżej 40 mm kierowana jest do kruszarki szczękowej, gdzie zostaje rozdrobniona, następnie połączona z frakcją poniżej 40 mm i transportowana taśmociągami do zbiornika buforowego w budynku płuczki. Ze zbiornika buforowego materiał jest podawany w sposób ciągły do mieszalnika, z którego po wymieszaniu nadawy z cieczą ciężką podawany jest za pośrednictwem pomp na hydrocyklony, gdzie następuje rozdział pod wpływem różnicy gęstości na frakcję kamienną i węglową. Wydzielony koncentrat przepłukiwany jest czystą wodą i odwadniany na przesiewaczach w celu ostatecznej klasyfikacji materiału. Odcieki spod przesiewaczy węglowych kierowane są do dwustopniowej instalacji odwadniającej. Wody popłuczkowe po odmuleniu kierowane są do osadników ziemnych, a stamtąd zawracane do procesu technologicznego. Wydzielony muł dodawany jest do miálu węglowego.</p> <p>Zdolność przerobowa analizowanej instalacji osiąga 500 000 Mg/rok; energochłonność instalacji wynosi 1,6 GWh/rok energii elektrycznej, 20 m³/rok oleju opałowego i 30 m³/rok oleju napędowego. Zużycie wody kształtuje się na poziomie 25 000 Mg/rok, przy jednoczesnej produkcji ścieków w ilości 3000 m³.</p>

Nazwa technologii/installacji	Opis technologii/installacji
S-02 Technologia kompostowania (kompostownia)	<p>Kompostowanie pryzmowe odpadów zielonych – tlenowy rozkład odpadów zielonych, pochodzących z utrzymania terenów zieleni miejskiej (parki, trawniki, pielęgnacja pasów zadrzewień przy drogach itp.), dowożonych wydzielonym transportem na teren projektowanej instalacji. Odpady zielone będą przygotowywane do kompostowania poprzez procesy rozdrabniania (gałęzie, drewno itp.) oraz homogenizacji (mieszanie ze sobą rozdrobnionych gałęzi oraz trawy i liści). Gotowa mieszanka będzie rozkładana w pryzmy na istniejącym placu manewrowym. Pryzmy będą okresowo przerzucane i w razie potrzeby nawilżane. Kompost dojrzały będzie uszlachetniany (przesiewanie na sicie bębnowym w celu wydzielenia większych elementów). Kompost gotowy będzie magazynowany w istniejących boksach na odpady.</p> <p>Analizowana instalacja kompostowania odpadów zajmuje 1 ha powierzchni terenu, w tym 2000 m² pod zabudowę. Energochłonność technologii szacowana jest na poziomie 160 MWh/ rok i 60 m³ paliw płynnych (ON) dla zdolności przerobowej 10 000 Mg/rok niesegregowanych odpadów komunalnych. Ilość produkowanych odpadów wyniesie 2000 Mg/rok w postaci balastu z kompostowania pryzmowego odpadów zielonych oraz 2000 Mg/rok ścieków przemysłowych.</p>
S-03 Technologia plazmowego unieszkodliwiania odpadów	<p>Przykładowa instalacja plazmowego unieszkodliwiania odpadów składa się z następujących aparatów i urządzeń podstawowych:</p> <ul style="list-style-type: none"> - układ podawania surowca, - palnik plazmowy, - komora konwertera plazmowego, - układ odbioru stopionego silikonu, - układ oczyszczania gazu procesowego, - układy zasilania elektrycznego, - system automatyki i sterowania. <p>Urządzenia pomocnicze:</p> <ul style="list-style-type: none"> - sprężarka powietrza, - układ oczyszczania ścieków, - układ wody chłodzącej demi, - układ wody chłodzącej, - chłodnica wody. <p>Instalacja plazmowego unieszkodliwiania odpadów będzie wykorzystywana przede wszystkim do unieszkodliwiania następujących odpadów:</p> <ul style="list-style-type: none"> - niebezpiecznych odpadów organicznych (ogólnie), a w szczególności związków typu: PCB, DDT oraz innych substancji chloro- i siarko-organicznych, - niebezpiecznych odpadów nieorganicznych (żużle z procesu spalania, azbest, lekarstwa), - odpadów, których unieszkodliwienie wymaga specjalnego postępowania (odpady szpitalne, narkotyki, zawartości „mogilników”, odczynniki chemiczne), - innych odpadów niebezpiecznych o wysokim stopniu toksyczności i zagrożenia dla ludzi i środowiska (np. skażona gleba, ciecze). <p>Przy zastosowaniu instalacji plazmowej model PCS 10-4 (1MW), produkcji STARTECH (USA), o średniej wydajności na poziomie około 10 Mg/dobę oraz czasu pracy w ruchu ciągłym przez 7 dni w tygodniu, roczna nominalna zdolność przerobowa odpadów wyniesie ok. 3 550 Mg. Technologia wytwarzać będzie 7 100 000 Nm³/rok oczyszczonego gazu procesowego i 1500 Mg/rok zeszlonego żużla. Przy zdolności przerobowej 3 550 Mg/rok instalacja zużyje 26 170 MWh/rok energii elektrycznej, 340 000 Nm³/rok azotu, 127 000 Nm³/rok sprężonego powietrza, 3 550 kg propan-butanu; 700 m³/rok świeżej wody i 2 500 m³/rok wody chłodniczej w obiegu zamkniętym.</p>

Nazwa technologii/installacji	Opis technologii/installacji
S-04 Technologia granulacji mułów powęglowych	<p>Technologia polega na granulacji mułów z użyciem urządzenia mieszająco-granulującego. Technologia pozwala na wykorzystanie odpadowego mułu powęglowego do produkcji pełnowartościowego surowca energetycznego. Zgromadzony w osadnikach muł stanowi mieszaninę drobnoziarnistą (poniżej 1 mm) węgla i skały płonnej. Muły charakteryzują się dużym rozdrobieniem oraz dużą zawartością wilgoci (do 30%). W przypadku dużej zawartości węgla (ocenia się to poprzez wartość opałową mułu) produkt taki może znaleźć zastosowanie bezpośrednio w procesach spalania.</p> <p>Technologia granulacji pozwala polepszyć podstawowe parametry paliwa, tj. obniżyć wilgotność i podwyższyć wartość opałową w produkcie końcowym.</p> <p>Technologia granulacji wymaga zastosowania następujących urządzeń: urządzenia mieszająco-granulującego (granulatora), zbiorników na surowce stosowane w procesie, wagi taśmowej, układu przenośników i dozowników podających surowce do granulatora.</p> <p>Z podajników muł węglowy transportowany jest bezpośrednio do granulatora za pomocą przenośnika taśmowego, na którym zostają usunięte zanieczyszczenia, w tym elementy metalowe.</p> <p>Równocześnie do granulatora podawany jest podajnikami ślimakowymi komponent do produkcji granulatu – wapno palone (zgromadzone w zbiornikach stalowych) lub trociny. Granulat odstawiany jest przenośnikiem taśmowym na plac magazynowy.</p> <p>Zdolność przerobowa przykładowej instalacji wynosi 100 000 Mg/rok (98 000 mułu węglowego i 2 000 wapna). Energochłonność szacowana jest na poziomie 480 MWh/rok energii elektrycznej.</p>
S-05 Technologia mechaniczno-biologicznego unieszkodliwiania odpadów komunalnych	<p>Technologia mechaniczno-biologicznego unieszkodliwiania odpadów komunalnych oparta została o dwa podstawowe procesy:</p> <ul style="list-style-type: none"> – bioperkolację (przeróbkę mechaniczno-biologiczną), – fermentację (rozkład biologiczny perkolatu w warunkach beztlenowych). <p>Instalacja składa się z następujących elementów i układów technologicznych:</p> <ul style="list-style-type: none"> – mechanicznej obróbki wstępnej, – perkolacji, – oczyszczania mechanicznego perkolatu, – fermentacji, – oczyszczania ścieków, – oczyszczania powietrza odlotowego. <p>Wielkość produkcji z analizowanej instalacji określona została na poziomie 4 500 000 Nm³/rok biogazu i 26 000 Mg/rok komponentu do produkcji paliw alternatywnych. Zapotrzebowanie energetyczne wynosi 6 000 MWh/rok energii elektrycznej i 300 m³/rok paliw płynnych (ON). Zużycie wody równa się 60 000 m³/rok przy produkcji ścieków 25 000 m³/rok.</p>

Źródło: opracowanie własne na podstawie kart technologii.

ANALIZA ŚRODOWISKOWA TECHNOLOGII NA POTRZEBY BUDOWY MODELU OCENY EKOEFEKTYWNOŚCI

3.1. Budowa modułu środowiskowego dla oceny efektywności

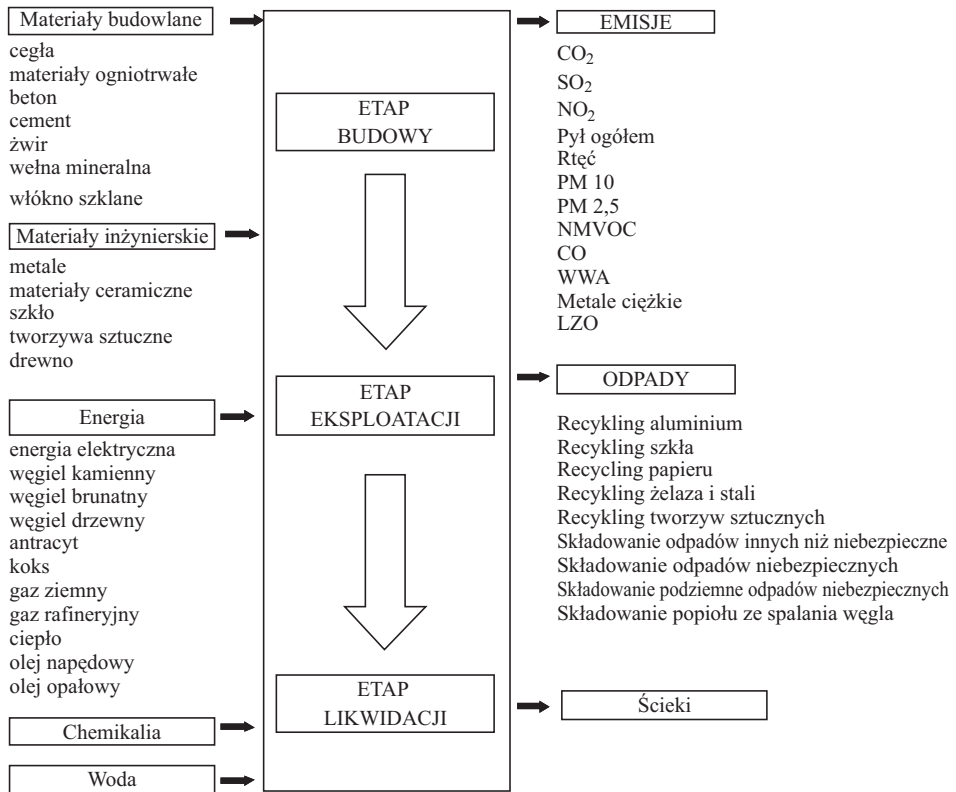
W celu oceny środowiskowej trzech grup technologii: energetycznych, materiałowych, środowiskowych, przeprowadzono analizę wykorzystując założenia oceny cyklu życia LCA (*Life Cycle Assessment*) ujęte w normach PN-EN ISO 14040:2009¹ oraz PN-EN ISO 14044:2009².

Pierwszym etapem oceny cyklu życia było określenie celu i zakresu badań. Celem pracy było przeprowadzenie oceny cyklu życia (LCA) innowacyjnych technologii wybranych zgodnie z przyjętymi kryteriami oraz określenie obciążenia środowiskowego w całym cyklu życia. Efekt końcowy nie był skierowany na doskonalenie technologii czy dokonanie ich porównań, ale uzyskanie wskaźników środowiskowych, które jako składowe efektywności posłużyły do budowy modelu. Takie podejście miało kluczowy wpływ na sposób przeprowadzenia analiz, w którym praca koncentrowała się na fazach: Analiza zbioru wejść i wyjść (LCI) oraz Ocena wpływu cyklu życia (LCIA). Faza Interpretacji cyklu życia została ograniczona do weryfikacji wykorzystania danych, oceny kompletności i identyfikacji znaczących kwestii.

W ramach pierwszego etapu LCA – Określenie celu i zakresu badań – zdefiniowano granice systemu, które uwzględniały trzy fazy życia technologii: fazę budowy, eksploatacji oraz likwidacji (Rysunek 3.1).

¹ PN-EN ISO 14040:2009 Zarządzanie środowiskowe. Ocena cyklu życia. Zasady i struktura.

² PN-EN ISO 14044:2009 Zarządzanie środowiskowe. Ocena cyklu życia. Wymagania i wytyczne.



Rys. 3.1. Granice systemu analizowanych technologii

Źródło: opracowanie własne.

W granicach systemu uwzględniono korzyści wynikające z wytwarzania produktów ubocznych oraz z recyklingu takich materiałów jak stal i żelazo, aluminium oraz tworzywa sztuczne.

Analizy LCA zostały przeprowadzone w przeliczeniu na jednostkę funkcjonalną oraz obciążenie środowiska, wyrażone wartością punktów ekowskaźnika (Pt) w całym cyklu życia technologii. Jednostka funkcjonalna była zależna od analizowanej technologii:

- dla technologii energetycznych – MW, szt., Mg, GJ, m³,
- dla technologii materiałowych – kg, Mg, m, szt., cm³,
- dla technologii środowiskowych – Mg, m³, MWh.

W analizie LCA technologii, których wynikiem była produkcja większej ilości wyrobów, dokonano alokacji (rozdzielenia wielkości obciążenia dla środowiska pomiędzy poszczególne koprodukty). Dla każdej technologii zostały określone odpowiednie założenia i przedstawione ograniczenia w celu wykonania analizy.

Kolejnym etapem oceny cyklu życia była Analiza zbioru wejść i wyjść (*Life Cycle Inventory, LCI*). Głównym zadaniem tego etapu analizy LCA było zebranie danych wejściowych i wyjściowych dla każdej technologii w fazie budowy, użytkowania i likwidacji. W ramach tego etapu wyszczególniono kilka istotnych zadań:

- opracowanie karty technologii (arkusz zbierania danych) uwzględniającej różnorodność analizowanych technologii (patrz Rozdział VII),
- wykonanie instrukcji do wypełniania kart technologii,
- zbieranie danych w kartach technologii – opis technologii, dane wejściowe i wyjściowe dla całego cyklu życia technologii: fazy budowy, użytkowania i likwidacji,
- weryfikacja danych.

Dla każdej analizowanej technologii przedstawiono szczegółowe wyniki analizy inwentarzowej (LCI) w karcie technologii. Etap ten stanowił podstawę do realizacji etapu następnego – oceny wpływu. W związku z tym, że analizowano technologie innowacyjne, pozyskanie tak szczegółowych aktualnych danych nie było łatwym zadaniem. Kwestia dostępności danych była największym ograniczeniem przeprowadzenia analizy poszczególnych technologii. Dane pozyskane w postaci kart technologii pochodziły z różnych źródeł: zostały udostępnione przez przedsiębiorstwa wykorzystujące daną technologię, przez ośrodki naukowe prowadzące badania nad nowymi technologiami oraz zostały opracowane na podstawie raportów analizowanych instalacji. Dane dotyczące budowy i likwidacji zostały zgromadzone w wyniku konsultacji z ekspertami w tej dziedzinie. W trakcie obliczeń w programie SimaPro 7.1.8 zostały wykorzystane również dane z bibliotek danych: Ecoinvent v.2, IDEMAT 2001 i BUWAL250.

Trzecim etapem analizy cyklu życia była Ocena wpływu cyklu życia (*Life Cycle Impact Assessment, LCIA*). Analizy wykonano w programie SimaPro 7.1.8 dwiema metodami oceny wpływu technologii na środowisko – Ekowskaźnik 99 oraz IPCC 2001 GWP 100a. Metoda Ekowskaźnika 99 umożliwiła przedstawienie wpływu technologii na środowisko w postaci trzech wskaźników według kategorii oddziaływań: zdrowie człowieka, jakość ekosystemu oraz zużycie zasobów. Końcowy wynik obliczeń przedstawiony został w punktach ekowskaźnika, Pt. Druga metoda – IPCC 2001 GWP 100a (*Intergovernmental Panel on Climate Change Global Warming Potential, 100 years*) umożliwiła ocenę emisji gazów cieplarnianych. Wynik analizy LCA dla wszystkich technologii uzyskany tą metodą został przedstawiony w kg CO₂eq.

Ostatnim etapem analizy cyklu życia była Interpretacja. Na tym etapie prac dokonano oceny kompletności danych. W oparciu o wyniki etapu trzeciego (LCIA) określono czynniki dla każdej technologii, które najbardziej obciążają środowisko. W wyniku przeprowadzonej weryfikacji stwierdzono, że dla niektórych z wybranych technologii dane nie były kompletne lub wystarczająco wiarygodne, w związku z tym część technologii nie została uwzględniona w pracach związanych z tworzeniem modelu oceny ekofektywności.

Wyniki oceny cyklu życia w postaci trzech wskaźników środowiskowych w powiązaniu ze wskaźnikami ekonomicznymi i społecznymi (uzyskanymi na kolejnych

etapach pracy) posłużyły do obliczenia ekoelektywności wybranych technologii i stanowią dane do modelu oceny ekoelektywności.

3.2. Wyniki oceny wpływu na środowisko technologii energetycznych

Badania wpływu na środowisko przeprowadzono dla zinventaryzowanych siedemnastu technologii, z których siedem wybrano do dalszych prac nad opracowaniem modelu. Dla tych technologii jako jednostkę funkcjonalną wybrano 1 MWh. Poniżej przedstawiono szczegółowe wyniki analizy dla jednej wybranej technologii, a następnie wyniki dla technologii energetycznych, które zostały wykorzystane przy tworzeniu modelu.

3.2.1. Ocena cyklu życia (LCA) technologii spalania węgla w parametrach nadkrytycznych SCPC (E-09)

Szczegółowe wyniki analizy inwentarzowej (LCI) dla poszczególnych etapów przedstawiono w Karcie technologii *Spalania węgla w parametrach nadkrytycznych SCPC*, natomiast na Rysunku 3.2 przedstawiono 8 elementów wejściowych, które mają największy wpływ na wynik analizy LCA.

Podane wielkości ekowskaźnika dla fazy użytkowania odnoszą się do wytwarzania 4 095 300 MWh/rok energii elektrycznej w ciągu 30 lat.

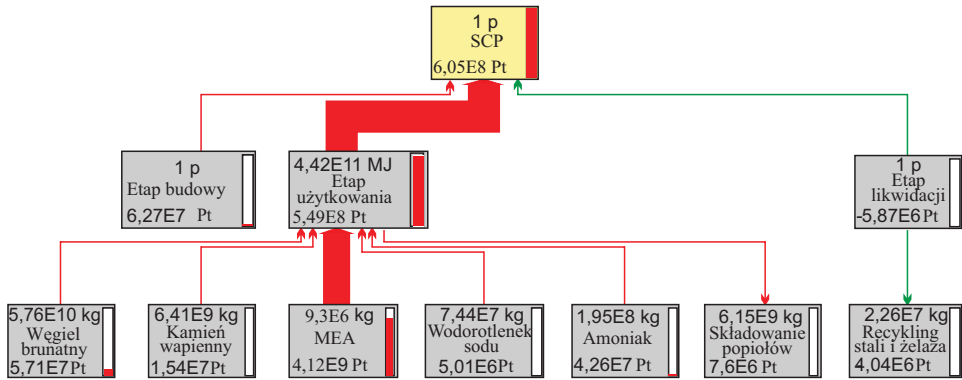
Wyniki oceny aspektów środowiskowych i potencjalnych wpływów związanych z produkcją 123 TWh energii elektrycznej przedstawiono w Tabeli 3.1.

Tabela 3.1. Obciążenie środowiska związane z technologią *Spalania węgla w parametrach nadkrytycznych SCPC*

Kategorie wpływu	Wartość ekowskaźnika (Pt)			
	Etap budowy	Etap użytkowania	Etap likwidacji	Łącznie
Zdrowie człowieka	59 277 101	460 595 881	-4 893 538	514 979 447
Jakość ekosystemu	577 170	36 043 941	-281 727	36 339 384
Zużycie zasobów	2 876 929	51 914 844	-691 600	54 100 173
Łącznie	62 731 200	548 554 668	-5 866 865	605 419 003

Źródło: opracowanie własne (na podstawie analiz wykonanych z użyciem programu Sima Pro).

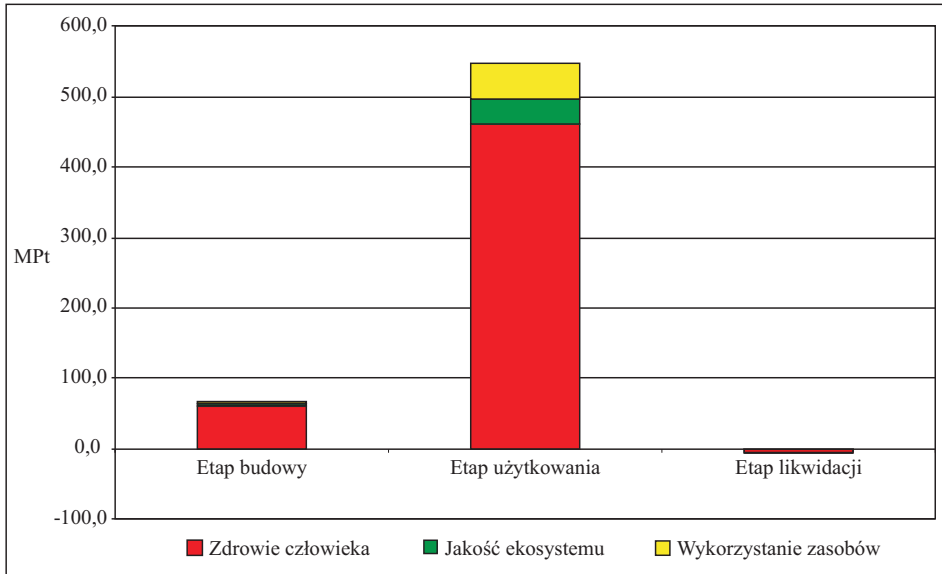
Wyniki analizy zostały przedstawione w postaci drzewa (Rysunek 3.2), na którym zaznaczono największe oddziaływania wraz z przypisaną mu proporcjonalnie wartością obciążenia środowiska wyrażoną w punktach ekowskaźnika (Pt).



Rys. 3.2. Drzewo oddziaływań technologii *Spalania węgla w parametrach nadkrytycznych SCPC*

Źródło: opracowanie własne (na podstawie analiz wykonanych z użyciem programu Sima Pro).

Na Rysunku 3.3 zaprezentowano oddziaływanie na środowisko na poszczególnych etapach w trzech kategoriach: zdrowie człowieka, jakość ekosystemu oraz zużycie zasobów.



Rys. 3.3. Porównanie oddziaływania na środowisko poszczególnych etapów technologii *Spalania węgla w parametrach nadkrytycznych SCPC w trzech kategoriach oddziaływań*

Źródło: opracowanie własne (na podstawie analiz wykonanych z użyciem programu Sima Pro).

Obciążenie środowiska technologii *Spalania węgla w parametrach nadkrytycznych SCPC* w całym cyklu istnienia wynosi 605 MPt, przy czym około 90% oddziaływania występuje na etapie użytkowania. Częściowo wynika ono z zużycia zasobów nieodnawialnych (węgla) i funkcjonowania kopalni. Względnie duże oddziaływanie na środowisko wynika z procesu produkcji amoniaku, który jest wykorzystywany w procesie. Najistotniejsze oddziaływanie na środowisko analizowanej technologii jest związane z emisjami spowodowanymi spalaniem węgla.

W podobny sposób przeprowadzono analizy dla pozostałych technologii energetycznych. W wyniku analizy rezultatów stwierdzono występowanie znaczących różnic w ramach grupy, w związku z tym na potrzeby tworzenia modelu dokonano dodatkowego wyboru technologii, a następnie ich podziału na technologie energetyczne i technologie OZE (Odnawialnych Źródeł Energii).

3.2.2. Ocena wpływu na środowisko technologii energetycznych wybranych do tworzenia modelu oceny ekoelektywności

Spśród badanych technologii do prac nad opracowaniem modelu w grupie technologii energetycznych uwzględniono:

- spalanie węgla w kotle pyłowym w parametrach ultranadkrytycznych USCPC, (E-08);
- spalanie węgla w kotle pyłowym w parametrach nadkrytycznych SCPC, (E-09);
- spalanie węgla w kotłach fluidalnych w parametrach nadkrytycznych SFBC, (E-10);
- spalanie węgla w tlenie (Oxyspalanie), (E-11);
- zgazowanie w zintegrowanym bloku gazowo-parowym typu IGC 5 000 t/d węgla, (E-12);
- technologia bloku gazowo-parowego NGCC 75 t/h gazu ziemnego, (E-15);
- ogniwa paliwowe, (E-23).

W ramach weryfikacji i testowania technologii przeprowadzono ponadto analizy dla 14 różnych wariantów procesu zgazowania w zintegrowanym bloku gazowo-parowym typu IGCC oraz dla pięciu technologii produkujących energię elektryczną z gazu ziemnego w systemie rozproszonym.

Na podstawie weryfikacji wybrano i opracowano dodatkowo dwie technologie energetyczne testujące: proces zgazowania węgla w *Wabash River Greenfield Plant* typu IGCC – TE-1.1 oraz proces zgazowania węgla do energii elektrycznej w bloku o mocy 1000 MW typu IGCC – TE-1.10.

Jako technologię odniesienia wybrano polski miks energetyczny (E-00). Umowna technologia odniesienia została skonstruowana na bazie uśrednionych danych, a nie konkretnych instalacji. Polski miks energetyczny składa się przede wszystkim z energii elektrycznej uzyskanej ze spalania węgla kamiennego (57%) i węgla brunatnego (37%). Pozostała część wytwarzanej energii elektrycznej pochodzi z energii wód (3%), gazów przemysłowych, olejów i in.

Technologia testująca bloku gazowo-parowego ze zintegrowanym zgazowaniem węgla (IGCC) w *Wabash River Greenfield Plant* (TE-1.1) przetwarza 2 396,782 Mg węgla Illinois No. 6 na dobę wytwarzając 269,3 MW energii elektrycznej w turbinach gazowych (192 MW) i wysoko sprawnych turbinach parowych (118 MW) ze spraw-

nością 38,3%. Druga technologia testująca (T-1.10) jest jednym z wariantów zgazowania węgla w bloku gazowo-parowym w instalacji składającej się m.in. z trzech instalacji separacji powietrza ASU, dwóch instalacji przygotowania zawiesiny, z czterech ciągów zgazowania, dwóch ciągów oczyszczania gazu syntezowego, dwóch instalacji odzysku siarki, czterech turbin gazowych oraz dwóch turbin parowych. Instalacja o nominalnej mocy 1000 MW przetwarza 9 831,161 Mg/d węgla Illinois wytwarzając 1154,6 MWh/h energii elektrycznej i 215 Mg/d siarki ze sprawnością 40%.

Dla technologii testujących i polskiego miks energetycznego wykonano ocenę środowiskową. W przypadku technologii testowych oraz technologii odniesienia jednostką funkcjonalną był MWh. W Tabeli 3.2 przedstawiono wyniki przeprowadzonej analizy cyklu życia dla technologii testujących i technologii odniesienia w trzech kategoriach oddziaływań, wyrażone w jednostce Pt/MWh.

Tabela 3.2. Zestawienie wartości ekowskaźników dla analizowanych technologii testujących i odniesienia uwzględnionych w modelu Pt/MWh

Kategoria	TE-1.1	TE-1.10	E-00
Zdrowie ludzkie	9,5	8,0	61,0
Jakość ekosystemu	1,1	0,9	2,3
Zużycie zasobów	5,0	4,7	4,2
Razem	15,6	13,6	67,5

Źródło: opracowanie własne (na podstawie analiz wykonanych z użyciem programu Sima Pro).

Na podstawie wyników przeprowadzonej analizy stwierdzono, że polski miks energetyczny najbardziej wpływa na zdrowie człowieka, a wywołane jest to emisją zanieczyszczeń nieorganicznych związaną ze spalaniem węgla kamiennego i brunatnego. W przypadku technologii testujących również największe obciążenie występuje w kategorii – zdrowie ludzkie.

Rezultaty analiz dla technologii energetycznych wykorzystanych do tworzenia modelu zamieszczono w tabelach 3.3 i 3.4.

Tabela 3.3. Zestawienie wielkości produkcji dla analizowanej technologii w całym cyklu życia produktu głównego

Lp.	Symbol technologii	Lata życia	Jednostki	Roczna produkcja – produkt główny	Produkcja w całym cyklu życia
1	E-08	30	MWh	4 095 300	122 859 000
2	E-09	30	MWh	4 095 300	122 859 000
3	E-10	30	MWh	2 991 877	89 756 310
4	E-11	30	MWh	4 095 370	122 861 100
5	E-12	30	MWh	4 486 872	134 606 160
6	E-15	30	MWh	4 172 441	125 173 230
7	E-23	30	MWh	1 775 757	53 272 710

Źródło: opracowanie własne na podstawie kart technologii.

Tabela 3.4. Zestawienie rezultatów dla analizowanych technologii w przeliczeniu na MWh energii elektrycznej

Lp.	Symbol technologii	Wartość ekowskaźnika, Pt				kg CO ₂ -Eq.
		Zdrowie człowieka	Jakość ekosystemu	Zużycie zasobów	Łącznie	
1	E-08	3,64	0,25	0,38	4,27	272,09
2	E-09	4,19	0,30	0,44	4,93	319,57
3	E-10	4,93	0,41	0,19	5,54	420,34
4	E-11	1,69	0,29	0,15	2,13	33,40
5	E-12	6,00	0,70	2,91	9,61	872,58
6	E-15	2,49	0,08	12,88	15,47	392,09
7	E-23	3,52	0,97	8,14	12,64	214,06

Źródło: opracowanie własne (na podstawie analiz wykonanych z użyciem programu Sima Pro).

3.3. Wyniki oceny wpływu na środowisko technologii materiałowych

Badania wpływu na środowisko przeprowadzono dla zinwentaryzowanych dwudziestu technologii, z których do dalszych prac nad opracowaniem modelu wybrano osiem technologii związanych z przetwórstwem tworzyw sztucznych. Dla tych technologii jako jednostkę funkcjonalną wybrano 1 Mg. Poniżej przedstawiono szczegółowe wyniki analizy dla jednej wybranej technologii, a następnie wyniki dla technologii materiałowych, które zostały wykorzystane przy tworzeniu modelu.

3.3.1. Ocena cyklu życia (LCA) technologii przetwórstwa opartego o maszyny wieloślismakowe (M-06)

Szczegółowe wyniki analizy inwentarzowej (LCI) dla poszczególnych etapów przedstawiono w Karcie technologii *Przetwórstwo oparte o maszyny wieloślismakowe*, natomiast na Rysunku 3.5 przedstawiono 8 elementów wejściowych, które mają największy wpływ na wynik analizy LCA.

Obliczone wielkości ekowskaźnika dla fazy użytkowania odnoszą się do przetwórstwa 640 Mg tworzywa rocznie przez 10 lat.

Wyniki oceny aspektów środowiskowych i potencjalnych wpływów związanych z przetwórstwem opartym o maszyny wieloślismakowe 6400 Mg tworzywa przedstawiono w Tabeli 3.5.

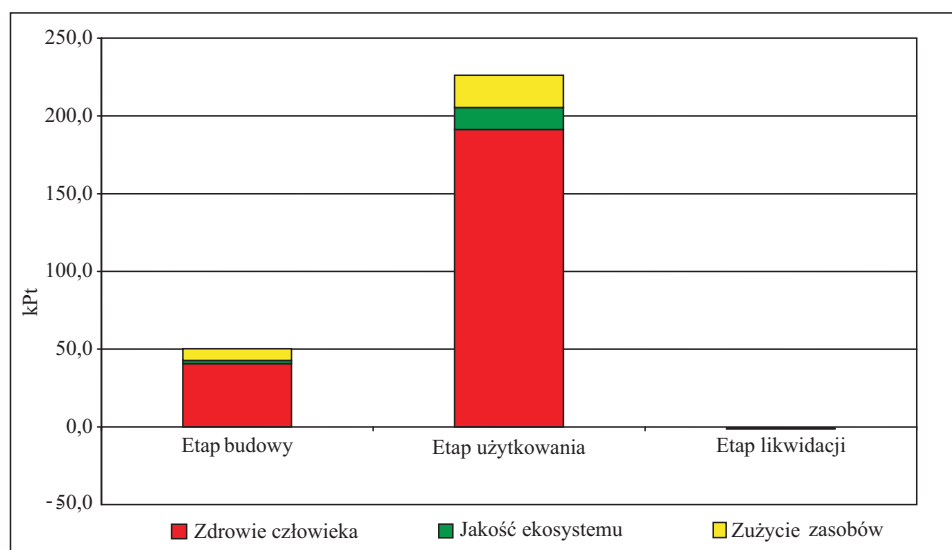
Oddziaływanie na środowisko na poszczególnych etapach w trzech kategoriach oddziaływań: zdrowie człowieka, jakość ekosystemu oraz zużycie zasobów przedstawiono na Rysunku 3.4.

Wyniki analizy zostały przedstawione w postaci drzewa (Rysunek 3.5), na którym zaznaczono największe oddziaływania wraz z przypisaną mu wartością obciążenia środowiska wyrażoną w punktach ekowskaźnika (Pt).

Tabela 3.5. Obciążenie środowiska związane z technologią przetwórstwa opartego o maszyny wieloślismakowe

Kategorie wpływu	Wartość ekowskaźnika (Pt)			
	Etap budowy	Etap użytkowania	Etap likwidacji	Łącznie
Zdrowie człowieka	40 700	191 362	-879	231 183
Jakość ekosystemu	2 014	14 085	-107	15 992
Zużycie zasobów	7 596	20 698	-302	27 992
Łącznie	50 310	226 145	-1288	275 167

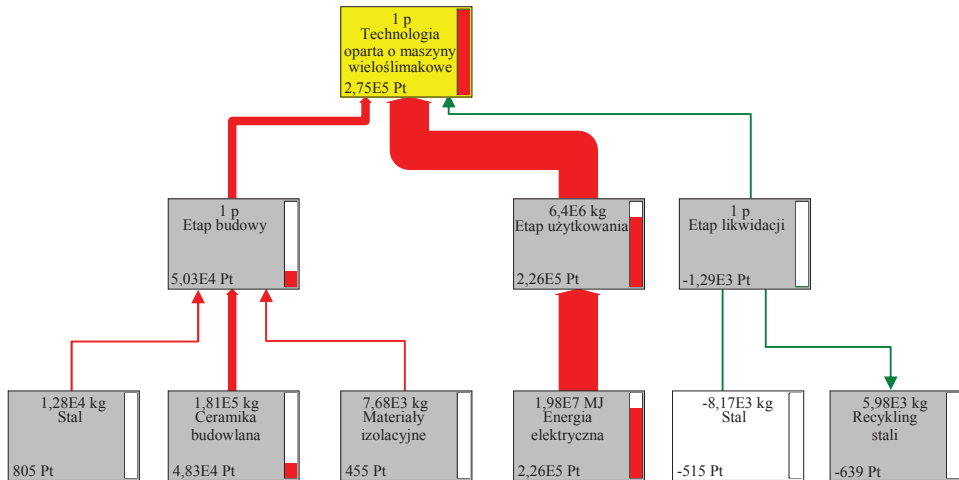
Źródło: opracowanie własne (na podstawie analiz wykonanych z użyciem programu Sima Pro).



Rys. 3.4. Porównanie oddziaływania na środowisko poszczególnych etapów technologii przetwórstwa opartego o maszyny wieloślismakowe w trzech kategoriach oddziaływań

Źródło: opracowanie własne (na podstawie analiz wykonanych z użyciem programu Sima Pro).

Łączne obciążenie środowiska wyrażone w punktach ekowskaźnika, wynikające z zużycia Technologii Przetwórstwa opartego o maszyny wieloślismakowe wynosi 275,17 kPt. Największe oddziaływanie na środowisko analizowanej technologii występuje na etapie użytkowania (82,2%) i jest związane z wykorzystaniem energii elektrycznej.



Rys. 3.5. Drzewo oddziaływań technologii przetwórstwa wykorzystującego maszyny wieloślismakowe
 Źródło: opracowanie własne (na podstawie analiz wykonanych z użyciem programu Sima Pro).

3.3.2. Ocena wpływu na środowisko technologii materiałowych wybranych do tworzenia modelu oceny ekoefektywności

Spośród badanych dwudziestu technologii do prac nad opracowaniem modelu wybrano następujące technologie związane z przetwórstwem tworzyw sztucznych:

- mikrowtryskiwanie, (M-05);
- technologie przetwórstwa oparte o maszyny wieloślismakowe, (M-06);
- technologie przetwórstwa związane ze współwytłaczaniem, (M-07);
- technologie przetwórstwa kształtującego strukturę, (M-09);
- techniki wytwarzania nanokompozytów, (M-11);
- technologie wytwarzania materiałów kompozytowych z udziałem nowych napełniaczy i włókien pochodzenia roślinnego, (M-12);
- recykling materiałów polimerowych, (M-13);
- technologia wytwarzania konstrukcji przekładkowych. Produkcja rur z kompozytów poliestrowo-szklanych, (M-33).

Dodatkowo do opracowania modelu ekoefektywności wybrano jako technologię odniesienia Technologię wytłaczania rur z polietylenu HDPE (M-00).

W Tabeli 3.6 przedstawiono wielkość produkcji wybranych do modelu technologii materiałowych w całym cyklu życia.

W Tabeli 3.7 przedstawiono wyniki analizy wpływu na środowisko badanych technologii materiałowych wynikające z podanej powyżej wielkości produkcji w całym cyklu życia.

Tabela 3.6. Zestawienie wielkości produkcji dla analizowanej technologii w całym cyklu życia produktu głównego

Lp.	Symbol technologii	Lata życia	Jednostki	Roczna produkcja – produkt główny	Produkcja w całym cyklu życia
1	M-00	10	Mg	500	5 000
2	M-05	5	kg	240	1 200
3	M-06	10	Mg	640	6 400
4	M-07	5	Mg	100 000	500 000
5	M-09	5	Mg	960	4 800
6	M-11	10	Mg	500	5 000
7	M-12	5	kg	1 500	7 500
8	M-13	25	Mg	1 000	25 000
9	M-33	15	szt.	18 000	270 000

Źródło: opracowanie własne na podstawie kart technologii.

Tabela 3.7. Wielkość oddziaływania środowiskowego technologii materiałowych wybranych do tworzenia modelu

Lp.	Symbol technologii	Wartość ekowskaźnika, Pt				kg CO ₂ -Eq.
		Zdrowie człowieka	Jakość ekosystemu	Zużycie zasobów	Łącznie	
1	M-00	98 532	9 415	57 626	165 573	2 111 653
2	M-05	671,	104,	171	946	23 164
3	M-06	231 183	15 992	27 992	275 167	6 294 109
4	M-07	73 722	4 928	9 485	88 135	1 802 435
5	M-09	130 504	8 843	16 359	155 706	3 342 000
6	M-11	20 560	1 266	2 982	24 807	375 832
7	M-12	238 754	21 891	866 481	1 127 126	14 736 145
8	M-13	471 049,	37 417	78 813	587 279	16 066 690
9	M-33	1 578 956	159 145	1 584 140	3 322 240	51 020 222

Źródło: opracowanie własne (na podstawie analiz wykonanych z użyciem programu Sima Pro).

3.4. Wyniki oceny wpływu na środowisko technologii środowiskowych

Kolejna grupa technologii, których oddziaływanie na środowisko metodą LCA było analizowane, to technologie środowiskowe. Poniżej przedstawiono przykład analizy dla jednej z nich. W trakcie obliczeń dla całej grupy technologii środowiskowych założono jako jednostkę funkcjonalną tonę odpadów wchodzących do przetwarzania.

3.4.1. Ocena cyklu życia (LCA) technologii plazmowych unieszkodliwiania odpadów (S-3)

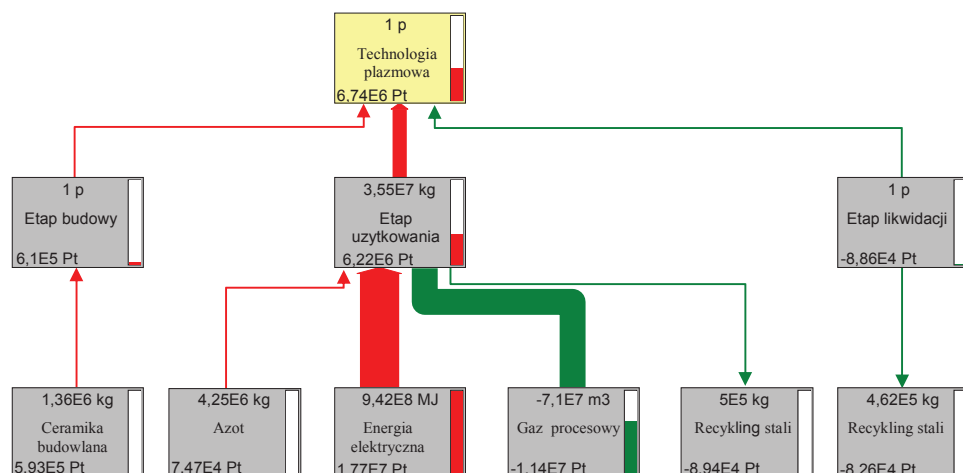
Szczegółowe wyniki analizy inwentarzowej (LCI) dla poszczególnych etapów przedstawiono w Karcie technologii *Plazmowego unieszkodliwiania odpadów*, natomiast na Rysunku 3.6 przedstawiono 8 elementów wejściowych, które mają największy wpływ na wynik analizy LCA. Podane wielkości ekowskaźnika dla fazy użytkowania odnoszą się do produkcji z odpadów 7 100 000 Nm³ gazu procesowego przez 10 lat. W Tabeli 3.8 przedstawiono wyniki oceny aspektów środowiskowych i potencjalnych wpływów związanych z unieszkodliwianiem 35 500 Mg odpadów.

Tabela 3.8. Obciążenie środowiska związane z technologią *Plazmowego unieszkodliwiania odpadów*

Kategorie wpływu	Wartość ekowskaźnika (Pt)			
	Etap budowy	Etap użytkowania	Etap likwidacji	Łącznie
Zdrowie człowieka	534 032	1 535 097	-80 417	15 804 589
Jakość ekosystemu	13 365	560 263	-2 273	571 354
Zużycie zasobów	63 064	-9 692 112	-5 868	-9 634 916
Łącznie	610 460	6 219 126	-88 558	6 741 028

Źródło: opracowanie własne (na podstawie analiz wykonanych z użyciem programu Sima Pro).

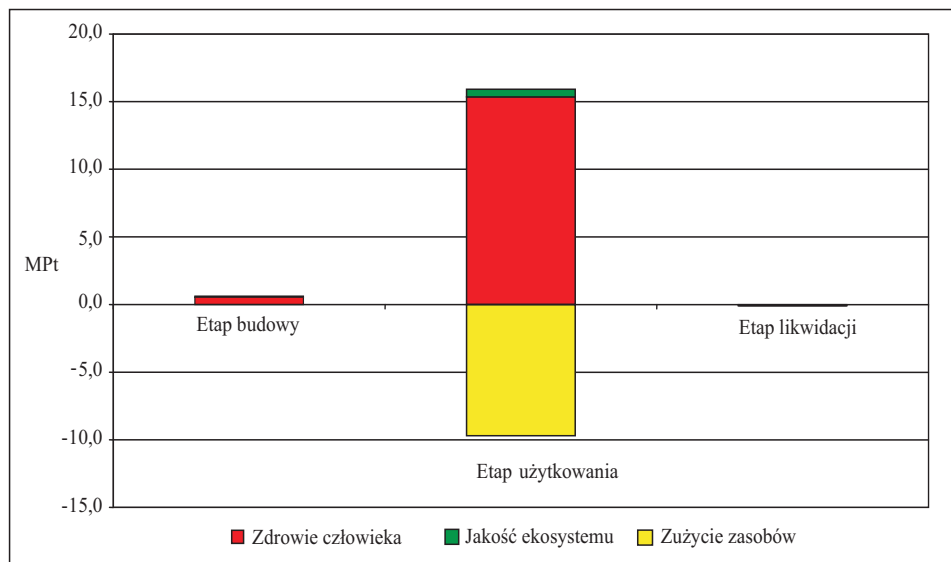
Wyniki analizy zostały przedstawione w postaci drzewa (Rysunek 3.6), na którym zaznaczono największe oddziaływania wraz z przypisaną mu wartością obciążenia środowiska wyrażoną w punktach ekowskaźnika (Pt).



Rys. 3.6. Drzewo oddziaływań technologii *Plazmowego unieszkodliwiania odpadów*

Źródło: opracowanie własne (na podstawie analiz wykonanych z użyciem programu Sima Pro).

Na Rysunku 3.7 zaprezentowano oddziaływanie na środowisko na poszczególnych etapach w trzech kategoriach oddziaływań: zdrowie człowieka, jakość ekosystemu oraz zużycie zasobów.



Rys. 3.7. Porównanie oddziaływania na środowisko poszczególnych etapów technologii *Plazmowego unieszkodliwiania odpadów* w trzech kategoriach oddziaływań

Źródło: opracowanie własne (na podstawie analiz wykonanych z użyciem programu Sima Pro).

Łączne obciążenie środowiska wyrażone w punktach ekowskaźnika, wynikające z wykorzystania technologii S-3 wynosi 674,1 kPt. Największe oddziaływanie na środowisko analizowanej technologii występuje w kategorii zdrowie człowieka i jest związane ze wzrostem problemów oddechowych wynikających z zanieczyszczeń nieorganicznych w powietrzu i z rakotwórczością.

3.4.2. Weryfikacja wyników analizy LCA technologii środowiskowych do modelu ekoefektywności

Na podstawie analiz LCA dla technologii środowiskowych zostały wybrane następujące technologie jako najbardziej reprezentatywne do modelu oceny ekoefektywności:

- technologia produkcji kruszyw z odpadów wydobywczych wraz z odzyskiem węgla, (S-1);
- technologia kompostowania (kompostownia), (S-2);
- technologia plazmowego unieszkodliwiania odpadów, (S-3);

- technologia granulacji mułów węglowych, (S-4);
- składowisko odpadów komunalnych, (S-7);
- technologia mechaniczno-biologicznego unieszkodliwiania odpadów zintegrowana z instalacją zagospodarowania biogazu (S-8+S-5);
- technologia wydobycia włókna naturalnego metodą dekortykacji (S-20).

W Tabeli 3.9 zestawiono dla każdej z technologii wielkość produkcji oraz przetworu odpadów. Przedstawione wyniki przeliczone zostały dla rocznej eksploatacji instalacji przetwórstwa odpadów.

Tabela 3.9. Wielkość produkcji dla technologii środowiskowych

Lp.	Symbol	Lata życia instalacji	Jednostka produkcji	Roczna produkcja – produkt główny [jedn./rok]	Produkcja w całym cyklu życia	Ilość przetwarzanych odpadów	Jednostka przetworu
1	S-01	30	Mg	450 000	13 500 000	500 000	t/rok
2	S-02	20	Mg	8 000	160 000	10 000	t/rok
3	S-03	10	Nm ³	7 100 000	71 000 000	3 550	t/rok
4	S-04	10	Mg	100 000	1 000 000	98 000	t/rok
5	S-05	20	MWh	11 700	234 000	4 500 000	Nm ³ /rok
6	S-07	50	Mg	300 000	15 000 000	287 000	t/rok
7	S-08	20	Nm ³	4 500 000	90 000 000	100 000	t/rok
8	S-20	20	Mg	120	2 400	500	t/rok

Źródło: opracowanie własne na podstawie kart technologii.

W początkowej fazie obliczeń dla grupy technologii środowiskowych zastosowana została identyczna metodyka, jak w przypadku technologii materiałowych i energetycznych, które odnosiły się do jednostki produktu końcowego. Jednakże w procesie weryfikacji wyników analiz LCA uznano, że dla technologii środowiskowych produkty końcowe nie stanowią wspólnego mianownika umożliwiającego tworzenie modelu. Ze względu na charakter analizowanych technologii stwierdzono, że tworzenie modelu dla technologii środowiskowych będzie możliwe jedynie po uwzględnieniu odpadów poddanych zagospodarowaniu. Z tego powodu rezultaty analiz środowiskowych metodą LCA zostały przeliczone na jednostkowy strumień wejściowy zagospodarowanych odpadów.

Wyniki analizy środowiskowej dla wszystkich analizowanych technologii zestawiono w Tabeli 3.10.

Wyniki ujemne analizy środowiskowej oznaczają korzyść dla środowiska, ponieważ w przypadku technologii środowiskowych odpady poddawane przetworzeniu nie są uwzględnione jako wejście do procesu w postaci oddziaływania unikniętego.

Istotny jest również fakt, że odpady wchodzące do procesu można modelować jako unikniętą emisję, jaka powstałaby w wyniku ich składowania lub spalania oraz że w granicach systemu można uwzględnić ograniczenie emisji, jaka powstałaby podczas wytwarzania takiego samego produktu (przy założeniu substytucji produktów i tego, że produkt z technologii środowiskowej wyprze częściowo produkt wytwarzany klasycznie).

Tabela 3.10. Wyniki analizy środowiskowej

Lp.	Symbol technologii	Wartość ekowskaźnika, Pt				kg CO ₂ -Eq.
		Zdrowie człowieka	Jakość ekosystemu	Zużycie zasobów	Łącznie	
1	S-01	-157,1	-5,1	-26,9	-189,1	-387 000 000
2	S-02	-94,2	-18,7	-2,6	-115,5	-48 800 000
3	S-03	1580,4	637,4	-8653,2	-6435,4	274 000 000
4	S-04	1,8	0,1	0,3	2,2	5 590 000
5	S-07	19,5	1,6	17,6	38,7	159 000 000
6	S-08+S-05	108,0	-4,9	13,6	116,7	-232 000 000
7	S-20	-61,8	658,9	44,9	642	2 960 000

Źródło: opracowanie własne (na podstawie analiz wykonanych z użyciem programu Sima Pro).

3.5. Tworzenie modułu użytkownika na podstawie analiz środowiskowych

Na bazie doświadczeń zdobytych podczas wykonanych analiz środowiskowych wybranych technologii utworzono środowiskowy moduł użytkownika umożliwiający uproszczoną analizę cyklu życia. Dla wybranych strumieni wyznaczono wskaźniki oddziaływania na środowisko w kategorii Zdrowie człowieka, Jakość ekosystemu i Zużycie zasobów. Koncepcję tworzenia modułu w sposób uproszczony przedstawiono w Tabeli 3.11.

W celu uzyskania wielkości oddziaływania na środowisko analizowanego przez użytkownika systemu wielkość strumienia deklarowana przez użytkownika jest mnożona przez ekowskaźnik, a wyniki uzyskane dla poszczególnych strumieni sumuje się w celu uzyskania wskaźników środowiskowych. Uproszczone wskaźniki oceny zostały wyliczone z wykorzystaniem metodyki ekowskaźnika 99. Uzyskany wynik jest przybliżonym rezultatem oceny cyklu życia, który może użytkownikowi pomóc w dokonaniu wyboru dla niektórych alternatywnych unikniętego.

Tabela 3.11. Wykorzystanie uproszczonego LCA do tworzenia modułu użytkownika

Strumienie	Wielkość zużycia jedn./jedn. produktu	Zdrowie człowieka Pt	Jakość ekosystemu Pt	Zużycie zasobów Pt
Materiały budowlane				
Węgiel				
Gaz ziemny				
Surowce				
Tworzywa sztuczne				
Chemikalia				
Inne materiały				
Woda				
Energia elektryczna				
Ciepło				
Emisja CO ₂				
Emisja SO _x				
Emisja NO _x				
Emisja PM10				
Ścieki do oczyszczalni				
Odpady na wysypisko				
Odpady do spalarni				
Żelazo i stal do recyklingu				

*Wskaźniki
środowiskowe
Pt/jedn.*

LEGENDA:

– pola do wprowadzania danych

– pola z wynikami

– wskaźniki środowiskowe Pt/jedn. ukryte w algorytmie

Źródło: opracowanie własne.

3.6. Literatura

1. PN-EN ISO 14040:2009 Zarządzanie środowiskowe. Ocena cyklu życia. Zasady i struktura.
2. PN-EN ISO 14044:2009 Zarządzanie środowiskowe. Ocena cyklu życia. Wymagania i wytyczne.
3. Goedkoop M., Eftting S., Collignon M.: The Eco-indicator 99. A damage oriented method for Life Cycle Assessment. Manual for Designers, Pre, 17.04.2000.
4. <http://www.pre.nl> (20.07.2011).
5. Hischier R., Weidema B., Althaus H.-J., Bauer C., Doka G., Dones R., Frischknecht R., Hellweg S., Humbert S., Jungbluth N., Köllner T., Loerincik Y., Margni M., Nemecek T.: Implementation of Life Cycle Impact Assessment Methods, Data v2.2, ecoinvent report No. 3, St. Gallen, July 2010, wersja elektroniczna na stronie internetowej: http://www.ecoinvent.org/fileadmin/documents/en/03_LCIA-Implementation-v2.2.pdf.

OCENA EKONOMICZNA TECHNOLOGII

Określanie ekoefektywności wiąże się z koniecznością wyznaczenia wskaźnika ekologicznego oraz ekonomicznego [3, 4]. Podobnie jak w przypadku wskaźnika odnoszącego się do wpływu na środowisko, wskaźnik ekonomiczny uwzględniany w formule obliczania ekoefektywności może być wyznaczany za pomocą różnych metod. Zaleca się przy tym, aby wyrażać go w odniesieniu do:

- rozmiarów produkcji, np. liczba pracowników, ramy czasowe (lata, miesiące), jednostki powierzchni,
- ilości wyrobów gotowych lub sprzedanych,
- funkcji czasu życia wyrobu,
- wartości pieniężnej np. wartość sprzedaży brutto, obroty, dochód, zysk, inwestycje, koszty, wartość księgową,
- innych wskaźników takich jak np. cena wyrobu/usługi, wartość udziałów.

W pracach dotyczących sposobu wyznaczania ekoefektywności zaleca się, aby używać standaryzowanych wskaźników ekonomicznych, jak np. wartość dodana w przypadku określania ekoefektywności produktu lub usługi.

Można wymienić następujące metody wykorzystywane do szacowania wskaźnika ekonomicznego:

- analiza CBA (*Cost-Benefit Analysis*) – analiza kosztów i korzyści – metoda porównywania i oceny pełnych kosztów i korzyści dla społeczeństwa i ekosystemów związanych z określoną działalnością oraz obejmujących jej materialne, jak i niematerialne koszty i korzyści;
- analiza LCC (*Life Cycle Costing*) – analiza kosztów cyklu życia – metoda identyfikacji i szacowania wszystkich kosztów związanych z cyklem życia produktu lub procesu, które dotyczą bezpośrednio jednego lub większej liczby decydentów w cyklu życia (dostawca, producent, użytkownik/konsument, przedsiębiorstwo utylizacji) z uwzględnieniem kosztów zewnętrznych, które mogą mieć wpływ na decyzje podejmowane w przyszłości,

- inne metody, które mogą być stosowane do oceny projektów inwestycyjnych, w szczególności technologii. Ich wybór może być uwarunkowany celem analizy, a także tym, kto inicjuje jej przeprowadzenie. Przykładowo inne będą oczekiwania kierownictwa w odniesieniu do analizy rocznej działalności przedsiębiorstwa, wyników osiąganych ze sprzedaży, a inne podejście będzie towarzyszyło menadżerowi projektu, który chce ocenić efektywność określonej technologii w wymiarze zarówno ekonomicznym, jak i ekologicznym. Ta ostatnia grupa decydentów korzysta przede wszystkim z dyskontowych metod oceny opłacalności przedsięwzięć, do których zalicza się m.in. wartość zaktualizowaną netto (*Net Present Value* – NPV) [2].

Metody dyskontowe mogą stanowić zarówno część analizy ekonomicznej prowadzącej do oszacowania wartości wskaźnika ekonomicznego w ramach analizy efektywności (np. w ramach analizy CBA lub LCC), jak również mogą być wykorzystane do szacowania wartości tego wskaźnika bezpośrednio. W niniejszym rozdziale przedstawiono metodykę i wyniki oceny efektywności ekonomicznej technologii zrównoważonego rozwoju dokonanej za pomocą metod dyskontowych, będącej częścią analizy efektywności uwzględniającej zarówno wskaźnik ekonomiczny, jak i opisany w Rozdziale 3 wskaźnik ekologiczny.

4.1. Przyjęte założenia oraz metodyka obliczeń

W praktyce wykorzystuje się wiele dyskontowych metod opłacalności projektów inwestycyjnych, zwanych również dynamicznymi lub złożonymi, które uwzględniają zmienną wartość pieniądza w czasie.

Wymagania stawiane analizie dokonywanej w ramach oceny efektywności ekonomicznej technologii zrównoważonego rozwoju, której wynik, według przyjętych założeń, powinien mieć formę wskaźnika odzwierciedlającego wartość produktu, zdecydowały o wyborze metody wartości bieżącej netto (*Net Present Value*, NPV) jako metody najbardziej odpowiedniej w tym przypadku. Wskaźnik NPV stanowi bowiem ocenę korzyści, jakie przyniesie inwestycja w całym okresie życia.

Przeprowadzenie analizy metodą NPV wiąże się z koniecznością przyjęcia następujących założeń [7]:

- korzyść netto generowana przez inwestycję wyceniana kasowo jako przepływ pieniężny netto (NCF),
- w całym okresie życia inwestycji pieniądź ma wartość zmienną, co powoduje konieczność przestrzegania porównywalności czasowej, która poprzez zastosowanie rachunku dyskonta doprowadza wszystkie korzyści netto do porównywalności,
- określona jest długość ekonomicznego cyklu życia inwestycji (okresu obliczeniowego),
- znana jest oczekiwana struktura (tzn. wielkość i rozkład w czasie) korzyści netto (przepływów pieniężnych netto) w całym ekonomicznym cyklu życia inwestycji,
- inwestycja charakteryzuje się konwencjonalnym (typowym) rozkładem w czasie przepływów pieniężnych netto,

- nakłady inwestycyjne są ponoszone nieodwracalnie (brak elastyczności),
- jedyną alternatywą wobec realizacji inwestycji jest inwestycja na rynku kapitałowym,
- zakłada się płaski kształt krzywej rentowności w całym cyklu życia inwestycji (stała stopa dyskontowa w całym okresie),
- zakłada się, że przepływy pieniężne netto inwestycji powstają z końcem roku, podczas gdy w rzeczywistości są tworzone stopniowo w ciągu całego roku, co powoduje, iż wartości NPV mogą być niedoszacowane (założenie to jednak prowadzi do zaniżenia wartości NPV, dlatego można je uznać za bezpieczne),
- miarą opłacalności wykorzystywanej w algorytmie metody jest kumulacja korzyści netto.

Obliczanie wartości bieżącej netto w odniesieniu do technologii polega na zsumowaniu wszystkich korzyści netto (przepływów pieniężnych netto) osiągniętych w całym ekonomicznym cyklu życia technologii, które przed sumowaniem się dyskontuje, czyli sprowadza do jednego momentu czasowego w celu ujednoczenia ich wartości pieniężnej.

Przyjmując zatem, że przepływy pieniężne netto w roku t stanowią różnicę pomiędzy wartością nadwyżki pieniężnej w roku t z działalności bieżącej (CF_t) a wartością wydatków inwestycyjnych poniesionych w roku t (I_t), NPV można przedstawić jako [7]:

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+k)^t} - \sum_{t=0}^m \frac{I_t}{(1+k)^t}.$$

Dodatnia wartość wskaźnika NPV oznacza, że inwestycja jest opłacalna. W zależności od przyjętej stopy dyskonta, dodatni wskaźnik NPV wskazuje, iż zyski z inwestycji są wyższe niż koszty kredytu, wyższe niż stopa zwrotu z projektów alternatywnych lub projektów realizowanych dotychczas w danym przedsiębiorstwie. Ujemna wartość NPV oznacza, iż przy przyjętej stopie dyskonta, zyski z inwestycji będą niższe niż zamierzone. Nie można jednak jednoznacznie powiedzieć, że inwestycja będzie wówczas generować ujemny wynik finansowy wyrażony w wartościach nominalnych. Taka sytuacja może mieć miejsce w przypadku użycia jako stopy dyskontowej np. średniego poziomu zwrotu z projektów alternatywnych lub stopy oprocentowania lokat bankowych.

Najczęściej jako stopę dyskontową przyjmuje się:

- minimalną stopę zwrotu z projektu, która musi być osiągnięta, by w wyniku realizacji tego projektu wartość rynkowa firmy nie spadła,
- stopę zwrotu, jaką można uzyskać na rynku inwestując w inne projekty, lokaty itp. (tzw. alternatywna stopa zwrotu),
- koszt kapitału przedsiębiorstwa, który jest niezbędny do sfinansowania projektu o danym poziomie ryzyka (koszt kredytu).

W ramach prowadzonych prac, w celu uzyskania porównywalnych wyników obliczeń, konieczne było przyjęcie jednolitej stopy dyskontowej do analizy wszystkich wybranych technologii zrównoważonego rozwoju.

Tabela 4.1 zawiera szacunkowe realne stopy zwrotu z aktywów finansowych, będące punktem wyjścia wyboru finansowej stopy dyskontowej. Należy przy tym zaznaczyć, że więksi inwestorzy i doświadczeni specjaliści są w stanie osiągnąć zwroty wyższe od przeciętnych [5].

Tabela 4.1. Przybliżone szacunki długoterminowej rocznej finansowej stopy zwrotu z papierów wartościowych – stan na koniec roku 2008

Klasa aktywów	Szacowany nominalny roczny zwrot, %	Szacowany realny roczny zwrot, %
Akcje dużych spółek	9,0	6,4
Akcje spółek średnich i małych	10,7	8,1
Akcje spółek międzynarodowych	9,1	6,5
Obligacje	4,8	2,2
Środki pieniężne w formie lokat bankowych	3,2	0,6
Średnia prosta	-	4,76

Źródło: opracowanie własne na podstawie [5].

Jeżeli przyjmiemy, że podmioty realizujące projekt są doświadczonymi inwestorami, stopa zwrotu nieznacznie wyższa od średniej z wartości podanych w Tabeli 4.1 będzie bardziej odpowiadała wymogom procesu obliczeń efektywności. Dlatego na podstawie powyższego zestawienia przyjęto, że rekomendowana przez Komisję Europejską w **momencie realizacji przedmiotowych ocen efektywności** finansowa stopa dyskontowa wynosząca 5%, która jest nieco wyższa od średniej wartości portfela różnych papierów wartościowych, była najodpowiedniejsza dla analiz przeprowadzanych w cenach stałych. Przyjmując ją uniezależniono wyniki analiz od specyficznych warunków wdrażania technologii takich, jak źródła finansowania, czy sytuacja finansowa przedsiębiorcy. Oceniono więc samą technologię, przez co uzyskane wyniki stały się bardziej obiektywne i porównywalne względem innych analizowanych technologii.

Kolejnym istotnym czynnikiem wpływającym na porównywalność uzyskiwanych wyników jest horyzont czasowy prowadzonych analiz. Ponieważ wyniki oceny efektywności ekonomicznej, wraz z wynikami oceny cyklu życia (ang. *Life Cycle Assessment* – LCA), stanowią podstawę szacowania efektywności, uznano, że dla obu rodzajów analiz przyjęte horyzonty czasowe powinny być jednakowe.

W praktyce można odwołać się również do standardowego horyzontu czasowego, zróżnicowanego ze względu na sektor i opartego na międzynarodowych praktykach. Przykładem mogą być rekomendacje Komisji Europejskiej, które przedstawiono w Tabeli 4.2. Należy przy tym zaznaczyć, iż każdy projektodawca może uzasadnić przyjęcie szczególnego horyzontu czasowego, opierając się na szczególnych cechach projektu.

Tabela 4.2. Referencyjny horyzont czasowy (w latach) rekomendowany przez Komisję Europejską dla okresu 2007–2013

Projekty według sektora	Lata
Energia	25
Woda i środowisko	30
Koleje	30
Drogi	25
Porty i lotniska	25
Telekomunikacja	15
Przemysł	10
Inne usługi	15
Prosta średnia krocząca	22

Źródło: [5].

W obliczeniach przyjęto więc przewidywane okresy użytkowania technologii deklarowane przez ich użytkowników, a tam gdzie nie zostały one oznaczone, przyjęto referencyjny horyzont czasowy rekomendowany przez Komisję Europejską (Tabela 4.2).

Stosowanie metody NPV wiąże się z określonymi zaletami, jak i ograniczeniami. Ich identyfikacja, jak i w przypadku wad – określenie sposobów ich neutralizacji, są istotne z punktu widzenia konieczności zapewnienia wiarygodności uzyskiwanych wyników. W Tabeli 4.3 przedstawiono zalety i wady metody wartości bieżącej netto, przy czym w ostatniej kolumnie podano możliwe podejścia do rozwiązania wskazanych problemów.

Przyjęta metodyka wykonywania analizy ekonomicznej ma w szczególności umożliwić dokonanie wyliczeń i uzyskiwanie reprezentatywnych wyników dla bardzo (czasem skrajnie) różnych technologii. Metodyka powinna więc być uniwersalna oraz gwarantować uzyskanie wyników, które będzie można ze sobą porównać.

Należy przy tym zaznaczyć, iż poprawność wyliczeń zależy w największym stopniu od jakości i wiarygodności danych wejściowych, wpisanych do kart technologii.

Rozważając problemy z pozyskiwaniem danych, należy mieć na uwadze w szczególności technologie przyszłościowe, dla których dane eksploatacyjne są dostępne co najwyżej w sferze prognoz. Wskazane jest również przyjęcie jednolitych założeń dla wszystkich analizowanych technologii, chociaż w przypadku okresu analizy, który odzwierciedla czas życia projektu, może to być dyskusyjne. Porównywanie wskaźników NPV wyliczonych dla projektów o różnym czasie trwania/życia może prowadzić do błędnych wniosków.

Tabela 4.3. Zalety i wady metody wartości bieżącej netto

ZALETY	WADY	SPOSOBY OGRANICZANIA WAD
Korzyść netto jest wyrażona poprzez przepływ pieniężny netto	Utrudniony wybór odpowiedniego poziomu stopy dyskontowej	<ol style="list-style-type: none"> 1. Szacuje się wysokość premii za ryzyko i traktuje się tę wartość jako składnik stopy dyskontowej w koncepcji przychodowej. 2. Szacuje się koszt kapitału własnego (w koncepcji kosztowej), w szczególności gdy inwestycja jest realizowana przez firmę, która nie jest notowana na rynku kapitałowym i nie można wykorzystać do szacowania kapitału własnego modelu CAPM czy modelu Gordona. 3. Konieczne jest przestrzeganie zasady spójności – przyjmuje się stopę dyskonta w ujęciu kosztowym w zależności od formuły przepływów pieniężnych netto, które mają być dyskontowane. 4. Należy przestrzegać zasady spójności związanej z inflacją (model nominalny – nominalna stopa dyskonta; model realny – realna stopa dyskonta)
Uwzględnia zmienność wartości pieniądza w czasie	Nie pokazuje relatywnej opłacalności ocenianej inwestycji (metoda bezwzględna nierelatywna)	By pokazać efektywność w wartościach względnych wartość NPV danej inwestycji można odnieść do wartości nakładów inwestycyjnych poniesionych na jej realizację. W tym celu wykorzystuje się wskaźnik wartości bieżącej netto (<i>Net Present Value Ratio</i>), który wyraża skumulowaną zdyskontowaną wartość korzyści netto (NPV) przypadającą na jednostkę zdyskontowanych nakładów inwestycyjnych
Zakłada ujmowanie w bezwzględnej ocenie opłacalności korzyści netto z całego cyklu życia inwestycji	Zakłada płaską krzywą rentowności (stałość stopy dyskonta w całym cyklu życia inwestycji)	Jest to najistotniejsza wada. W praktyce krzywa rentowności odzwierciedlająca stopę dyskontową jest zmienna. Jest to spowodowane możliwymi zmianami w oprocentowaniu kapitału obcego, kosztach kapitału własnego, strukturze finansowania inwestycji (udział kapitału własnego i obcego), w podatku dochodowym od osób prawnych. Założenie to dotyczy również stałości rentowności inwestycji oraz premii za ryzyko. Rozwiązaniem może być tutaj stosowanie zmiennej stopy dyskontowej dla poszczególnych okresów cyklu życia. Można również obliczyć średnią geometryczną ze stóp dyskontowych właściwych dla wszystkich okresów cyklu życia inwestycji, a następnie zastosować tę średnią jako stopę dyskontową dla wszystkich okresów
Pozwala zbudować obiektywne bezwzględne kryterium decyzyjne	Przyjmuje założenie o równości stopy dyskontowej oraz stopy kapitalizacji wykorzystywanej do reinwestycji dodatnich przepływów pieniężnych netto	Należy w obliczeniach uwzględnić właściwy kształt krzywej rentowności dla danej inwestycji w całym okresie życia. Należy przyjąć dla każdego okresu właściwą dla tego okresu stopę dyskontową odzwierciedlającą rzeczywistą wartość pieniądza w danym okresie. Rozwiązanie to wymaga stosowania zmiennej stopy dyskontowej dla poszczególnych okresów cyklu życia

cd. →

ZALETY	WADY	SPOSOBY OGRANICZANIA WAD
Wiąże inwestycję z długofalowym celem działania firmy (wzrost wartości)	Ma statyczny charakter, nakłady inwestycyjne są ponoszone nieodwracalnie (ogranicza aktywne zarządzanie inwestycją po rozpoczęciu jej realizacji), nie uwzględnia więc możliwości dostosowania inwestycji do zmian otoczenia – elastyczności tkwiącej w inwestycji (przesunięcie momentu realizacji inwestycji, wycofanie się z inwestycji, zmniejszenie lub zwiększenie jego skali, czasowe wstrzymanie jego eksploatacji)	Wadę tę można wyeliminować stosując modele wyceny opcji. Opcje związane z inwestycjami są nazywane opcjami realnymi. Najczęściej wymienia się: opcję opóźnienia, opcję ekspansji, opcję rezygnacji, opcję przełączania oraz opcję zmiany skali działalności
Może być stosowana do szacowania opłacalności zarówno w odniesieniu do inwestycji typowych, jak i inwestycji nietypowych	Nie pozwala oszacować marginesu ryzyka	Wadę tę można neutralizować poprzez dodatkowe obliczenia, tj. próg rentowności, czy test wrażliwości projektu. Test wrażliwości projektu polega na przyjęciu, że wybrany element przyjęty w obliczeniach może się zmienić. Oblicza się NPV dla przyjętych scenariuszy zmian. Innym sposobem jest poszukiwanie granicznej wartości elementu, przy której $NPV = 0$, a także badanie wrażliwości projektu na zmianę czynnika czasu
Pozwala prowadzić analizy związane z ryzykiem inwestycji i umożliwia prostą interpretację uzyskanych wyników	Nie pokazuje precyzyjnie stopy rentowności projektu: przyjęcie wyłącznie wartości NPV do oceny projektu może być niewystarczające. Projekt o małej wartości NPV może mieć dużą stopę zwrotu, a projekt o dużej wartości NPV nie musi mieć największej stopy zwrotu	Ocenę projektu można uzupełnić wyliczeniem dodatkowych wskaźników jak np. wewnętrznej stopy zwrotu (ang. <i>Internal Rate of Return</i> – IRR). Jednak NPV i IRR mogą przynieść różne decyzje o przyjęciu lub odrzuceniu projektu. Dla projektów wzajemnie się wykluczających powinno się stosować NPV
Spełnia zasadę addytywności: $NPV_A + NPV_B = NPV(A+B)$	Można porównywać jedynie projekty o tym samym czasie trwania	Zrównanie czasu trwania analizowanych projektów z uwzględnieniem odpowiedniego poziomu inwestycji odtworzeniowych
Jest metodą multiplikatywną: $2 \times NPV_A = NPV(2 \times A)$	–	–

Źródło: [7].

Z tego względu przyjęto następujące założenia do obliczeń:

- metoda wyliczenia wskaźnika NPV: ekonomiczna formuła NPV,
- przyjęta stopa dyskontowa: 5% (odzwierciedla średni koszt kapitału przy zróżnicowanych źródłach finansowania),
- przyjęty okres analizy: w obliczeniach przyjęto okres analizy wskazany w części B.2. poszczególnych kart technologii. Tam, gdzie nie został on oznaczony, przyjęto referencyjny horyzont czasowy rekomendowany przez Komisję Europejską.

Uzyskane dla poszczególnych technologii wartości wskaźnika NPV (a w szczególności jego składowe w formie zdyskontowanych nakładów inwestycyjnych i zdyskontowanych kosztów eksploatacyjnych oraz zdyskontowanych przychodów) posłużyły do obliczenia wskaźników ekoefektywności, również z wykorzystaniem wyników analiz ekologicznej oraz społecznej dla tych technologii. Wskaźnik ekoefektywności powinien odzwierciedlać związek pomiędzy wpływem technologii na środowisko a stroną kosztową funkcjonowania technologii.

4.2. Wyniki obliczeń

Podstawą analiz ekonomicznych były dane dotyczące poszczególnych technologii otrzymane metodą ankietyzacji. Po otrzymaniu uzupełnionych kart technologii przeprowadzono weryfikację danych i informacji zawartych w otrzymanych kartach wybranych do badania technologii. Po otrzymaniu dodatkowych wyjaśnień i uzupełnień przeprowadzono obliczenia wyliczając następujące wskaźniki ekonomiczne:

- suma zdyskontowanych nakładów inwestycyjnych i kosztów operacyjnych,
- suma zdyskontowanych przychodów,
- NPV.

Przeprowadzona weryfikacja pozwoliła uzyskać 40 kompletnych (umożliwiających obliczenia zarówno analiz ekonomicznych, jak i środowiskowych) kart technologii, w tym:

- 15 energetycznych,
- 17 materiałowych,
- 8 środowiskowych.

W Tabeli 4.4 zamieszczono podsumowanie uzyskanych wyników przeprowadzonej analizy ekonomicznej ankietowanych technologii.

W ramach projektu przeprowadzono również dodatkowe analizy technologii energetycznych na podstawie danych literaturowych. Celem tych analiz było testowanie i weryfikacja opracowanego modułu obliczania ekoefektywności. Ich wyniki przedstawiono w Tabeli 4.5 i 4.6.

Do testowania i weryfikacji wybrano kilkanaście technologii energetycznych. Ocena ekoefektywności została przeprowadzona dla różnych wariantów procesu zgazowania w zintegrowanym bloku gazowo-parowym typu IGCC – *Integrated Gasification Combined Cycle* (technologie testujące). Kolejną grupą technologii testujących

Tabela 4.4. Podsumowanie wyników przeprowadzonej analizy ekonomicznej – technologie objęte ankietyzacją

Lp.	Symbol technologii	Nazwa technologii	Suma zdyskontowanych nakładów inwestycyjnych i kosztów operacyjnych [mln zł]	Suma zdyskontowanych przychodów [mln zł]	NPV [mln zł]
1	E-02	Technologie wytwarzania modułów fotowoltaicznych	212,89	1 791,16	1 578,26
2	E-03	Technologie wykorzystania energii słonecznej na użytek gospodarstw domowych	62,18	513,79	451,61
3	E-04	Technologie pozyskiwania energii z małych elektrowni wiatrowych z pionową osią obrotu	72,44	622,78	550,34
4	E-08	Spalanie węgla w kotle pyłowym w parametrach ultranadkrytycznych USCPC	10 925,41	20 186,90	9 261,49
5	E-09	Spalanie węgla w kotle pyłowym w parametrach nadkrytycznych SCPC	11 856,02	21 403,21	9 547,19
6	E-10	Spalanie węgla w kotłach fluidalnych w parametrach nadkrytycznych SFBC	3 633,20	10 575,71	6 942,51
7	E-11	Spalanie węgla w tlenie (Oxyspalanie)	10 875,68	19 755,66	8 879,98
8	E-12	Technologia bloku gazowo-parowego ze zintegrowanym zgazowaniem paliwa IGCC	9 557,71	18 623,04	9 065,33
9	E-13	Bezpośrednie uwodornienie węgla	30 190,65	46 247,50	16 056,85
10	E-15	Spalanie gazu w układach zintegrowanych NGCC	9 264,78	11 635,49	2 370,71
11	E-16	Geotermia średniotemperaturowa	366,86	192,17	-174,69
12	E-17	Energetyczne wykorzystanie paliw alternatywnych – spalanie odpadów komunalnych	1 663,31	2 267,81	604,50
13	E-19	Elektrownia wiatrowa	127,63	137,96	10,32
14	E-21	Piaski ropoślone	111 770,33	122 912,85	11 142,51
15	E-23	Ogniwa paliwowe	4 240,47	7 485,74	3 245,27
16	M-05	Mikrowytwarzanie	0,52	0,42	-0,10
17	M-06	Technologie przetwórstwa oparte o maszyny wielosławkowe	23,06	27,95	4,89
18	M-07	Technologie przetwórstwa związane z współwytłaczaniem	14,52	16,91	2,38
19	M-08	Technologie łączenia różnych materiałów	6,35	15,44	9,09
20	M-09	Technologie przetwórstwa kształtującego strukturę	34,36	44,05	9,69
21	M-11	Techniki wytwarzania nanokompozytów	17,81	30,89	13,08

cd. →

Lp.	Symbol technologii	Nazwa technologii	Suma zdyskontowanych nakładów inwestycyjnych i kosztów operacyjnych [mln zł]	Suma zdyskontowanych przychodów [mln zł]	NPV [mln zł]
22	M-12	Techniki wytwarzania kompozytów wysokopelnieńnych	27,39	116,90	89,51
23	M-13	Recykling materiałów polimerowych	17,39	44,74	27,36
24	M-15	Technologia natryskiwania detonacyjnego węgla	2,38	0,41	-1,97
25	M-16	Technologia biologicznie aktywnych szkieł krzemianowo-fosforanowych i magnezowo-potasowo-wapniowych	4,92	4,12	-0,80
26	M-19	Technologia warstw ochronnych na dyski optyczne – chemiczne osadzone z fazy gazowej z użyciem plazmy	65,08	282,44	217,36
27	M-23	Technologia rapid prototyping w zakresie metalurgii i odlewnictwa	0,84	1,11	0,27
28	M-25	Badanie i określenie zasad możliwości wykonywania odlewów ze stopów Al i Mg o strukturze drobnziarnistej	14,15	62,99	48,84
29	M-26	Wprowadzenie metod szybkiego prototypowania do wykonywania odlewów	0,68	0,74	0,06
30	M-27	Wykorzystanie technik komputerowych do racjonalnego i funkcjonalnego konstruowania odlewów pracujących w różnych warunkach obciążeń	1 091,41	2 429,11	1 337,69
31	M-33	Technologia wytwarzania konstrukcji przekładniowych	112,20	155,69	43,49
32	M-34	Modułowe elementy maszyn i narzędzi z wymiennymi zespołami	165,40	197,32	31,92
33	S-01	Technologia produkcji kruszyw z odpadów wydobywczych wraz z odzyskiem węgla	175,13	175,69	0,56
34	S-02	Technologia – Kompostownia	11,93	11,39	-0,54
35	S-03	Technologia plazmowego unieszkodliwiania odpadów	84,68	103,40	18,71
36	S-04	Granulacja mułów węglowych	33,11	46,33	13,22
37	S-05	Instalacja zagospodarowania biogazu	9,68	51,21	41,53
38	S-07	Składowisko odpadów komunalnych	168,39	322,90	154,51
39	S-08	Technologia mechaniczno-biologicznego unieszkodliwiania odpadów komunalnych	215,51	218,98	3,47
40	S-20	Wysokoelektrywna technologia produkcji włókna konopnego, lnianego oraz lnu oleistego jako alternatywnego surowca do ekologicznego wytwarzania masy celulozowo-papierniczej oraz materiałów kompozytowych	3,36	3,01	-0,35

Źródło: analizy własne.

są technologie produkujące energię elektryczną z gazu ziemnego w systemie rozproszonym. Analizowane procesy wytwarzania energii elektrycznej oparte są na technologii turbin gazowych zasilanych gazem ziemnym.

Analizowano więc następujące rodzaje technologii:

- instalacje do zgazowania węgla oraz koksu naftowego,
- instalacje skojarzonej produkcji energii elektrycznej i ciepła w formie pary wodnej niskotemperaturowej poprzez spalanie gazu ziemnego.

Dane eksploatacyjne (technologiczne) oraz nakłady inwestycyjne zostały określone na podstawie źródeł literaturowych:

- dla instalacji skojarzonej produkcji energii elektrycznej i ciepła: *Catalog of CHP Technologies, U.S. Environmental Protection Agency Combined Heat and Power Partnership* [8], dokument dostępny na stronie <http://www.epa.gov>,
- dla instalacji do zgazowania: *Gasification plant cost and performance optimization, Final report*, Bechtel Co, Global Energy Inc, Nexant Inc, 2003 [9].

Koszty surowców wykorzystywanych w analizowanych procesach technologicznych oraz przychody z tytułu sprzedaży produktów końcowych oszacowano na podstawie źródłowych danych technologicznych oraz aktualnych cen rynkowych tych produktów. Na podstawie doświadczeń i danych z analiz innych podobnych technologii przyjęto szacunkowo wartość kosztów ogólnych i pozostałych jako wartość procentowa kosztów surowców wykorzystywanych w produkcji oraz koszty niezbędnych odtworzeń jako wartość procentową nakładów inwestycyjnych. Przyjęto następujące wskaźniki procentowe tych kosztów:

- dla instalacji skojarzonej produkcji energii elektrycznej i ciepła: koszty ogólne i pozostałe – 15%, odtworzenia – 5%,
- dla instalacji do zgazowania: koszty ogólne i pozostałe – 30%, odtworzenia – 15%.

Podsumowanie wyników przeprowadzonej analizy ekonomicznej technologii energetycznych zamieszczono w Tabeli 4.5 i 4.6.

Przedstawione poniżej wyniki obliczeń wskazują na zróżnicowany stopień efektywności poszczególnych rodzajów technologii. Na osiąganą efektywność ekonomiczną, poza nakładami inwestycyjnymi, istotny wpływ ma ilość i struktura produktów końcowych. Analizując uzyskane wyniki, należy jednak mieć na uwadze fakt, że otrzymano je przy założeniach opierających się na aktualnych średnich cenach surowców energetycznych i energii elektrycznej. Rzeczywista efektywność ekonomiczna poszczególnych technologii będzie więc w praktyce zależna od lokalizacji inwestycji (koszty dostarczania surowców oraz przesyłu/transportu produktów do odbiorców końcowych) oraz zmienna w czasie – zależnie od aktualnej sytuacji rynkowej (ceny surowców i produktów). Dla celów porównawczych poszczególnych technologii wyniki są jednak w pełni użyteczne i nie powinny ulegać znacznym odchyleniom względem siebie. Przyjmując bowiem te same założenia dla wszystkich analizowanych technologii, niezależnie od przyjętych do obliczeń wartości wejściowych, uzyskujemy wyniki wskazujące, które z badanych technologii są mniej, a które bardziej efektywne względem siebie.

Tabela 4.5. Podsumowanie wyników przeprowadzonej analizy ekonomicznej dla technologii referencyjnych – zgazowanie węgla

Nazwa technologii	Suma zdyskontowanych nakładów inwestycyjnych i kosztów operacyjnych [zł]	Suma zdyskontowanych przychodów [zł]	NPV [zł]
IGCC – zgazowanie węgla w Wabash River Greenfield Plant	6 789 375 137	7 954 328 310	1 164 953 173
IGCC – zgazowanie koksu naftowego, współwytworzenie	9 640 633 586	12 017 139 908	2 376 506 322
IGCC – zoptymalizowane zgazowanie koksu naftowego, przypadek podstawowy	8 862 281 342	13 662 525 761	4 800 244 418
IGCC – zgazowanie koksu naftowego – minimalizacja kosztów	8 788 187 513	13 662 525 761	4 874 338 248
IGCC – zgazowanie koksu naftowego – dodatkowy ciąg technologiczny	9 062 334 695	13 662 525 761	4 600 191 065
IGCC – zmodyfikowane zgazowanie koksu naftowego	8 971 279 619	14 035 509 295	5 064 229 675
IGCC – zgazowanie węgla do energii elektrycznej	6 994 465 742	11 709 280 645	4 714 814 903
IGCC – zgazowanie węgla w jednym ciągu technologicznym	6 669 128 940	8 406 086 282	1 736 957 342
IGCC – zgazowanie koksu naftowego w jednym ciągu technologicznym – modyfikacja układu turbin	3 742 908 653	8 653 707 434	4 910 798 781
IGCC – zgazowanie węgla do energii elektrycznej w bloku o mocy 1000 MW	23 109 703 415	30 928 398 471	7 818 695 055
IGCC – zgazowanie węgla do wodoru	8 390 223 744	981 072 485	-7 409 151 259
IGCC – zgazowanie koksu naftowego do paliw ciekłych i energii elektrycznej	8 704 108 014	21 338 391 646	12 634 283 631
IGCC – zoptymalizowane zgazowanie koksu naftowego do paliw ciekłych, energii elektrycznej	8 405 638 799	11 189 494 010	2 783 855 211
IGCC – zgazowanie węgla do paliw ciekłych i energii elektrycznej	22 819 480 383	32 156 038 753	9 336 558 370

Źródło: analizy własne.

Tabela 4.6. Podsumowanie wyników przeprowadzonej analizy ekonomicznej dla technologii referencyjnych – skojarzona produkcja energii elektrycznej i ciepła

Nazwa technologii	Suma zdyskontowanych nakładów inwestycyjnych i kosztów operacyjnych [zł]	Suma zdyskontowanych przychodów [zł]	NPV [zł]
Technologia wykorzystująca turbinę gazową o nominalnej mocy 1 MW wytwarzająca energię elektryczną i parę wodną ze sprawnością rzędu 71,9%	45 390 181	30 649 102	-14 741 079
Technologia wykorzystująca turbinę gazową o nominalnej mocy 5 MW wytwarzająca energię elektryczną i parę wodną ze sprawnością rzędu 70,5%	160 240 769	131 715 148	-28 525 621
Technologia wykorzystująca turbinę gazową o nominalnej mocy 10 MW wytwarzająca energię elektryczną i parę wodną ze sprawnością rzędu 72,8%	302 861 141	268 496 264	-34 364 877
Technologia wykorzystująca turbinę gazową o nominalnej mocy 25 MW wytwarzająca energię elektryczną i parę wodną ze sprawnością rzędu 77,7%	658 790 967	724 433 316	65 642 349
Technologia wykorzystująca turbinę gazową o nominalnej mocy 40 MW wytwarzająca energię elektryczną i parę wodną ze sprawnością rzędu 77,73%	961 267 688	1 099 314 893	138 047 204

Źródło: analizy własne.

4.3. Literatura

1. Baran J., Krawczyk P., Janik A., Ryszko A. (2011): Problematyka oceny efektywności ekonomicznej wybranych perspektywicznych technologii energetycznych w aspekcie wymagań rozwoju zrównoważonego. Prace Naukowe Głównego Instytutu Górnictwa Nr 2/2011.
2. Burritt R.L., Saka Ch. (2006): Environmental management accounting applications and eco-efficiency: case studies from Japan. Journal of Cleaner Production Nr 14.
3. Calculating Eco-efficiency Indicators: A workbook for industry (2001). National Round Table on the Environment and the Economy. Ottawa.

4. Keffer C., Shimp R., Lehni M. (2000): Eco-efficiency indicators and reporting. Report on the status for the Final Printed Report. WBCSD.
5. Komisja Europejska. Dyrekcja Generalna ds. Polityki Regionalnej (2008): Przewodnik do Analizy Kosztów i Korzyści projektów inwestycyjnych. Fundusze strukturalne, Fundusz Spójności oraz Instrument Przedakcesyjny Raport końcowy przedłożony przez TRT Trasporti e Territorio oraz CSIL Centre for Industrial Studies.
6. Meier M.A., Hungerbühler K. (2000): Uncertainty analysis and toxicity classification in life cycle assessment using the case-study of gas purification system. *International Journal of Life Cycle Assessment* Nr 5 (2).
7. Rogowski W.: Rachunek efektywności inwestycji (2008). Kraków, Wolters Kluwer Polska Sp. z o.o.
8. Catalog of CHP Technologies, U.S. Environmental Protection Agency Combined Heat and Power Partnership
9. Gasification plant cost and performance optimization, Final report, Bechtel Co, Global Energy Inc, Nexant Inc, 2003.

OCENA SPOŁECZNA TECHNOLOGII

5.1. Ekosocjoefektywność a racjonalność w nauce i technice

Dzięki rozwojowi nauki i techniki człowiek posiada ogromne możliwości przekształcania rzeczywistości. Paradoxem jest natomiast fakt, że ze stopniem wykorzystania tych możliwości współwystępuje wzrost potencjału zagrożeń i w konsekwencji ryzyka. Obecnie osiągnął poziom, który uzasadnia twierdzenie o współczesnym kryzysie cywilizacji.

„Zasadnym jest więc pytanie o sposób wypełniania przez naukę i technikę roli czynnika rozwoju cywilizacyjnego, co wiąże się generalnie z problemem racjonalności nauki i techniki, a także w szczegółach z konkretnymi warunkami, jakie dla urzeczywistnienia tej racjonalności należy spełnić” [10].

Kategorię „racjonalności nauki i techniki” można rozpatrywać w odniesieniu do dwóch pojęć odzwierciedlających dwa typy myślenia – racjonalności instrumentalnej i kontemplacyjnej. Racjonalność typu instrumentalnego to myślenie kalkulacyjne, policzalne – aktualnie uważane za stanowiące podstawę zbyt wielu działań, tak sfery intelektualnej, jak i praktycznej. „Racjonalność kontemplacyjna to namysł mający znaczenie usensawniające” [9], myślenie zdystansowane od tego, co policzalne i wyrażające się w określonej postawie człowieka wobec świata. To właśnie przewaga racjonalności instrumentalnej w kreowaniu rzeczywistości, racjonalności, która często „uzasadnia samą siebie poprzez skuteczność rezultatów a nie sensowność osiągniętych celów” [10] (np. związanych z etyką) postrzegana jest jako jedna z ważniejszych przyczyn wspomnianego wyżej kryzysu cywilizacyjnego.

Za źródło wspomnianego kryzysu – zgodnie z tezami C.P. Snowa [8] – uważa się także segmentację i autonomizację różnych obszarów aktywności człowieka, np. nauki, w tym poszczególnych jej dziedzin, techniki, gospodarki i polityki. Mimo iż wspomniana segmentacja i autonomizacja były istotnymi stymulatorami dynamicznego, choć jednostronnego rozwoju cywilizacji, to równocześnie jednak ich skutkiem było wyraźne rozdzielnie kultury technicznej (nauk przyrodniczych)

i kultury humanistycznej, zaś instrumentalizacja utrwaliła jeszcze to rozróżnienie. Utrzymywanie takiego podziału tak w teorii, jak i praktyce wydaje się obecnie nie tylko mało racjonalne, ale także mało odpowiedzialne [10].

Ocena ekosocjoefektywności technologii to jeden ze sposobów zwiększenia świadomości zagrożeń i ich ograniczenia poprzez dostarczanie rzetelnej wiedzy oraz stymulowanie odpowiedzialności zarówno sfery politycznej, jak również gospodarczej i naukowej. Myślenie w kategoriach racjonalności instrumentalnej może jednak sprowadzić efektywność jedynie do takiego wspólnego mianownika, jakim jest np. wielkość emisji CO₂ lub poziom PKB a oddzielenie sfery technicznej od humanistycznej już znacząco odsunęło w czasie włączenie aspektu społecznego w ocenę technologii. Tymczasem, w koncepcji zrównoważonego rozwoju szczególną uwagę zwraca się właśnie na problemy aksjologiczne, które jednakże jak dotąd nie zostały jeszcze w wystarczającym stopniu uwzględnione w stosowanych metodologiach oceny sytuacji. Nawet obecnie przeważa tendencja, by aspekt społeczny efektywności technologii – który w swej istocie stanowi zagadnienie natury kontemplacyjnej, zwracającej się w kierunku etyki – rozwiązać za pomocą narzędzi stanowiących wynik myślenia instrumentalnego (kalkulacyjnego, policzalnego). Nie jest to oczywiście ani niemożliwe, ani nieuzasadnione, jednakże znacznie utrudnione zarówno w sensie teoretycznym, jak i metodologicznym w związku z segmentacją różnych obszarów życia i brakiem kompatybilności paradygmatów nauk przyrodniczych i humanistycznych. Stąd też prawdopodobnie obserwowane problemy z włączeniem aspektu społecznego w metodykę stosowaną dla oceny aspektu środowiskowego.

5.2. Rozwój metod oceny społecznej technologii

Wyżej przedstawione problemy stanowią wystarczające uzasadnienie dla faktu, że pierwsza publikacja dotycząca społecznej oceny cyklu życia ukazała się dopiero w 1996 roku [12].

Oficjalnie, potrzebę włączenia kryteriów społecznych do LCA uznano i zapisano w 2004 roku w Programie Narodów Zjednoczonych ds. Ochrony Środowiska (UNEP) – inicjatywa cyklu życia SETAC [8]. Konsekwencją było utworzenie grupy zadaniowej, której celem było:

- przystosowanie narzędzia środowiskowego LCA do trójskładowego narzędzia zrównoważonego rozwoju (ELCA, LCC, SLCA – *Social Life Cycle Assessment*),
- ustanowienie ram dla włączenia aspektu społeczno-ekonomicznego w LCA,
- określenie sposobu analizy zbioru danych w cyklu życia produktu (dane powinny dotyczyć: kryteriów, punktów aktywnych, konkretnych obszarów oraz charakterystyki badania),
- określenie sposobu oceny wpływu społecznego w cyklu życia produktu (działanie związane jest z klasyfikacją, agregacją i charakterystyką danych),

- stworzenie międzynarodowego forum dla wymiany doświadczeń w zakresie włączenia aspektów społecznych do LCA.

Jednym z wymiernych efektów wzrostu zainteresowania problemem włączenia aspektu społecznego w ocenę cyklu życia produktu były liczne dyskusje i badania ukierunkowane na rozwój SLCA. Zapoczątkowali je i systematycznie rozwijali np. B.P. Waidema [14], L.C. Dreyer [6], C. Benoît [2] oraz G. Norris [11]. Zaproponowali ramy dla społecznych skutków oceny w LCA, w tym określili kategorie „presji”, kategorie wpływu, jak również opisujące je wskaźniki.

Rezultatem podjętych wysiłków był *Guidelines for social life cycle assessment of products* [4], który stanowi poważny krok w kierunku standaryzacji metody SLCA i równocześnie jest pierwszą dyrektywą dla praktyki, wzorowaną na metodologii ELCA. Celem przewodnika było zwrócenie uwagi na wykorzystanie możliwości oceny skutków społecznych i społeczno-ekonomicznych „zgodnie z normami ISO 14040 oraz 14044 dla oceny cyklu życia”. Zgodnie z założeniami zawartymi w przewodniku, w metodologii SLCA, tak jak w ELCA można wyróżnić cztery główne fazy:

- 1) cel i zakres badania,
- 2) analiza zasobów,
- 3) ocena oddziaływania,
- 4) interpretacja.

Wyniki analizy i oceny społecznego wpływu mogą być wykorzystane np. do przeprowadzenia analizy porównawczej – na poziomie sektorów/przemysłu – wpływu produkcji na ważne aspekty życia społecznego oraz analizy strategicznej i podejmowania decyzji w zakresie identyfikacji możliwości optymalizacji złożonych procesów w firmie/organizacji (poprawa wpływów społecznych).

Wytyczne określają skutki społeczne jako „skutki pozytywnej lub negatywnej presji społecznej na wynik końcowy (tj. dobrobyt zainteresowanych stron)” [4]. Istnieje zgoda co do tego, że klasyfikacja skutków społecznych w SLCA powinna uwzględniać zarówno kategorie wpływu, jak i zainteresowane strony, reprezentujące wszystkie grupy społeczne włączone w proces produkcji i konsumpcji [7]. Zainteresowani to: pracownicy, społeczność lokalna, społeczeństwo (narodowe/globalne), konsumenci. W wytycznych została ujęta jeszcze jedna kategoria – aktorzy łańcucha wartości [4]. Kwestią otwartą jest natomiast uwzględnienie takich stron, jak przyszłe pokolenia, czy organizacje pozarządowe.

Dwie klasyfikacje – pierwsza, uwzględniająca zainteresowane strony i druga, obejmująca kategorie wpływu są klasyfikacjami uzupełniającymi się a nie wykluczającymi. Kategorie wpływu społecznego są bowiem przypisywane do odpowiednich zainteresowanych grup. Niektóre kategorie wpływu mogą być związane z wszystkimi zainteresowanymi stronami, podczas gdy inne mogą mieć znaczenie tylko dla jednej lub niektórych z nich. Taka podwójna klasyfikacja jest nieunikniona, podobnie jak fakt występowania skutków pozytywnych i negatywnych w zależności od powiązania z konkretną zainteresowaną stroną. Tym samym, w zależności od kategorii odniesienia ten sam rodzaj wpływu może się znacznie różnić

dla poszczególnych stron. Przykładowo warunki pracy mogą być zagrażające dla zdrowia pracowników, ale konsumpcja produktu – całkowicie dla konsumentów bezpieczna lub nawet korzystna.

Tak więc kategorie wpływu w SLCA powinny być tak zdefiniowane, by była możliwość ich powiązania z konkretnymi zainteresowanymi stronami. Nadal jednak nie uzgodniono, jakie kategorie wpływu należy uwzględnić w SLCA. Ponadto, ponieważ często mają one charakter abstrakcyjny (niepoliczalny), są opisywane poprzez podkategorie i dopiero te znajdują bezpośrednie powiązanie ze wskaźnikami i zainteresowanymi stronami. Podkategorie wynikają najczęściej z treści umów międzynarodowych, np. takich jak deklaracja praw człowieka ONZ lub konwencja w sprawie praw pracowników, a są to np. w grupie zainteresowanych stron pracownicy: wolność zrzeszania się i rokowań zbiorowych, praca nieletnich, uczciwe wynagrodzenie, czas pracy, praca przymusowa, równe możliwości/dyskryminacja, świadczenia społeczne/zabezpieczenie socjalne [4]. Obecnie prace dotyczące klasyfikacji (*Life Cycle Initiative* pilotowana przez UNEP i SETAC) koncentrują się na budowie metodologicznych arkuszy obejmujących podkategorie i wskaźniki dla różnych zainteresowanych stron.

Mimo znaczącego postępu w rozwoju SLCA, nadal uważa się, że metodologia ta jest w początkowej fazie rozwoju i wymaga dopracowania zarówno pod względem podstaw teoretycznych, jak i metodologicznych, w tym narzędzi i norm. Wytyczne, zdaniem autorów, ze względu na ich ogólny charakter powinny być traktowane nie jak norma, a raczej podstawa i ukierunkowanie dalszych badań w zakresie rozwoju metodologii SLCA. Listę zidentyfikowanych i kluczowych potrzeb badawczych zawiera Tabela 5.1.

Tabela 5.1. Zidentyfikowane i kluczowe potrzeby badawcze

SLCA	Badawcze potrzeby
Ogólne	Studium przypadku Materiały szkoleniowe Rozwój narzędzi Dokumentacja i komunikacja Użyteczność produktu i akceptacja społeczna Podejście interesariuszy (zainteresowanych) Opracowanie modelu Przegląd procesu
Cel i zakres	Użyteczność produktu Wtórność wobec LCA
Analiza zbioru inwentarzowego	Identyfikacja i dokumentacja ograniczeń Karty metodologiczne Rozwój baz danych
Ocena wpływu	Metodologie Obszary ochrony (AoP)

Źródło: [3].

Jedną z najczęściej podejmowanych ogólnych kwestii to różnice w społecznej i środowiskowej ocenie cyklu życia produktu. Problem stanowi tutaj ustalenie granic systemu, w tym generowanych wpływów społecznych. Istotnymi są także zagadnienia relacji/powiązania występujących w łańcuchu produktu oraz ustalenie zakresu uwzględnienia międzynarodowych i krajowych norm w wyznaczaniu kategorii i podkategorii aspektu społecznego.

Priorytetem, w ocenie znawców zagadnienia, jest prowadzenie studiów przypadku, które będą stanowiły o pogłębieniu wiedzy na temat społecznego aspektu cyklu życia produktu, ułatwią dalszy rozwój metodologii SLCA, w tym dopracowanie każdej z ustalonych faz oceny:

- faza celu i zakresu – to strategiczny kierunek badań i analiz. Wskazane są badania roli atrybutów produktu, takich jak: czas, wygoda, prestiż itp.;
- faza analizy zbioru – rozwój powinien objąć identyfikację kategorii, podkategorii i opisujących je wskaźników, a także konstrukcję metodyki zbierania danych, tworzenie i uzupełnianie baz danych, doskonalenie systemu ograniczeń – identyfikacja kategorii ważnych i mniej istotnych z punktu widzenia zainteresowanych grup społecznych;
- faza oceny wpływu – badania powinny dotyczyć kwestii związków przyczynowo-skutkowych w aspekcie społecznym cyklu życia produktu, wytycznych dla interpretacji, modeli obliczeniowych, jak również charakterystyki punktacji i systemów wagowych.

Za niezwykle ważne zagadnienie uważa się ponadto rozwój nowych metod oceny wpływu, jak również opracowanie materiałów dla celów edukacyjnych, które będą stanowiły wsparcie praktyków SLCA.

Problemem o kapitalnym znaczeniu i jak dotąd nierozwiązanym jest ustalenie metody oceny globalnej aspektu środowiskowego, ekonomicznego i społecznego, a tym samym wyznaczenie wskaźnika zrównoważonego rozwoju cyklu życia produktu.

5.3. Socjofektywność – metodyka oceny wpływu użytkownika technologii na ład społeczny

5.3.1. Teoretyczne podstawy metodyki

Rozwój zrównoważony i trwały to uznawany powszechnie warunek konieczny dalszego rozwoju cywilizacyjnego. Wśród istniejących miar wpływu procesów produkcji i konsumpcji na środowisko naturalne, gospodarkę czy społeczeństwo, aspekt społeczny jest – jak dotąd – najmniej rozpoznany. Niedostateczny – w kontekście realizacji zasad zrównoważonego rozwoju – zakres uwzględniania wpływów społecznych w ocenie np. cyklu życia produktu (procesu bądź usługi) wynika bezpośrednio z braku standardu w tym zakresie, tj. powszechnie uznanej metodyki badania i oceny oraz norm. Wspomniana metodologia SLCA nie jest dopracowana, często zbyt skomplikowana oraz pracochłonna, a ponadto mało użyteczna w przypadku oceny

technologii jeszcze nie wdrożonych (najczęściej odnosi się bowiem do zarządzania i uwzględnia głównie wskaźniki normatywne). Sugerowany wymóg wpisania SLCA w metodykę LCA, aczkolwiek uzasadniony ze względu na ewentualną możliwość ścisłego powiązania wyników oceny aspektów środowiskowego i społecznego, prowadzi do znaczącego ograniczenia zakresu kategorii i wskaźników możliwych do uwzględnienia w fazie inwentarzowej. Powodem problemów jest więc złożoność problematyki społecznej rozpatrywanej w kontekście, tak koncepcji zrównoważonego rozwoju, jak i sposobów jej ujmowania w dotychczas stosowanych metodach oceny technologii.

Rozważając problem oceny aspektu społecznego technologii w kontekście wymogów wynikających z założeń projektu oczywistą była konieczność opracowania prostego narzędzia badawczego z modułem obliczeniowym, który umożliwiłby szybką i niekłopotliwą, lecz trafną diagnozę wpływu implementacji i użytkowania technologii na ład społeczny. Konieczność ta stanowiła poważne ograniczenie dla ustalonej metodyki i konstrukcji zaplanowanego w tym celu narzędzia.

W konkluzji do przedstawionych rozważań teoretycznych uznano, że za podstawę oraz uzasadnienie oceny aspektu społecznego efektywności technologii można przyjąć koncepcję rozwoju zrównoważonego, której zasady wpisane są w dokumenty strategiczne i polityki prowadzone przez szereg państw oraz organizacji międzynarodowych. Ponadto uznano, że zasadne będzie podejście relacyjne, tj. odniesienie percepcji użyteczności rezultatów wprowadzanych technologii do postrzeganych zagrożeń dla bezpieczeństwa i komfortu życia społeczności lokalnych i całego społeczeństwa. Podejście relacyjne znajduje odzwierciedlenie w ujętych wskaźnikach prezentujących zarówno korzyści z zastosowania technologii, jak i zagrożenia z nią związane. Ponadto oceniana technologia porównywana jest zawsze do wcześniejszej, mniej nowoczesnej, co umożliwia identyfikację i ocenę praktycznych korzyści oraz strat związanych z jej użytkowaniem.

Tak ujęte zagadnienie wskaźnikowej metody oceny aspektu społecznego technologii zrównoważonego rozwoju wymagało dokonania kilku ustaleń, np.:

- co w sensie konstrukcji wskaźnikowej oceny technologii oznacza rozwój,
- jakiego typu wskaźniki (dobrane według jakich kryteriów) umożliwią dokonanie oceny aspektu społecznego technologii w kontekście zrównoważonego rozwoju,
- określenie tematów i podtematów ładu społecznego, istotnych dla oceny aspektu społecznego technologii zrównoważonego rozwoju.

Rozwój – w sensie konstrukcji wskaźnikowej (także w odniesieniu do technologii) – rozumiany jest jako realizacja celu lub zbioru celów, tj. końcowych stanów pozytywnych z punktu widzenia zasad zrównoważonego rozwoju.

Wśród wielu metod operacjonalizacji kategorii zrównoważonego rozwoju podstawową rolę w identyfikacji wskaźników oceny aspektu społecznego technologii odgrywają zasady:

- trwałości,
- zrównoważenia (integralności, subsydiarności, zrównoważonej partycypacji),
- samopodtrzymywania (sprawiedliwości, nieprzekraczania granic) [5].

Kryterium pierwsze klasyfikacji wskaźników stanowi zatem realizacja zasad.

Kryterium drugie doboru wskaźników to tzw. kryterium dziedzinowe (tematyczne, sektorowe łańdów) – wyznacza zakres pojęcia ładu (np. ład społeczny). W ramach ładu ustalane są tematy i podtematy, które mogą być dalej uszczegóławiane (piramida wskaźników – poziomy I–III). Do dziedzin ładu społecznego ustalonych na szczeblu krajowym (istotnych dla oceny technologii) należą:

- I poziom – zdrowie publiczne, ubóstwo i wykluczenie społeczne, edukacja i rozwój,
- II i III poziom – styl życia i ochrona zdrowia, bezpieczna żywność i jej jakość, zagrożenia zdrowia wynikające ze stanu środowiska, ubóstwo monetarne, dostęp do rynku pracy, różne aspekty wykluczenia społecznego.

Trzecie kryterium klasyfikacji wskaźników to – realizacja celów, w tym skuteczności i efektywności. Kryterium to jest często stosowane w przypadku oceny realizacji celów określonej polityki. Tym niemniej może być wykorzystane także w ocenie technologii – np. rozstrzygnięcie, czy i w jakim zakresie rozwój danej technologii energetycznej realizuje cele polityki energetycznej państwa, albo czy i w jakim zakresie zastosowanie danej technologii przyczyni się do realizacji celu nadrzędnego rozwoju zrównoważonego – poprawy jakości życia.

Uzasadnienie przyjęcia jako celu nadrzędnego „jakości życia” stanowią np. zapisy Deklaracji z Rio de Janeiro wraz z rekomendacjami zawartymi w tzw. „Agendzie 21”, jak również koncepcje zrównoważonego rozwoju, np. F. Piontka: „(...) istotą rozwoju zrównoważonego i trwałego jest zapewnienie trwałej poprawy jakości życia współczesnych i przyszłych pokoleń poprzez kształtowanie właściwych proporcji między trzema rodzajami kapitału: ekonomicznym, ludzkim i przyrodniczym” [11] oraz koncepcja T. Borysa „jakość życia i jego rozwój jest celem nadrzędnym dla tworzenia określonych koncepcji rozwoju w poszczególnych sferach (społecznej, gospodarczej, środowiskowej itd.)” [5]. W większości definicji warunek konieczny i wystarczający w celu zapewnienia pożądanego jakości życia stanowi zaspokajanie potrzeb. Tym niemniej pojęcie to można rozpatrywać w sensie obiektywnym (raczej poziom życia) oraz subiektywnym (poziom zadowolenia). Jakość życia – rozpatrywaną obiektywnie – diagnozują: metoda genewska UNRISD, indeks rozwoju ludzkości HDI, społeczne mierniki trwałego rozwoju ONZ, wskaźnik biedy społecznej HPI, wskaźnik relacji rozwoju społecznego kobiet i mężczyzn GDI, obszar ubóstwa.

Kolejne kryterium przyczynowo-skutkowe to czwarta klasyfikacja wskaźników zrównoważonego rozwoju. Kryterium to nawiązuje do miejsca wskaźnika w łańcuchu przyczynowo-skutkowym leżącym u podstaw rozpoznawanego problemu (np. społecznego) zrównoważonego rozwoju. Wskaźniki wyznaczone ze względu na kryterium przyczynowo-skutkowe dzielone są na trzy grupy funkcjonalne: wskaźniki presji (przyczyn), wskaźniki stanu (skutków), wskaźniki reakcji (działań zapobiegawczych). W odniesieniu do technologii należy rozważyć, jakie problemy społeczne może generować jej stosowanie, jakie są tego skutki i jaka jest lub może być odpowiedź społeczna na rozpoznane problemy. W sferze społecznej – odnoszącej się do oceny technologii –

analizy P-S-R mogą dotyczyć takich problemów jak: ubóstwo, edukacja, świadomość społeczna, ochrona zdrowia [5].

Przegląd literatury przedmiotu, w tym ww. założenia stanowiły podstawę opracowania metodyki oceny aspektu społecznego użytkowania technologii. Stwierdzony stan wiedzy, jak i cele projektu wyznaczyły określony sposób ujęcia zagadnienia. Opracowanie metodyki wskaźnikowej oceny aspektu społecznego użytkowania technologii wymagało – w tym przypadku – pracy od podstaw, tj.:

- przeglądu i optymalnego doboru wskaźników – za punkt wyjścia uznano głównie kryterium dziedzinowe klasyfikacji wskaźników i kryterium realizacji zasad, natomiast w mniejszym zakresie kryterium realizacji celów, w tym skuteczności i efektywności oraz kryterium przyczynowo-skutkowe,
- konstrukcji narzędzia badawczego wraz z instrukcją jego wypełniania,
- ustalenia sposobu kwantyfikacji danych oraz obliczania i prezentacji wyników,
- weryfikacji narzędzia w badaniach pilotażowych.

5.3.2. Kryteria i wskaźniki aspektu społecznego

Koncepcja i zasady zrównoważonego rozwoju oraz stosowane w tym obszarze mierniki/wskaźniki umożliwiły przyjęcie określonego toku postępowania w celu ustalenia kategorii społecznych niezbędnych do oceny wybranych technologii. W ocenie aspektu społecznego uwzględniono mierniki/wskaźniki stosowane na poziomie krajowym i w wymiarze/ładzie społecznym.

Za konieczne uznano ponadto przeanalizowane pod względem ewentualnego powiązania z zagadnieniami społecznymi mierników/wskaźników odnoszących się do pozostałych wymiarów/ładów/sfer rozwoju zrównoważonego.

Końcowym rezultatem przeprowadzonych analiz był wybór dwudziestu jeden wskaźników opisujących sześć dziedzin ładu społecznego (kategorie) [5], na które wpływa użytkowanie technologii:

1. Aktywność gospodarcza mieszkańców:
 - 1.1. Miejsca pracy (tworzenie nowych miejsc pracy u inwestora).
 - 1.2. Podmioty gospodarcze – kooperacja; tworzenie nowych, rozwój istniejących.
2. Jakość pracy:
 - 2.1. Poziom płac.
 - 2.2. Zagrożenia wypadkowe specyficzne dla danej technologii – w granicach terenu, do którego inwestor posiada tytuł prawny.
 - 2.3. Zagrożenia chorobowe specyficzne dla danej technologii – w granicach terenu, do którego inwestor posiada tytuł prawny.
 - 2.4. Komfort wykonywanej pracy.
3. Edukacja i rozwój:
 - 3.1. Wymagany poziom kwalifikacji pracowników.

- 3.2. Wydatki na szkolenia pracowników.
- 3.3. Wydatki na badania i rozwój.
4. Bezpieczeństwo publiczne i warunki zdrowotne:
 - 4.1. Zagrożenia związane z wykorzystaniem technologii.
 - 4.2. Zagrożenia związane z użytkowaniem produktu.
 - 4.3. Zagrożenia dla zdrowia związane z emisją substancji szkodliwych do powietrza, wody, gleby, hałasem.
5. Poziom życia:
 - 5.1. Ceny produktów powstałych w wyniku zastosowania technologii.
 - 5.2. Rozwój taniego budownictwa mieszkaniowego.
 - 5.3. Ceny nieruchomości w okolicy użytkowania technologii.
 - 5.4. Natężenie ruchu drogowego i stan dróg.
 - 5.5. Walory estetyczne, w tym krajobrazowe i zapachowe.
 - 5.6. Wpływ produktu na poprawę warunków lub komfortu życia.
 - 5.7. Występowanie protestów mieszkańców, ekologów.
6. Moralna odpowiedzialność:
 - 6.1. Technologia/produkt testowany na zwierzętach lub ludziach.
 - 6.2. Naruszenia obowiązujących norm (prawnych lub moralnych).

5.3.3. Narzędzie badawcze, ocena i interpretacja wyników

Do wyznaczenia predykatora aspektu społecznego opracowano kwestionariusz ankiety stanowiący integralną część „Karty technologii”. Kwestionariusz w założeniu mają wypełniać eksperci poprzez odniesienie stanu każdego z uwzględnionych wskaźników opisujących aspekt społeczny danej technologii do wcześniejszej, mniej nowoczesnej.

Każdy wskaźnik, bez względu na przynależność do określonej dziedziny/kategorii, mierzy występowanie badanej cechy (zmiennej) poprzez łączną ocenę trzech parametrów:

- rodzaj i siła wpływu,
- czas oddziaływania,
- sposób udokumentowania.

Określając rodzaj wpływu wywieranego przez określoną technologię na dany wskaźnik ładu społecznego, można wybrać jedną z pięciu odpowiedzi, której przypisano wartość liczbową z przedziału od -1 do 1:

- zdecydowanie korzystny 1
- raczej korzystny 0,5
- brak wpływu 0
- raczej niekorzystny - 0,5
- zdecydowanie niekorzystny - 1

W przypadku czasu oddziaływania uwzględniono dwie możliwości:

- „co najwyżej równoważny z czasem użytkowania technologii” – przypisano jej wartość 0,5,
- „w czasie użytkowania technologii i po zakończeniu jej użytkowania” – przypisano jej wartość 1.

W pytaniu o sposób udokumentowania możliwe są także dwie odpowiedzi: na podstawie wymiernych i udokumentowanych danych (wartość 1) lub na podstawie przewidywań (wartość 0,5).

Dziedziny/kategorie uwzględnione w „Karcie technologii” są każdorazowo oceniane według dwóch skal: jednej nie uwzględniającej wag przypisanych kryteriom, drugiej uwzględniającej wagi. Biorąc pod uwagę pierwszy rodzaj skali, każda kategoria może osiągnąć wartość od 1 (maksymalna) do minus 1 (wartość minimalna), a ocena ogólna aspektu społecznego (pierwszy wskaźnik efektywności dla aspektu społecznego) mieści się w przedziale punktowym od 6 (max) do minus 6 (min.). W wypadku skali uwzględniającej wagę ocena ogólna (drugi wskaźnik efektywności dla aspektu społecznego) mieści się w przedziale punktowym od 21 (max) do minus 21 (min.), a wartości dla poszczególnych kategorii kształtują się następująco:

Kategoria z wagą	Wartość max	Wartość min.
1. Aktywność gospodarcza mieszkańców	4	- 4
2. Jakość pracy	3	- 3
3. Edukacja i rozwój	2	- 2
4. Bezpieczeństwo publiczne i warunki zdrowotne	6	- 6
5. Poziom i jakość życia	5	- 5
6. Moralna odpowiedzialność	1	- 1

W celu usprawnienia oceny aspektu społecznego przygotowano „moduł obliczeniowy oddziaływania technologii na ład społeczny”. Wynikiem przewidzianych obliczeń jest także ocena poszczególnych dziedzin ładu społecznego, które oceniane są każdorazowo według dwóch skal: jednej nie uwzględniającej wag przypisanych dziedzinom, drugiej uwzględniającej wagi. Biorąc pod uwagę pierwszy rodzaj skali, każda dziedzina może osiągnąć wartość od 1 (maksymalna) do minus 1 (wartość minimalna), a ocena ogólna ładu społecznego (pierwszy wskaźnik efektywności dla aspektu społecznego) mieści się w przedziale punktowym od minus 6 (min.) do 6 (max.). W przypadku skali uwzględniającej wagę ocena ładu (drugi wskaźnik efektywności dla aspektu społecznego) mieści się w przedziale punktowym od minus 21 (min.) do 21 (max).

Każdy z omawianych wyników (ocena ładu, ocena dziedzin) można przedstawić zarówno w postaci liczbowej, jak i opisowej. Niżej zamieszczono ilościowy i jakościowy (słowny) sposób interpretacji wyników oceny ogólnej (wskaźnik socjoefektywności) i dziedzin w zależności od rodzaju zastosowanej skali (bez wagi, z wagą).

Skala ocen i interpretacja wyników – dla ładu społecznego (bez wagi)

> -4 do -6	wpływ negatywny na poziomie wysokim
> -2 do -4	wpływ negatywny na poziomie średnim
> 0 do -2	wpływ negatywny na poziomie niskim
0	brak wpływu
< 0 do 2	wpływ pozytywny na poziomie niskim
< 2 do 4	wpływ pozytywny na poziomie średnim
< 4 do 6	wpływ pozytywny na poziomie wysokim

Skala ocen i interpretacja wyników – dla ładu społecznego (z wagą)

> -14 do -21	wpływ negatywny na poziomie wysokim
> -7 do -14	wpływ negatywny na poziomie średnim
> 0 do -7	wpływ negatywny na poziomie niskim
0	brak wpływu
< 0 do 7	wpływ pozytywny na poziomie niskim
< 7 do 14	wpływ pozytywny na poziomie średnim
< 14 do 21	wpływ pozytywny na poziomie wysokim

Skala ocen i interpretacja wyników – dla poszczególnych dziedzin

> -0,66 do -1,0	wpływ negatywny na poziomie wysokim
> -0,34 do -0,66	wpływ negatywny na poziomie średnim
> 0 do -0,33	wpływ negatywny na poziomie niskim
0	brak wpływu
< 0 do 0,33	wpływ pozytywny na poziomie niskim
< 0,34 do 0,66	wpływ pozytywny na poziomie średnim
< 0,67 do 1,0	wpływ pozytywny na poziomie wysokim

Wynik ogólny przewidzianych obliczeń to predyktor ładu społecznego lub danej dziedziny implementacji nowych technologii.

5.4. Ocena wpływu użytkowania technologii na ład społeczny

Ocenie poddano 52 rozwiązania technologiczne – zgodnie z przyjętymi założeniami w zakresie oceny wpływu technologii na ład społeczny. Wykorzystano opracowaną metodykę i przetestowane już – w badaniach pilotażowych – narzędzie [15].

Każdą wypełnioną przez ekspertów i zweryfikowaną część społeczną „Karty technologii” poddano uzgodnionej procedurze: skwantyfikowano odpowiedzi, obliczono wartości kategorii (bez uwzględnienia i z uwzględnieniem wagi), obliczono wartość wskaźników efektywności (bez wagi i przy uwzględnieniu wagi) oraz zamieszczono słowną interpretację. Tak więc dla każdej technologii objętej oceną wpływu oddziaływania na ład społeczny przygotowano odrębne wyliczenia wskaźnika „socjoeffektywności” oraz krótką charakterystykę uzyskanych wyników. Ponadto opi-

sy rezultatów osiągniętych przez poszczególne technologie przedstawiono z uwzględnieniem podziału na grupy rodzajowe: energia, środowisko, materiały.

Uzyskane oceny wpływu użytkowania technologii na ład społeczny są zróżnicowane, co świadczy o czułości zastosowanego narzędzia. Wyniki są również zróżnicowane przy uwzględnieniu wag przypisanych poszczególnym kryteriom.

Niżej zamieszczono przykład sposobu oceniania wpływu wybranej technologii na ład społeczny, która obejmuje:

- liczbową wartość wskaźnika dla ładu społecznego – z wagą i bez wagi,
- liczbową wartość wskaźnika dla każdej z dziedzin ładu społecznego,
- interpretację słowną określającą wskaźnik dla ładu społecznego i dziedzin – z wagą i bez wagi,
- opis wyników.

Omówienie rezultatów badań zawiera wyniki uzyskane nie tylko przez każdą z ocenianych technologii pojedynczo, ale też opisy wyników uzyskanych przez wyszczególnione grupy rodzajowe: energia, środowisko, materiały, a ponadto porównanie wyników między grupami oraz ranking technologii pod względem socjoefektywności [1].

1. Przykład oceny wpływu określonej jednej technologii na ład społeczny

Nazwa technologii:

Spalanie węgla w kotle pyłowym w parametrach ultranadkrytycznych USCPC (ang. *Ultra Supercritical Pulverized Coal*) (E-08)

Dziedzina (bez wagi)	Wynik (Max: 1 Min: -1)
1. Aktywność gospodarcza mieszkańców	0,25
2. Jakość pracy	0,38
3. Edukacja i rozwój	1,0
4. Bezpieczeństwo publiczne i warunki zdrowotne	0,33
5. Poziom i jakość życia	0,21
6. Moralna odpowiedzialność	1,0

Dziedzina (z wagą)

	Wynik	Max	Min
1. Aktywność gospodarcza mieszkańców	1,0	4	- 4
2. Jakość pracy	1,13	3	- 3
3. Edukacja i rozwój	2,0	2	- 2
4. Bezpieczeństwo publiczne i warunki zdrowotne	2,0	6	- 6
5. Poziom i jakość życia	1,07	5	- 5
6. Moralna odpowiedzialność	1,0	1	- 1

Aspekt społeczny (ogółem wszystkie kryteria)

Wynik bez wagi (max: 6, min.: -6) – wynik 3,17

Wynik z wagą (max: 21, min.: -21) – wynik 8,2

Interpretacja słowna.**Aspekt społeczny (ogółem wszystkie kryteria):**

- a) **wynik bez wagi: wpływ pozytywny na poziomie średnim**
- b) **wynik z wagą: wpływ pozytywny na poziomie średnim**

Poszczególne dziedziny

- | | |
|---|-------------------------------------|
| 1. Aktywność gospodarcza mieszkańców | wpływ pozytywny na poziomie niskim |
| 2. Jakość pracy | wpływ pozytywny na poziomie średnim |
| 3. Edukacja i rozwój | wpływ pozytywny na poziomie wysokim |
| 4. Bezpieczeństwo publiczne i warunki zdrowotne | wpływ pozytywny na poziomie niskim |
| 5. Poziom i jakość życia | wpływ pozytywny na poziomie niskim |
| 6. Moralna odpowiedzialność | brak wpływu |

Ogólnie można uznać, że użytkowanie technologii spalanie węgla w kotle pyłowym w parametrach ultranadkrytycznych (*Ultra Supercritical Pulverized Coal, USCPC*) charakteryzuje pozytywny wpływ na ład społeczny w zakresie realizacji zasad zrównoważonego rozwoju. Jest to wpływ ogólnie na poziomie średnim, również w przypadku uwzględnienia wag przypisanych poszczególnym kategoriom. Warto jednak zauważyć, iż poszczególne kryteria uzyskują stosunkowo zróżnicowane oceny. Najbardziej korzystny wpływ stosowania technologii w odniesieniu do sfery społecznej odnotowano w przypadku kryterium edukacji i rozwoju (pozytywny, wysoki), a w mniejszym stopniu w przypadku kryterium jakości pracy (pozytywny, średni). Pozytywny wpływ stosowania ocenianej technologii na sferę społeczną w przypadku pozostałych kryteriów, a więc aktywności ekonomicznej mieszkańców, bezpieczeństwa publicznego i warunków zdrowotnych, a także poziomu i jakości życia oceniono jako niski. W odniesieniu do kryterium moralnej odpowiedzialności oceniana technologia jest neutralna.

2. Przykład opisu grupy rodzajowej (energia – wskaźniki bez wagi)

Zestawienie ocen wskaźnika socjoefektywności technologii w grupie energia, umożliwiając sformułowanie wniosku, że wszystkie analizowane rozwiązania wywierają pozytywny wpływ na ład społeczny. Ponad 2/3 ocenianych rozwiązań technologicznych wykazuje pozytywny wpływ na poziomie średnim osiągając poziom wskaźnika powyżej 2 punktów. Zaledwie pięć rozwiązań technologicznych w tej grupie wywiera wpływ pozytywny na poziomie niskim, a wśród nich również rozwiązania technologiczne związane z wykorzystaniem odnawialnych źródeł energii (elektrownia wiatrowa), czy też energetycznym wykorzystaniu odpadów komunalnych. Warto również

podkreślić, iż na czele rankingu znajdują się nowoczesne technologie w znacznej mierze związane z energetycznym wykorzystaniem nieodnawialnych źródeł energii (węgiel kamienny). Niewątpliwym liderem w tej grupie rodzajowej technologii są ogniwa paliwowe z poziomem wskaźnika 3,42. Istotny jest również fakt, iż w odniesieniu do poszczególnych wskaźników obrazujących sferę społeczną oceniane technologie w grupie energia w nielicznych przypadkach oddziałują negatywnie (najczęściej na wskaźnik poziomu i jakości życia), jedynie w przypadku technologii bezpośredniego uwodornienia węgla negatywny wpływ występuje w odniesieniu do trzech różnych wskaźników: jakości pracy, bezpieczeństwa publicznego i warunków zdrowotnych oraz poziomu i jakości życia. W całej ocenionej grupie technologii rysują się trzy podgrupy rozwiązań technologicznych wywierające wpływ pozytywny na poziomie niskim oraz dwie podgrupy technologii wywierające wpływ na poziomie średnim.

3. Przykład opisu porównującego grupy rodzajowe (dwanaście najwyżej ocenionych technologii spośród 52 obejmujących wszystkie grupy rodzajowe)

Wyniki ocen technologii w poszczególnych grupach rodzajowych wskazują, że żadne z ocenianych rozwiązań technologicznych nie uzyskało wysokiego poziomu pozytywnego wpływu na ład społeczny, natomiast pocieszający jest fakt, że żadna nie oddziałuje też negatywnie. Najniżej oceniono technologie w grupie środowisko, żadna nie znalazła się w grupie 12 najwyżej ocenianych. Najbardziej korzystnie na ład społeczny wpływają natomiast technologie reprezentujące grupę materiałową (cztery ocenione najwyżej w tej grupie rozwiązania technologiczne), a tuż za nimi plasują się najwyżej ocenione technologie z grupy energia. Dwanaście wybranych rozwiązań technologicznych wpływa na sferę społeczną pozytywnie na poziomie średnim, przy czym jest to wyraźne oddziaływanie na tym poziomie (noty wskaźników w górnej części przedziału określającego wpływ na poziomie średnim). W przypadku pierwszych dwóch technologii z grupy materiałowej można stwierdzić, iż poziom wywieranego wpływu zbliża się do wysokiego pozytywnego oddziaływania na sferę społeczną. Co równie istotne w przypadku technologii wywierających najwyższy pozytywny wpływ na sferę społeczną, nie występuje sytuacja negatywnego oddziaływania na którąkolwiek dziedzinę ładu społecznego.

Omówienie wyników ocen oddziaływania poszczególnych technologii na sferę społeczną pokazało różnice w osiąganym poziomie wskaźników w zależności od uwzględniania lub też nieuwzględniania wag przypisanych poszczególnym kryteriom. Generalnie poszczególne technologie w sytuacji uwzględniania wag przypisanych poszczególnym kryteriom osiągały taki sam lub niższy poziom wskaźnika oddziaływania na sferę społeczną w stosunku do analizy bez uwzględnienia wag.

4. Ranking technologii

Tabela 5.2. Ranking technologii według wartości wskaźnika socjoefektywności (wpływu technologii na ład społeczny)

Kod karty	Nazwa technologii	Wskaźnik z wagą	Wskaźnik bez wagi
M-25	Badanie i określenie zasad możliwości wykonywania odlewów ze stopów Al i Mg o strukturze drobnoziarnistej bez nieciągłości strukturalnych w skali makro i mikro technologiami precyzyjnymi	11,19	3,89
M-03	Poliuretany	11,92	3,77
M-30	Technologie informacyjne i komunikacyjne wspomagające elastyczne systemy produkcji, umożliwiające wykorzystanie standardowych procedur do uzyskania unikalnych produktów	10,56	3,59
M-26-MBM	Wykonanie prototypu w technologii przyrostowej	11,67	3,58
E-23	Ogniwa paliwowe	9,20	3,42
E-10	Spalanie węgla w kotłach fluidalnych w parametrach nadkrytycznych SFBC	8,70	3,30
E-03	Technologie wykorzystania energii słonecznej na użytek gospodarstw domowych	9,30	3,23
E-08	Spalanie węgla w kotle pyłowym w parametrach ultranadkrytycznych USCPC	8,20	3,17
E-09	Spalanie węgla w kotle pyłowym w parametrach nadkrytycznych SCPC	8,20	3,17
E-11	Spalanie węgla w tlenie (Oxyspalanie)	8,20	3,17
E-04	Technologie pozyskania energii z małych elektrowni wiatrowych z pionową osią obrotu	8,93	3,10
M-27	Wykorzystanie technik komputerowych do racjonalnego i funkcjonalnego konstruowania odlewów pracujących w różnych warunkach obciążeń	8,07	3,07
M-23	Technologia rapid prototyping w zakresie metalurgii i odlewnictwa	7,04	2,86
M-26-3D.LAB	Wprowadzenie metod szybkiego prototypowania do wykonywania odlewów	7,04	2,86
M-12	Techniki wytwarzania kompozytów wysokonapełnionych	8,61	2,85
E-02	Technologie wytwarzania modułów fotowoltaicznych	6,92	2,77
E-18	Energia fotowoltaiczna	6,10	2,53
S-06.1	Technologia hydroodtleniania tłuszczów pochodzenia roślinnego i zwierzęcego w kierunku otrzymania komponentów oleju napędowego	5,04	2,53
S-06.2	Opracowanie technologii utylizacji tworzyw sztucznych i olejów smarowych w kierunku wytwarzania silnikowych paliw płynnych i olejów opałowych	5,04	2,53
E-16	Geotermia średnotemperaturowa	6,15	2,50
E-06	Węzeł topliwno-odlewniczy w Impexmetal S.A. Zakład Huta Aluminium Konin	6,06	2,49

cd. →

Kod karty	Nazwa technologii	Wskaźnik z wagą	Wskaźnik bez wagi
S-20	Wysokoefektywna technologia produkcji włókna konopnego, lnianego oraz lnu oleistego jako alternatywnego surowca do ekologicznego wytwarzania masy celulozowo-papierniczej oraz materiałów kompozytowych	6,56	2,38
M-08	Technologie łączenia różnych materiałów	5,64	2,34
M-05	Mikrowtryskiwanie	5,59	2,32
E-15	NGCC (instalacja 75 t/h gazu naturalnego, 1 530 t/d)	5,53	2,23
S-03	Technologia plazmowego unieszkodliwiania odpadów	3,78	2,22
M-04	Technologie wytwarzania materiałów kompozytowych z udziałem nowych napełniaczy i włókien pochodzenia roślinnego	5,01	2,21
M-09	Technologie przetwórstwa kształtującego strukturę	5,48	2,17
M-07	Technologie przetwórstwa związane ze współwytłaczaniem	5,10	2,12
S-04	Granulacja mułów węglowych	3,88	2,09
E-12	IGCC (instalacja 5 000 t/d węgla bitumicznego)	4,70	2,08
M-06	Technologie przetwórstwa oparte o maszyny wieloślismakowe	4,99	2,08
S-01	Technologia produkcji kruszyw z odpadów wydobywczych wraz z odzyskiem węgla	3,87	2,07
M-14	Profilowe hartowanie indukcyjne kół i wałków	4,60	2,03
S-05	Biogaz	3,90	2,00
M-19	Technologia warstw ochronnych na dyski optyczne - chemiczne osadzone z fazy gazowej z użyciem plazmy	6,85	2,00
M-34	Modułowe elementy maszyn i narzędzi z wymiennymi zespołami	4,85	1,97
M-15	Natryskiwanie detonacyjne powłok	4,20	1,92
M-11	Techniki wytwarzania nanokompozytów	4,07	1,84
M-extra IPPT	Technologia nakładania powłok antykorozyjnych poprzez bezściekowy proces cynkowania	3,96	1,80
E-21	Piaski ropoślone	4,36	1,73
M-16	Technologia biologicznie aktywnych szkieł krzemianowo-fosforanowych i magnezowo-potasowo-wapniowych	3,71	1,69
M.-20	Programy kontroli eksploatacji	3,60	1,69
M-13	Recykling materiałów polimerowych	3,69	1,66
S-08	Technologia mechaniczno-biologicznego unieszkodliwiania odpadów komunalnych	1,71	1,60
E-19	Elektrownia wiatrowa	2,57	1,38
E-24	EOR	2,54	1,36
S-07	Składowisko odpadów komunalnych	0,68	1,17
M-33	Technologia wytwarzania konstrukcji przekładkowych. Produkcja rur z kompozytów poliestrowo-szklanych	0,93	1,14
E-17	Energetyczne wykorzystanie paliw alternatywnych – spalanie odpadów komunalnych. Studium przykładowe: Instalacja Termicznej Utylizacji Odpadów SPITTELAU, Wiedeń, Austria	0,88	1,11
E-13	Bezpośrednie uwodornienie węgla	-0,02	1,08
S-02	Kompostownia	-0,62	0,81

Źródło: opracowanie własne.

5.5. Uproszczona metodyka oceny ładu społecznego

Jednym z zaplanowanych rezultatów realizacji projektu było zbudowanie przyjaznego dla potencjalnych użytkowników algorytmu oceny efektywności technologii. Stąd też, po wykonaniu badań, wyniknęła konieczność dalszego uproszczenia metodyki oceny poszczególnych wymiarów implementacji i użytkowania nowych technologii, w tym aspekcie społecznego (oceny ładu społecznego).

Wprowadzenie takiego uproszczenia umożliwiły wyniki przeprowadzonego badania, obejmującego 52 technologie [1], zaś w podjętych w tym celu działaniach przyjęto następujące założenia:

- ograniczyć liczbę wskaźników, jednakże z uwzględnieniem przynajmniej jednego dla każdej z uwzględnionych dziedzin ładu społecznego,
- wartości wyliczonych predyktorów II ładu społecznego przynajmniej w 75% powinny być zaliczone do tego samego przedziału wyników (poziomu wpływu) co predyktor I,
- opracowany moduł obliczeniowy z instrukcją powinien być maksymalnie prosty i przyjazny dla użytkowników.

W kwestionariuszu „część społeczna Karty technologii” uwzględniono dwadzieścia jeden wskaźników opisujących sześć dziedzin ładu społecznego, na które wpływa użytkowanie technologii. Pierwszą czynnością w zakresie uproszczenia metodyki było maksymalne ograniczenie ich liczby – do tych o największej sile wpływu. W tym celu sporządzono rozkład wyników badania technologii dla każdego z 21 wskaźników zamieszczonych w narzędziu badawczym. Wybrano te o najwyższej pozytywnej lub negatywnej sile wpływu (z uwzględnieniem każdej z dziedzin). W celu dokonania dalszego ograniczenia liczby wskaźników obliczono współczynniki korelacji między wszystkimi wskaźnikami danej dziedziny. W przypadku kilku wyniki wykazały istotny związek, co umożliwiło dalszą redukcję ich liczby.

W związku z przyjętym założeniem, zgodnie z którym wartości wyliczonych predyktorów II ładu społecznego powinny w jak największym zakresie (około 75%) zostać zaliczone do tego samego przedziału wyników (poziom wpływu) co predyktor I, dokonano kilku symulacji obejmujących różną liczbę alternatywnych wskaźników (spośród wybranych wcześniej o najwyższej sile wpływu) w celu dobrania takiego ich zestawu, który spełni wspomniany wstępny warunek. Dodatkowo ustalone przedziały wyników, tzw. poziomy wpływu podzielono jeszcze na podpoziomy i sprawdzono udział procentowy zgodności wyników predyktora I i II dla takich węższych przedziałów, co jeszcze w większym zakresie uwiarygodniło dobór wskaźników. Do wyliczenia i porównania wartości predyktora I i II posłużyły wyniki zrealizowanych wcześniej badań właściwych, w których ocenie poddano łącznie 52 rozwiązania technologiczne.

W rezultacie przeprowadzonych obliczeń do zestawu wskaźników predyktora II włączono dziewięć niżej wymienionych wskaźników:

- 1.1. Miejsca pracy (tworzenie nowych miejsc pracy u inwestora lub w innych firmach, także powstawanie nowych firm).
- 1.2. Podmioty gospodarcze –kooperacja; tworzenie nowych, rozwój istniejących.
- 2.2. Zagrożenia wypadkowe specyficzne dla danej technologii – w granicach terenu do którego inwestor posiada tytuł prawny.
- 3.1. Wymagany poziom kwalifikacji pracowników.
- 4.1. Zagrożenia związane z wykorzystaniem technologii – obszar poza granicą terenu, do którego inwestor posiada tytuł prawny.
- 5.1. Ceny produktów powstałych w wyniku zastosowania technologii.
- 5.3. Ceny nieruchomości w okolicy użytkowania technologii.
- 5.4. Natężenie ruchu drogowego i stan dróg.
- 6.1. Technologia/produkt testowany na zwierzętach lub ludziach.

W związku z uproszczeniem narzędzia badawczego (ograniczenie liczby wskaźników), konieczne były także zmiany w module obliczeniowym oddziaływania technologii na ład społeczny. Opracowany nowy moduł jest maksymalnie prosty i przyjazny dla użytkowników. Został też wyposażony w krótką, czytelną instrukcję.

Przeprowadzono weryfikację uproszczonego narzędzia. W tym celu dokonano oceny czterech dodatkowych technologii. Uzyskane wyniki umożliwiły stwierdzenie, że warunek uprawniający do uznania narzędzia za poprawne został spełniony. Zarówno w przypadku oceny ład społeczny bez uwzględnienia wag, jak i z ich uwzględnieniem wartość predyktora I i predyktora II ład społeczny w sytuacji implementacji czterech analizowanych technologii mieściła się każdorazowo w tym samym przedziale wyników (na tym samym poziomie określającym siłę wpływu).

Zaplanowanym rezultatem realizacji zadania było opracowanie metodyki oceny wpływu implementacji i użytkowania technologii na ład społeczny, w tym prostego narzędzia badawczego z modulem obliczeniowym. W założeniu narzędzie powinno być przyjazne dla potencjalnych użytkowników i spełniać trzy niżej przedstawione warunki:

- ujęcie niewielkiej liczby wskaźników, jednakże z uwzględnieniem każdej z ważnych dziedzin ład społeczny,
- zapewnienie możliwości zebrania przewidzianych informacji (niekłopotliwe badania),
- opracowanie czytelnego i maksymalnie prostego modułu obliczeniowego z instrukcją stosowania i oceny wyników.

Narzędzie takie zostało przygotowane, natomiast realizacja założeń zweryfikowana została poprzez dokonanie analizy w sumie 56 technologii. Uzyskane wyniki umożliwiają:

- ocenę wpływu użytkowania technologii na ład społeczny – kierunek i siła,
- ocenę siły i kierunku wpływu użytkowania technologii na wyróżnione dziedziny ład społeczny,
- porównanie wielkości zmian między różnymi technologiami tej samej grupy rodzajowej,

- porównanie wielkości zmian między grupami rodzajowymi,
- ustalenie rankingu technologii pod względem zmian w ich socjoefektywności.

5.6. Literatura

1. Analiza wyników kart oceny technologii – część społeczna. Raport powstały w ramach projektu nr POIG.01.03.01-00-091/08 pt. „Opracowanie modelu oceny efektywności technologii zrównoważonego rozwoju”, GIG, Katowice 2010.
2. Benoît C.: Presentation: developing a methodology for social life cycle assessment: the North American tomato's CSR case, 3rd International Conference on Life Cycle Management, August 27–29, Zürich, Switzerland.
3. Benoît C.: The guidelines for social life cycle assessment of products: just in time!, Int J Life Cycle Assess 15, 2010.
4. Benoît C., Mazijn B.: Guidelines for Social Life Cycle Assessment of Products; UNEP 2009.
5. Borys T.: Wskaźniki zrównoważonego rozwoju, Wydawnictwo Ekonomia i Środowisko, Warszawa-Białystok, 2005
6. Dreyer L.C.: A framework for social life cycle impact assessment. Int J Life Cycle Assess 11(2), 2006.
7. Griebhammer R., Benoît C., Dreyer L.C., Flysjö A., Manhart A., Mazijn B., Méthot A., Weidema B.P. (2006): Feasibility Study: Integration of social aspects into LCA. Discussion paper from UNEP-SETAC Task Force Integration of Social Aspects in LCA meetings in Bologna (January 2005), Lille (May 2005) and Brussels (November 2005). Freiburg, Germany.
8. Guidelines for Social Life Cycle Assessment of Products, UNEP/SETAC 2004.
9. Heidegger M. Gelassenheit: Bycie w pobliżu rzeczy, [w:] Studia filozoficzne 1986, nr 3.
10. Kiepas A.: Człowiek wobec dylematów filozofii i techniki, Wydawnictwo Gnome. Katowice 2000.
11. Norris G.: Social impacts in product life cycles: towards life cycle attribute assessment. Int J Life Cycle Assess 11(1), 2006.
12. O'Brien M., Doig A., Lift R.: Social and environmental life cycle assessment. Int. J LCA (1996).
13. Piontek B.: Koncepcja rozwoju zrównoważonego i trwałego Polski, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2002.
14. Weidema B.P.: Social impact categories, indicators, characterisation and damage modelling. Presentation for the 29th Swiss LCA Discussion Forum, 2006.
15. Założenia metodyczne do analizy społecznej. Raport powstały w ramach projektu nr POIG.01.03.01-00-091/08 pt. „Opracowanie modelu oceny efektywności technologii zrównoważonego rozwoju”, GIG, Katowice 2009.

WYKORZYSTANIE METODYKI DEA DO OKREŚLENIA EKOEFEKTYWNOŚCI

W opisie wniosku projektu badawczo-rozwojowego pt. „Opracowanie modelu oceny ekoefektywności technologii zrównoważonego rozwoju” przyjęto, że metoda DEA będzie stanowiła jeden z elementów wyjściowych do oceny ekoefektywności technologii i w oparciu o utworzony w ramach projektu duży zbiór technologii będzie możliwe uogólnienie metodyki DEA, jak również jej modyfikacja, pozwalająca na jej stosowanie przez użytkownika nieposiadającego specjalistycznej wiedzy wymaganej przy wykorzystywaniu metodyki DEA.

Jakkolwiek w wyniku przeprowadzonych analiz okazało się, że jest możliwym uogólnienie metodyki DEA do oceny technologii o różnorodnym charakterze, to warto jest upowszechnić wiedzę o metodyce DEA wśród ekspertów i przedsiębiorców zajmujących się oceną technologii, gdyż pozwala ona na obiektywną ocenę technologii w przypadku analizy technologii o podobnym charakterze, a jest to dość częsta potrzeba przedsiębiorców podejmujących decyzje strategiczne w zakresie wyboru technologii. Dlatego też uznano konieczność szerszego przedstawienia w niniejszej monografii zagadnień związanych z wykorzystaniem metodyki DEA do oceny ekoefektywności technologii.

Metodykę DEA (*Data Envelopment Analysis*) stosowaną do oceny efektywności jednostek produkcyjnych i organizacji o tej samej produkcji względnie tym samym zakresie działania wprowadzono powszechnie do praktyki badań operacyjnych po jej opublikowaniu przez zespół realizujący (A. Charnes, W.W. Cooper i E. Rhodes) [1]. Od inicjałów nazwisk badaczy metodyka ta oznaczona jest akronimem CCR. Od tego czasu metodyka ta doczekała się bogatej bibliografii i wielu modyfikacji wynikających z konieczności jej adaptacji do coraz to bardziej złożonych procesów produkcyjnych oraz nowych obszarów stosowania DEA i tak bibliografia wykonana przez Centrum Badań Operacyjnych Uniwersytetu Rutgers podsumowująca stan badań nad rozwojem metodyki DEA w okresie 1978–2002 [2] obejmuje ponad 3200 publikacji (prawie 18 000 stron), w tym 50 pozycje to wydawnictwa książkowe a 171 pozycje to doktoraty. Statystyka bibliografii wykazuje dość szeroki obszar geograficzny badań związanych

z DEA – prace publikowano w 49 krajach i obejmowały dorobek 305 instytucji, z czego 213 instytucji to uniwersytety.

W przypadku Unii Europejskiej prace dotyczące bibliografii realizowane są w Instytucie Gospodarki Uniwersytetu w Rostocku, gdzie wspólnie z nieformalną grupą badaczy zainteresowanych metodyką DEA tworzona jest baza bibliograficzna dotycząca badań związanych z wykorzystaniem DEA, obejmująca okres od 1950 do okresu bieżącego [3]. Na etapie tworzenia tej bazy obejmującym lata 1950–2007 zebrano ponad 5000 pozycji bibliograficznych. Obecnie dostępna jest wersja 0.8.0 bazy, datowana na 18 czerwca 2011 r., która gromadzi ponad 8000 pozycji. Tworzona baza dostępna jest przez Internet pod adresem: <http://www.deabib.org/deabib.html>. Aktualnie dostępna funkcjonalność bazy (baza nadal jest w budowie i przewiduje się poszerzenie jej funkcjonalności) oprócz standardowych mechanizmów przeszukiwania, pozwala na zapis abstraktów znalezionych pozycji bibliograficznych, eksport cytowań w różnych formatach, jak również uzyskanie odnośnika do elektronicznej wersji artykułu (przede wszystkim wykorzystując mechanizm identyfikacji cyfrowej dokumentów – *Digital Object Identifier (DOI) System* [15]).

DEA jest przykładem metody nieparametrycznej estymacji efektywności, jednostek produkcyjnych/organizacyjnych i stosowana jest głównie w badaniach operacyjnych.

Z uwagi na dużą popularność metodyki DEA do oceny efektywności w badaniach operacyjnych w wielu ośrodkach uniwersyteckich powstały agencje i organizacje, zajmujące się rozwojem metodyki DEA, jak i tworzeniem oprogramowania komercyjnego wspomagającego obliczenia efektywności z wykorzystaniem metodyki DEA [4, 5, 6]. Na stronach internetowych tych jednostek znajdują się odnośniki do pobrania demonstracyjnego oprogramowania rozwijanego do wykonywania analiz wg metodyki DEA (wersje czasowe lub o ograniczonej funkcjonalności, względnie wersje o limitowanej ilości analizowanych jednostek, lub też wersje ograniczające możliwość wykorzystywania oprogramowania tylko do celów niekomercyjnych). W wielu przypadkach monografiom opisującym metodykę DEA [7, 8, 9] towarzyszą demonstracyjne wersje oprogramowania DEA najczęściej wykorzystujące możliwości obliczeniowe arkusza kalkulacyjnego Excel (zawarty w nim program do rozwiązywania numerycznego układu równań wielu zmiennych tzw. „solver”).

Trzeba podkreślić, że wykorzystanie metody DEA do oceny efektywności, względnie wykorzystywanie w ocenach efektywności jednostek produkcyjnych/organizacyjnych, zagadnień środowiskowych (np. wskaźników mierzących presję na środowisko) jest zagadnieniem stosunkowo nowym, a realizowana w ramach projektu nr POIG.01.03.01-00-091/08 pt. „Opracowanie modelu oceny efektywności technologii zrównoważonego rozwoju” ocena technologii jest pierwszym podejściem tego typu w Polsce.

Bazy bibliograficzne DEA zawierają tylko kilka odwołań do pojęcia efektywności, a kilkaset odwołań w przypadku przeszukiwania bazy pod kątem wykorzystywania aspektów środowiskowych do oceny efektywności technologii/jednostki produkcyjnej lub organizacyjnej. Przykładowe pozycje bibliograficzne odwołujące

się do pojęcia ekoefektywności wyszukane bezpośrednio w bazie www.deabib.org zamieszczono w spisie literatury do niniejszego rozdziału [11, 12, 13, 14]. W przypadku bazy utworzonej w Centrum Badań Operacyjnych Uniwersytetu Rutgers znaleziono 3 pozycje bibliograficzne odnoszące się do pojęcia efektywności ekologicznej [16, 17, 19] i 3 pozycje odnoszące się do pojęcia ekoefektywności [19, 20, 21].

Również w Polsce istnieje zainteresowanie metodyką DEA [10], przy czym główny obszar prac badawczych dotyczących DEA koncentruje się na badaniach efektywności organizacji, jednostek produkcyjnych oraz technologii.

W anglosaskiej literaturze dotyczącej DEA dla tego typu jednostek stosowany jest zwykle termin „jednostka decyzyjna” (*Decision Management Unit, DMU*). Dotyczy to badania efektywności jednostek posiadających pewną samodzielność organizacyjną, ale podlegających zwykle jednemu kierownictwu naczelnemu. Jest to uzasadnione tym, że zarządzający tego typu jednostkami mogą podejmować autonomiczne decyzje, które znajdują odzwierciedlenie zarówno w wynikach ekonomicznych jednostki, jak i sposobie wykorzystania zasobów produkcyjnych, a zatem znajduje to również odzwierciedlenie w efektywności analizowanej jednostki. DEA zwykle wykorzystywana jest do oceny efektywności jednostek prowadzących podobną działalność. Przykładowo ocena efektywności może dotyczyć oddziałów terenowych banku, szkół, szpitali, fabryk należących do tego samego koncernu lub przedsiębiorstw o zbliżonym profilu produkcji (np. elektrowni, ciepłowni miejskich) itp.

6.1. Ekoefektywność a DEA

W wyniku przyjęcia przez społeczność międzynarodową Agendy 21 w 1992 r. na Szczycie Ziemi w Rio de Janeiro agendy ONZ i OECD wprowadziły różnorodne wskaźniki do oceny zasad zrównoważonego rozwoju. Są to zwykle mierniki oddziaływania (presji) na środowisko i zdrowie człowieka. Ocena ekoefektywności ekologicznej, jak i metody LCA jest znacznie bardziej złożonym instrumentarium służącym do oceny technologii w porównaniu z powszechnie obecnie stosowanymi wskaźnikami zrównoważonego rozwoju.

W ocenie efektywności ekologicznej kluczową rolę odgrywają wskaźniki ekonomiczne i ekologiczne charakteryzujące daną technologię.

Wskaźniki ekologiczne są miarą oddziaływania (presji) danej technologii na środowisko i zdrowie człowieka, i powinny być tak sformułowane, aby były mierzalne i możliwe do weryfikacji. Powinny uwzględniać różnorodność poszczególnych obszarów działań i oddawać specyfikę działania firmy i koncentrować się na mierzalnych parametrach: powinny umożliwiać podejmowanie decyzji w celu usprawnienia działalności firmy tak, aby zmniejszać jej negatywne oddziaływanie na środowisko powinny pozwolić na śledzenie zmian zachodzących w czasie działalności firmy, powinny być zrozumiałe dla wszystkich uczestników procesu, to jest dla menedżerów oraz dla udziałowców.

Ekoefektywność odnosi się zwykle do ilości wytworzonego produktu lub wartości sprzedaży danego produktu. Pozwala to na dokonywanie porównań różnych

procesów jakkolwiek jest to metoda dość uproszczona. Celem niniejszej pracy jest opracowanie metod porównania efektywności różnorodnych procesów w sposób bardziej zobiektywizowany.

Obecnie dość szybko rozwijającą się dziedziną pozwalającą oceniać wpływ na środowisko technologii/procesów jest analiza cyklu życia produktu (*Life Cycle Assessment* – LCA). Biorąc pod uwagę zalety tej metody proponuje się, aby wyniki oceny LCA były wykorzystywane jako parametry wejściowe do oceny DEA. Jest to rozszerzenie klasycznej metody DEA.

Na tego typu wskaźnik korzystnie oddziałują następujące elementy:

- zmniejszenie materiałochłonności produkcji,
- zmniejszenie energochłonności produkcji,
- zmniejszenie wielkości emisji zanieczyszczeń,
- zwiększenie stopnia ponownego wykorzystania materiałów bądź odpadów,
- zwiększenie udziału odnawialnych źródeł energii w bilansie energetycznym,
- wydłużenie czasu użytkowania produktu.

Do oceny produkcji stosowane są również cząstkowe wskaźniki środowiskowe określające wpływ wytworzenia jednostki produktu na poszczególne komponenty środowiska, to jest: zanieczyszczenie powietrza, ilość wytworzonych odpadów, zużycie wody czy zużycie energii. Pozwalają one na usprawnianie procesu produkcji i wyboru technologii charakteryzujących się mniejszą presją na środowisko. Wskaźniki te określa się w następujący sposób:

$$E_i = \frac{E_z}{W_p} \quad (1)$$

gdzie: E_i – wskaźnik zużycia energii,
 E_z – energia zużyta ze wszystkich źródeł,
 W_p – jednostka produktu lub usługi.

$$I_{w_{odpadów}} = \frac{E_o}{W_p} \quad (2)$$

gdzie: $I_{w_{odpadów}}$ – wskaźnik wytwarzania odpadów,
 E_o – obciążenie środowiska odpadami,
 W_p – jednostka produktu lub usługi.

$$I_{z_{wody}} = \frac{Z_w}{W_p} \quad (3)$$

gdzie: $I_{z_{wody}}$ – wskaźnik zużycia wody,
 Z_w – zużycie wody dostarczonej do systemu z zewnątrz,
 W_p – jednostka produktu lub usługi.

$$I_{z_{pow}} = \frac{E_p}{W_p} \quad (4)$$

gdzie: I_{z_pow} – wskaźnik zanieczyszczenia powietrza,
 E_p – wielkość emisji do powietrza szkodliwych substancji,
 W_p – jednostka produktu lub usług.

W przypadku zanieczyszczenia powietrza można odnosić się do emisji poszczególnych grup zanieczyszczeń gazowych, takich jak:

- gazy cieplarniane (przeliczone na równoważną ilość dwutlenku węgla, czy też, bardziej ogólnie – odniesienie do sumarycznej ilości tzw. gazów kwaśnych),
- substancje niszczące warstwę ozonową (przeliczone na trójchlorofluorometan – CFC-11),
- prekursorzy tworzenia ozonu.

W przypadku procesów technologicznych można określić wskaźniki charakteryzujące technologie pod kątem zużycia energii i surowców. Przykładowo do określenia zużycia energii bierze się pod uwagę wskaźnik główny, jakim jest stosunek zużytej energii do jednostki produktu, jak również – wskaźniki uzupełniające, takie jak:

- bilans energii całego cyklu życia – ilość energii na wejściu i wyjściu z systemu,
- ilość energii dodatkowej – ilość energii wytworzonej w granicach systemu, zużywanej lub sprzedawanej na zewnątrz,
- ilość energii do transportu – ilość energii do transportu materiałów lub energii pomiędzy granicami systemu,
- ilość energii zużytej do transportu personelu pomiędzy granicami systemu.

W przypadku określenia ilości odpadów dla poszczególnych procesów technologicznych można określić wskaźnik główny, jakim jest stosunek różnicy pomiędzy ilością surowców wprowadzonych do procesu technologicznego a ilością surowca zawartą w produkcie końcowym w przeliczeniu na jednostkę produkcji, jak również wskaźniki uzupełniające, takie jak:

- ilość odpadów wykorzystanych ponownie,
- ilość odpadów umieszczonych na składowisku odpadów,
- ilość odpadów podlegających spopieleniu,
- ilość odpadów przetwarzanych na paliwo.

Uwzględnianie we wskaźniku efektywności recyklingu jest istotne ze względu na to, że różne produkty w różny sposób nadają się do recyklingu. Zatem produkty, które łatwiej mogą być poddawane temu procesowi, będą charakteryzowały się większą efektywnością.

Na efektywność wytwarzania produktów czy efektywność usług wpływa wiele czynników. Podstawowe ogólne uwarunkowania efektywności dotyczące wszystkich rodzajów działalności to:

- tempo postępu technicznego,
- stan regulacji prawnych w poszczególnych krajach,
- stopień konkurencyjności rynku,
- jakość zarządzania zasobami,
- stan świadomości ekologicznej społeczeństwa.

Wskaźniki efektywności w takim ujęciu nie pozwalają na bezwzględne porównania różnego rodzaju procesów produkcyjnych czy usług, które z racji swej natury są bardziej lub mniej energochłonne czy materiałochłonne. Wskaźniki zwykle stosowane są do porównania różnych technologii wytwarzania tego samego produktu, jak również do optymalizacji projektowania nowego procesu produkcyjnego lub instalacji.

W przypadku metodyki DEA ocena jest bardziej uogólniona i zobiektywizowana, zatem można przyjąć tezę, że można tego typu metodę wykorzystać do oceny technologii różnego typu. W przypadku wprowadzanych niewielkich zmian w określonym procesie produkcyjnym w odniesieniu do definicji efektywności (analizowanej jako emisja zanieczyszczeń do środowiska) ważna jest następująca zależność: procentowy wzrost emisji równy jest procentowemu wzrostowi wartości produkcji (lub zysku) pomniejszony o wzrost efektywności. Oceniając, zgodnie z tą zależnością, zmieniany proces produkcyjny, można stwierdzić, że jeżeli procentowy wzrost efektywności jest większy od procentowego wzrostu wartości dodanej, to uzyskuje się efekt bezwzględnego zmniejszenia emisji (nie jest to rzeczywisty spadek emisji).

Wskaźnik efektywności można wykorzystywać do tworzenia względnego wskaźnika X . Pojęcie to wprowadzono w przedsiębiorstwach japońskich i służy przede wszystkim do porównania różnych wariantów procesów prowadzących do wytworzenia tego samego rodzaju produktów.

$$X = \frac{E_o}{E_w} \quad (5)$$

gdzie: X – wskaźnik X ,

E_o – efektywność ocenianego procesu,

E_w – efektywność procesu przyjętego jako proces wzorcowy.

Wskaźnik X obrazuje, jak bardzo, wytwarzając dany produkt, odbiega się od wskaźnika efektywności, który zwykle uznawany jest jako wskaźnik podstawowy dla danego produktu. Wskaźnik X pozwala również na śledzenie zmian zachodzących w czasie modyfikacji procesu produkcyjnego.

W ekonometrii „efektywność” określana jest jako rezultat (wynik) podjętych działań, opisywany relacją uzyskanych efektów do poniesionych nakładów. Powszechnie stosowane metody oceny efektywności opierają się na podejściu:

- wskaźnikowym, które sprowadza się do konstruowania relacji pomiędzy różnymi wielkościami (np. wskaźniki: zadłużenia, płynności finansowej czy rentowności); ważne jest odpowiednie oszacowanie tych wielkości i interpretacja, której dokonuje się na podstawie porównania obliczonych wskaźników z przyjętymi bazami odniesienia;
- parametrycznym, które opiera się na metodach ekonometrycznych i wprowadza do oceny efektywności funkcję produkcji, np. metoda: SFA (*Stochastic Frontier Approach*), TFA (*Thick Frontier Approach*) oraz DFA (*Distribution Free Approach*);

- nieparametrycznym, w którym wykorzystuje się procedurę programowania liniowego, natomiast nie uwzględnia się wpływu czynnika losowego na efektywność obiektów oraz potencjalnych błędów pomiaru, a także nie analizuje się zależności pomiędzy nakładami i wynikami, np. metoda: DEA (*Data Envelopment Analysis*), FDH (*Free Disposal Hull*).

Metoda DEA znana w Polsce jako metoda granicznej analizy danych. Metoda DEA w ujęciu jej twórców [1] polega na zastosowaniu programowania liniowego do estymacji miar efektywności technicznej od inicjałów jej twórców nosi akronim CCR lub czasami stosowany jest też akronim CRS (*Constant Return-to-Scale*), z uwagi na przyjęcie założenia stałych efektów skali. W modelu DEA dla sytuacji wielowymiarowej, gdzie analizowane jednostki dysponują wieloma nakładami i efektami, zostały zaadaptowane miary efektywności Debreu-Farrella. Wykorzystując to podejście, w modelu DEA efektywność można zdefiniować następująco:

$$EFEKTYWNOŚĆ = \frac{\sum_{k=1}^s \mu_k EFEKT_k}{\sum_{n=1}^m v_n NAKŁAD_n} \quad (6)$$

gdzie: s – efekty,

m – nakłady,

μ_k – wagi określające ważność poszczególnych efektów,

v_n – wagi określające ważność poszczególnych nakładów.

W trakcie obliczeń metodą programowania liniowego wyszukiwane są wagi maksymalizujące efektywność każdego obiektu. Rozwiązanie problemu optymalizacyjnego polega na wyznaczeniu odległości rzeczywistego poziomu produkcji od teoretycznie stwierdzonej granicy efektywności.

Metoda DEA pozwala na ustalenie krzywej efektywności, nazywanej również graniczną krzywą produkcji (*production frontier*), na której znajdują się wszystkie najbardziej efektywne jednostki badanej zbiorowości. Obiekty uważa się za efektywne technicznie, jeżeli znajdują się na krzywej efektywności. Natomiast, w przypadku jeśli obiekty znajdują się poza krzywą efektywności, są nieefektywne technicznie. Efektywność obiektu jest mierzona względem innych obiektów z badanej grupy.

W metodzie DEA obiektem analizy są jednostki decyzyjne, tzw. DMU (*Decision Making Units*). Przedmiotem analizy jest produktywność, to znaczy badanie, z jaką efektywnością dana DMU transformuje posiadane nakłady (zasoby) w wyniki (produkty, usługi). Klasyfikując modele DEA stosuje się jednocześnie dwa kryteria: rodzaj efektów skali oraz orientację modelu. Pierwsze kryterium wskazuje, czy minimalizowane są nakłady, czy maksymalizowane efekty. Drugie kryterium określa, jakie założenia dotyczące efektów skali zostały przyjęte w modelu (zmienne, stałe czy nierosnące).

Podstawą do opracowania metody oceny technologii są dane uzyskane w wyniku analizy technologii wybranych z listy technologii przewidywanych do wdrożenia lub rozwoju, np. w ramach projektów typu „foresight”.

W stosunku do klasycznego ujęcia metodyki DEA, gdzie jako parametry wejściowe wprowadza się dane charakteryzujące procesy gospodarcze/organizacyjne w sposób bezpośredni (bezpośrednio mierzalne, wielkość produkcji, nakłady, koszty itp.) w przypadku oceny technologii proponuje się stosowanie parametrów wejściowych stanowiących wyniki otrzymane przy zastosowaniu innych metod oceny, np. za pomocą analizy cyklu życia (LCA) i analizy kosztów i korzyści (CBA). Pozwala to na uzyskanie wskaźników charakteryzujących je pod względem obciążeń dla środowiska. Parametry te stanowią dane wejściowe do metodyki DEA.

Parametry charakteryzujące technologie, możliwe do wykorzystania w DEA:

- materiałochłonność produkcji,
- energochłonność produkcji,
- wielkość emisji zanieczyszczeń, w tym emisji dwutlenku węgla oraz pod względem ekonomicznym:
- dynamiczny koszt jednostkowy,
- cena osiągnięcia efektu ekologicznego,
- stosunek korzyści do kosztów,
- wskaźniki: NPV, IRR, inne.

Ocena szczegółowych wybranych technologii stanowiła bazę do testowania metodyki DEA.

6.2. Charakterystyka materiału empirycznego

Materiał empiryczny do analiz DEA uzyskano z kart technologicznych dostawców technologii. Z uwagi na znaczną liczbę parametrów charakteryzujących technologie istotne jest dokonanie analizy istotności poszczególnych parametrów. Jedną z metod, którą można wykorzystać w tym celu, jest analiza czynnika głównego (*Principal Component Analysis*, PCA). Metoda ta jest dostępna w pakiecie STATISTICA.

Inną metodą jest sprawdzenie czy wybrane zmienne charakteryzują się wystarczającą zmiennością. W tym celu porównano współczynniki zmienności v_1 otrzymane dla poszczególnych cech z arbitralnie przyjętą wartością krytyczną, (np. $v^* = 0,2$). Zmienne spełniające nierówność można uznać za mało zróżnicowane, a tym samym za quasi-stałe (niewnoszące istotnych informacji). Zmienne te należy wyeliminować z dalszych badań.

W opracowanej metodyce efektywności przy pomocy DEA przyjęto, że parametry modelu stanowią:

- aspekty środowiskowe uzyskane metodą LCA i wyrażone w ekopunktach w podziale na:
 - zdrowie ludzkie (ZL),
 - jakość ekosystemu (JE),
 - zużycie zasobów (ZZ),
- aspekty ekonomiczne wyrażone w jednostkach pieniężnych:
 - koszty (K),
 - przychody (P),

➤ aspekty społeczne wyrażone jednym zintegrowanym wskaźnikiem wg metodyki GIG (S).

Analizując charakter zmiennych opisujących technologie stwierdzono, że:

- zdrowie ludzkie (ZL),
- jakość ekosystemu (JE),
- zużycie zasobów (ZZ),
- koszty (K)

są parametrami wejściowymi (nakładami) do modelu DEA, natomiast:

- przychody (P),
- aspekty społeczne (S)

– parametrami wyjściowymi (rezultatami) modelu DEA.

Ponadto stwierdzono, że pomimo podziału na grupy: technologie materiałowe (oznaczone jako M-XX), technologie energetyczne (oznaczone jako E-XX) i technologie środowiskowe (S-XX), poszczególne technologie cechuje dość duża zmienność parametrów. W niektórych przypadkach parametry stosowane do oceny różnią się o kilka rzędów. Szczególnie dotyczy to parametrów LCA, w przypadku technologii środowiskowych niektóre parametry przyjmują wartość ujemną. Utrudnia to stosowanie metodyki DEA z uwagi na stabilność obliczeń numerycznych związanych z programowaniem i skutkuje to w przypadku niewielkich zbiorów danych (jak to ma miejsce w aktualnie dostępnej bazie technologii) dużym udziałem technologii, które uzyskują wysoką efektywność bliską jedności. Przeprowadzone eksperymenty na dużych zbiorach testujących (opisujących jednorodne jednostki DMU o niewielkiej zmienności) wykazały zadowalający ranking efektywności charakteryzujący się większą zmiennością w porównaniu ze zbiorami o mniejszej liczności i dużej rozpiętości parametrów.

Ponadto trzeba stwierdzić, że występowanie parametrów o wartościach mniejszych od zera wyklucza stosowanie bezpośrednio metody DEA z uwagi na to, że programowanie liniowe opiera się na założeniu, że wszystkie zmienne muszą być większe od zera. Konieczne jest zatem takie przekształcenie zmiennych, aby były one większe od zera, a równocześnie nie nastąpiła utrata cech zmienności wyrażanych przez te liczby (dotyczy to wartości punktów LCA). Trzeba podkreślić, że prosta agregacja ekopunktów LCA powoduje utratę informacji o charakterze oddziaływania danej technologii na środowisko, zatem nie może być bezpośrednio stosowana jako metoda przekształcania danych wejściowych do metodyki DEA.

W celu rozwiązania tego zagadnienia wprowadzono algorytm przekształcający wartości ujemne na wartości dodatnie, zachowując to samo uszeregowanie wartości danej cechy charakteryzującej technologie w rozpatrywanym zbiorze.

$$C' = \frac{1}{\sqrt{(C)^2}} \quad (7)$$

gdzie: C – parametr ujemny LCA,

C' – nowy parametr dodatni LCA zachowujący to samo uszeregowanie technologii w badanym zbiorze.

Pozostałe parametry charakteryzujące technologię jeśli są dodatnie, nie podlegają tego typu przekształceniu. W przypadku dużej rozpiętości zmienności danej cechy konieczna jest jej normalizacja. Zidentyfikowane problemy obliczeniowe powodują, że metodyki DEA nie można uważać za uogólnioną metodykę oceny technologii i jest to ocena względna służąca do oceny efektywności tylko danego zbioru technologii, co oznacza, że dołożenie do zbioru danych nowej technologii zmienia ocenę efektywności. Jest to związane nie tylko z proponowanymi przekształceniami, ale przede wszystkim jest to związane z istotą metody oceny efektywności metodą DEA, polegającą na każdorazowym poszukiwaniu zestawu wag maksymalizujących sumaryczną wartość wskaźnika (wejścia – licznik lub wyjścia – mianownik w równaniu 6 definiującym efektywność).

Wyniki obliczeń dla poszczególnych grup technologii przedstawiono na Rysunkach 6.3, 6.4 i 6.5 umieszczonych w punkcie 6.4 niniejszego opracowania.

6.3. Implementacja algorytmu DEA

Algorytm DEA implementowany jest na systemach umożliwiających rozwiązywanie zagadnień optymalizacyjnych, w szczególności programowania liniowego. Dla bardziej złożonych modeli DEA stosowana jest optymalizacja nieliniowa. Algorytmy optymalizacyjne są zaimplementowane w większości języków programowania wyższego rzędu wyspecjalizowanych do obliczeń numerycznych. Podstawowym tego typu systemem jest AMPL® A (*Modelling Language for Mathematical Programming*).

GAMS (*General Algebraic Modelling System*) jest swego rodzaju podsystemem AMPL® wyspecjalizowanym do obliczeń i modelowania zagadnień makroekonomicznych. Podstawowym elementem tego typu systemów jest efektywny algorytm optymalizacyjny pozwalający rozwiązywać różnorodne klasy zagadnień optymalizacyjnych. GIG posiada licencje na GAM wyposażony w algorytm optymalizacyjny tzw. solver opracowany dla AMPL – CEPLEX.

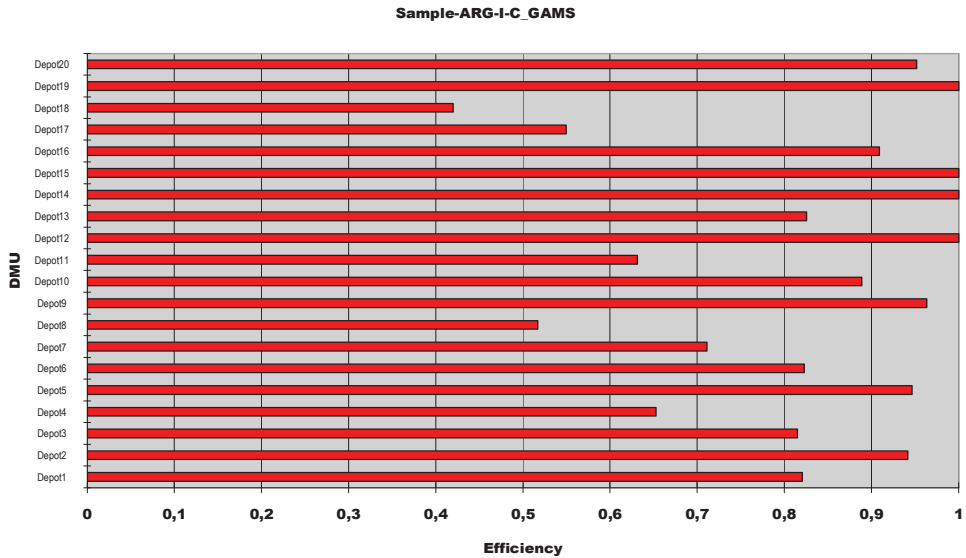
6.4. Wykorzystanie systemu DEA-Solver

Implementacja DEA przy pomocy programu EXCEL wykorzystuje występujące w nim solvery optymalizacyjne oraz możliwości programowania w VBA (*Visual Basic for Excell*). Jedną z takich implementacji jest DEA-Solver autorstwa W.W. Cooper, L.M. Seiford, K. Tone [9]. Prezentowany w monografii DEA-Solver jest system chronionym i nie można go edytować. Jest to wersja uproszczona pozwalająca analizować ograniczoną ilość DMU (jednostek decyzyjnych do 50). System przetestowano na szeregu danych literaturowych, uzyskując zadowalającą zgodność. Jednym z zestawów testujących był zestaw z biblioteki GAMS'a.

Należy podkreślić, że w większości prezentowanych przykładów dotyczących DEA ilość zmiennych wejścia i wyjścia nie przekracza 2–3 zmiennych dla każdego typu zmiennych (tj. dla wejścia i dla wyjścia). Zwykle systemy dostępne na licencji

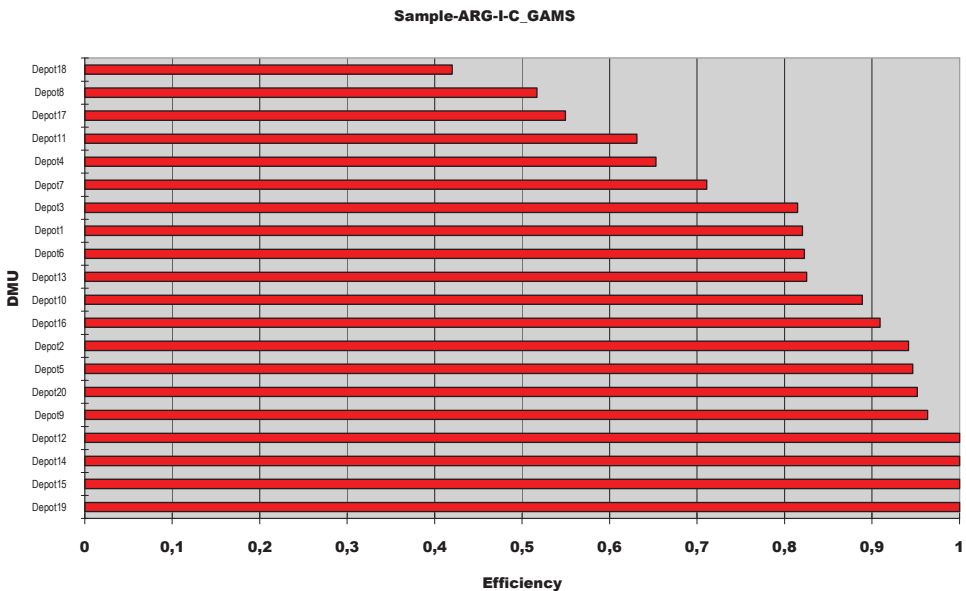
GPL mają ograniczenia w zakresie ilości analizowanych DMU (do 50–75), systemy licencjonowane pozwalają analizować 400 i więcej jednostek DMU.

Graficzna prezentacja wyników obliczeń (uporządkowane DMU i uporządkowanie węg DMU) przedstawiono na Rysunkach 6.1 i 6.2.



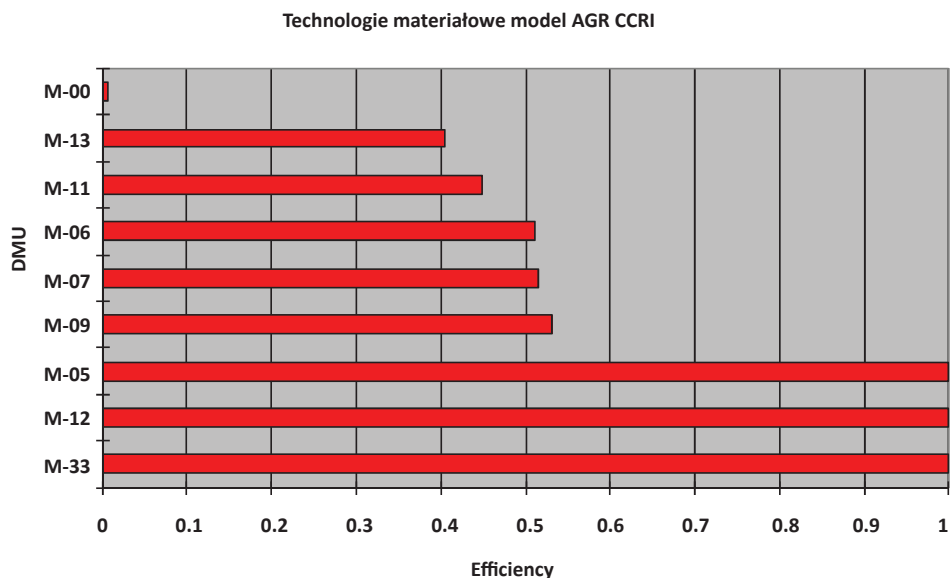
Rys. 6.1. Dane testujące dla algorytmu DEA-Solver

Źródło: opracowanie własne w oparciu o dane zawarte w programie bibliotecznym programu GAMS ilustrującym implementującą zastosowanie DEA w programie GAMS.



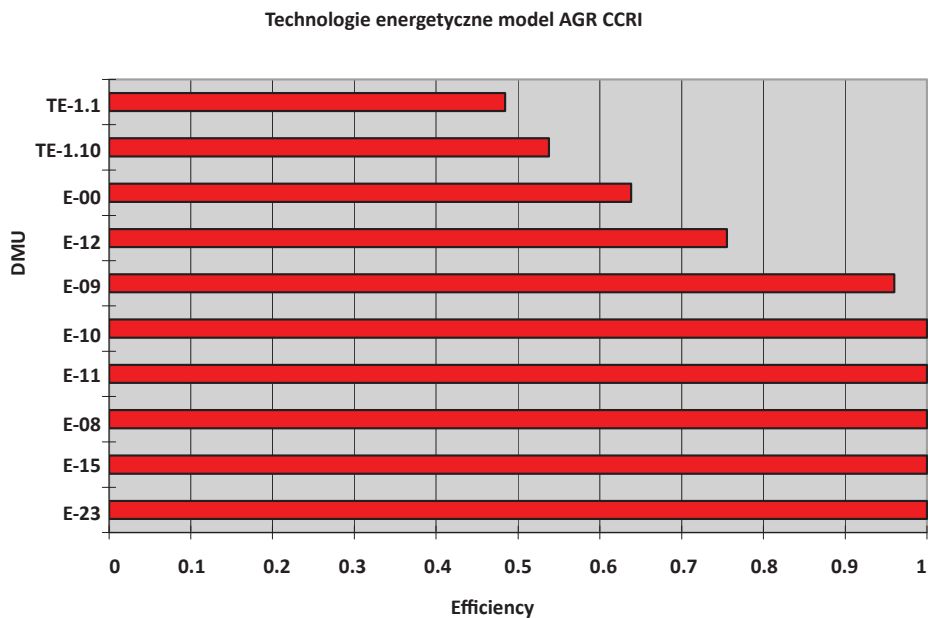
Rys. 6.2. Dane testujące dla algorytmu DEA-Solver. Wykres uporządkowany

Źródło: opracowanie własne.



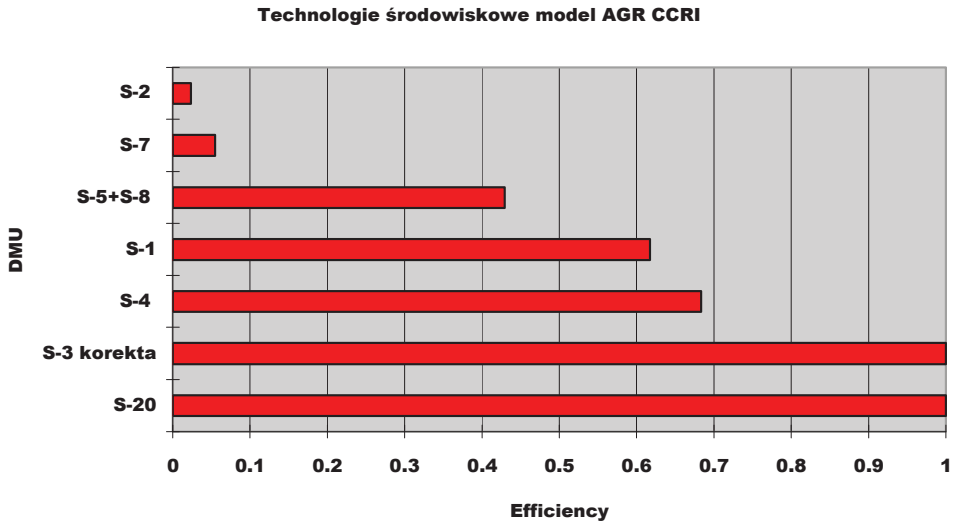
Rys. 6.3. Ocena efektywności technologii materiałowych przy pomocy algorytmu DEA-Solver, wykres uporządkowany

Źródło: opracowanie własne.



Rys. 6.4. Ocena efektywności technologii energetycznych przy pomocy algorytmu DEA-Solver, wykres uporządkowany

Źródło: opracowanie własne.



Rys. 6.5. Ocena efektywności technologii środowiskowych przy pomocy algorytmu DEA-Solver, wykres uporządkowany

Źródło: opracowanie własne.

6.5. Oprogramowanie do implementacji algorytmu DEA

Algorytm DEA może być zaimplementowany za pomocą szeregu języków wyższego rzędu, posiadających biblioteki do obliczeń algebraicznych. Dotyczy to przede wszystkim Fortranu posiadającego dostęp do największych bibliotek matematycznych zarówno ogólnodostępnych, jak i licencjonowanych (IMSL – biblioteka metod numerycznych Międzynarodowego Instytutu Matematyki i Statystyki) oraz tzw. języki skryptowe, takie jak MATLAB, Octave, Scilab i język R są udostępniane na podstawie otwartej licencji (GPL). Szczególnie predestynowane do tworzenia własnego systemu oceny technologii są języki MATLAB i R, które posiadają gotowe procedury do obliczeń DEA.

Wnioski płynące z zastosowania metody DEA w projekcie są następujące:

1. W oparciu o dane charakteryzujące technologie przy pomocy LCA można stwierdzić, że mimo prób klasyfikowania technologii na podgrupy to obserwuje się znaczną zmienność przyjmowanych parametrów LCA. Przyjmowanie wartości ujemnych przez poszczególne parametry LCA wymaga stosowania algorytmu przekształcającego te wartości na wielkości dodatnie (wymaga tego stosowanie programowania liniowego do wyznaczania wag maksymalizującego wskaźniki efektywności).
2. Metoda DEA umożliwia wyznaczanie efektywności tylko dla danego zbioru danych i nie może być wykorzystywana do bezwzględnego szeregowania wszystkich technologii.
3. Jakkolwiek metoda DEA jest metodą pożyteczną przy ocenie technologii i podejmowaniu decyzji dotyczących wyboru najkorzystniejszego rozwiązania z punktu

widzenia ekonomii, środowiska i aspektów społecznych, i może być ona stosowana dla konkretnych dość jednorodnych zbiorów (np. technologii produkcji energii elektrycznej i ciepła w blokach węglowych), to konieczne jest wypracowanie metodyki oceniającej technologie o większej różnorodności.

4. Do badań wstępnych dotyczących zastosowania DEA można wykorzystać DEA-Solver. System ten umożliwi analizowanie max 5–7 zmiennych wejściowych i max 5–7 zmiennych wyjściowych.
5. Liczba zmiennych wejścia/wyjścia można zmniejszyć wykorzystując system wskaźników zbudowanych ze zmiennych pierwotnych (ilorazy zmiennych). Wskaźniki te powinny ujmować fizyczne relacje związane z oddziaływaniem na środowisko, efektywność energetyczną itp.
6. System DEA można zaimplementować wykorzystując popularne języki/systemy posiadające biblioteki matematyczne i algorytmy realizujące programowanie liniowe, np. w Fortranie (dostępność do kompilatora Fortran 90/95), względnie języka R lub przy pomocy skryptów MATLAB (wymagana licencja na MATLAB).

6.6. Literatura

1. Charnes, A., Cooper W.W., Rhodes E., 1978, Measuring the efficiency of decision making units, *European Journal of Operational Research* 2, 429–444.
2. Tavares G.: A Bibliography of data envelopment analysis (1978–2001), 2002, Rutgers Center for Operations Research Rutgers University (http://rutcor.rutgers.edu/pub/rrr/reports2002/1_2002.pdf).
3. Gattoufi S., Becker D., Chandel J.K., Sander M.: deabib.org - A bibliographic database about data envelopment analysis, Version 0.8.0 – June 18, 2011, <http://www.deabib.org/deabib.html>.
4. <http://www.deafrontier.net/index.html>.
5. <http://users.wpi.edu/~jzhu/dea/>.
6. <http://www.deafrontier.net/deaintro.html>.
7. Zhu J.: Quantitative Models for Performance Evaluation and Benchmarking: Data Envelopment Analysis with Spreadsheets (International Series in Operations Research & Management Science), 2nd Edition, 2007, Springer.
8. Cook W.D., Zhu J.: Data Envelopment Analysis: Modeling Operational Processes And Measuring Productivity, 2008, CreateSpace.
9. Cooper W.W., Seiford L.M., Tone K., 2000, Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software, 2nd Edition, 2007, Springer.
10. Guzik B.: Podstawowe modele DEA w badaniu efektywności gospodarczej i społecznej, Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Poznaniu, Poznań 2009.
11. Dickhoff, H., Allen K. (2001): Measuring ecological efficiency with data envelopment analysis (DEA), *European Journal of Operational Research*, 132(2), pp. 312–325.
12. Kuosmanen T., Kortelainen M. (2007): Valuing environmental factors in cost-benefit analysis using data envelopment analysis. *Ecological Economics*, 62(1), 56–65.

MODEL OCENY EKOEFEKTYWNOŚCI TECHNOLOGII

7.1. Główne elementy karty oceny technologii

Karta technologii jest narzędziem gromadzenia (pozyskiwania) informacji o technologii w trzech fazach jej cyklu życia: inwestycyjnej, eksploatacyjnej i likwidacji. Została podzielona na następujące bloki:

1. Część wstępną, obejmującą:
 - nazwę technologii (lub grupy technologii),
 - krótką charakterystykę technologii wraz z opisem produktów.
2. Część ekonomiczną, zawierającą:
 - dane określające wielkość produkcji, wielkość oszczędności (w przypadku technologii generujących oszczędności), poziom korzyści lub dodatkowych kosztów (w przypadku technologii nieefektywnych ekonomicznie, ale koniecznych do wdrożenia),
 - zestawienie nakładów inwestycyjnych,
 - zestawienie przychodów ze sprzedaży oraz kosztów operacyjnych w fazie eksploatacji.
3. Część ekologiczną, w której określone jest:
 - zużycie materiałów, surowców i energii na prace budowlane i zakup aparatury w fazie inwestycyjnej, produkcję w fazie użytkowania oraz likwidację,
 - emisja gazów, ścieków, odpadów i hałasu w ww. fazach.
4. Część społeczną, w której dostawca technologii określa:
 - wpływ technologii na aspekty życia społeczeństwa zamieszkującego teren, na których będzie wdrażana,
 - zgodność technologii z obowiązującymi normami etycznymi.

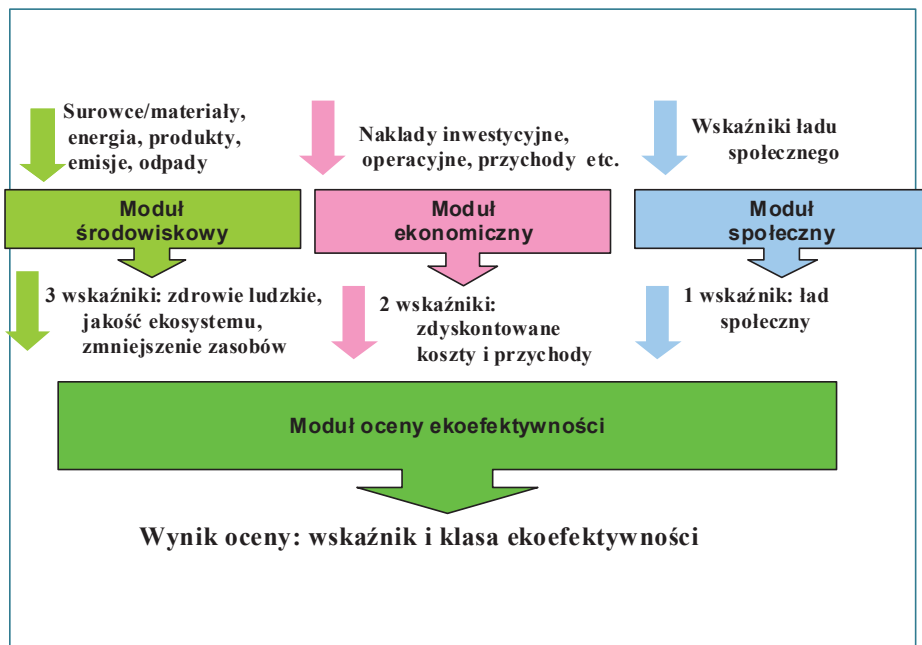
Główną przesłanką przygotowania karty technologii w opisanym formacie była konieczność pozyskania szczegółowych informacji o każdej z technologii wytypowanych na podstawie przeglądu projektów foresight, umożliwiających opracowanie

algorytmu modelu oceny ekoefektywności technologii. Zakres danych, pozwalający na ocenę dowolnej technologii za pomocą narzędzia informatycznego, jest znacznie mniejszy.

7.2. Struktura modelu

Zaproponowany model oceny ekoefektywności obejmuje i integruje zgodnie z zasadą zrównoważonego rozwoju aspekty środowiskowe, ekonomiczne i społeczne technologii i powinien stanowić wsparcie podejmowania decyzji w przedsiębiorstwach wprowadzających na rynek innowacyjne technologie. Autorzy pracy postawili więc sobie cel, jakim było opracowanie modelu, który będzie podstawą do stworzenia narzędzia dla przedsiębiorców czy właścicieli technologii, określanych jako użytkownicy, umożliwiającego im w sposób prosty i łatwy dokonanie oceny ekoefektywności nowych technologii.

Model oceny ekoefektywności technologii zbudowano w oparciu o cztery moduły obliczeniowe: środowiskowy, ekonomiczny, społeczny oraz moduł wyznaczający wskaźniki ekoefektywności. Strukturę tworzonego modelu oceny ekoefektywności przedstawiono na Rysunku 7.1.



Rys. 7.1. Struktura modelu do oceny ekoefektywności

Źródło: opracowanie własne.

Opracowanie modelu poprzedziła analiza ekoefektywności i badania pilotażowe 40 technologii. Badania pilotażowe objęły:

- walidację wskaźników środowiskowych, ekonomicznych i społecznych dla technologii opisanych w kartach technologii,
- opracowanie zbioru technologii wzorcowych,
- opracowanie algorytmów do wyznaczania wskaźników i oceny ekoefektywności,
- testowanie i weryfikację modułów.

W procesie analitycznym wyznaczenia ekoefektywności brano pod uwagę w sposób bezpośredni lub pośredni następujące zbiory danych wejściowych i wyjściowych:

- surowce/materiały, energię, odpady i emisję oraz wyznaczone na ich podstawie wskaźniki środowiskowe, opisujące wpływ technologii na zdrowie ludzkie, jakość systemu i zużycie zasobów,
- nakłady inwestycyjne, koszty i przychody,
- zbiór wartości opisujących dziedzinę ładu społecznego jak i odpowiadający im wskaźnik ładu społecznego.

Każdy z modułów wykorzystuje model (algorytm), który wyznacza wskaźniki opisujące wpływ danej technologii na środowisko, ekonomię i ład społeczny.

7.3. Moduł środowiskowy

Moduł środowiskowy pozwala na dokonywanie uproszczonej analizy środowiskowej w fazie użytkowania technologii. Na podstawie przeprowadzonych badań z wykorzystaniem techniki LCA i obliczeń wykonanych z użyciem programu Sima Pro stwierdzono, że ten etap cyklu życia technologii ma największy wpływ na środowisko. Pozostałe dwa etapy cyklu życia analizowanych technologii – etap budowy i likwidacji – nie mają większego wpływu na wynik oceny środowiskowej. Opracowano moduł środowiskowy, który wylicza wskaźniki środowiskowe na podstawie wzoru (1).

$$W_{iu} = \left(\sum_j m_j \cdot w_j + \sum_k en_k \cdot w_k + \sum_l o_l \cdot w_l + \sum_p em_p \cdot w_p \right) \cdot r_i \quad (1)$$

gdzie: W_{iu} – wskaźnik oceny środowiskowej dla i -tej technologii dla fazy użytkowania,

m_j – zużycie roczne j -tego materiału,

w_j – ekowskaźnik jednostkowy j -tego materiału,

en_k – zużycie roczne k -tego rodzaju energii,

w_k – ekowskaźnik jednostkowy k -tego rodzaju energii,

o_l – zużycie roczne l -tego odpadu,

w_l – ekowskaźnik jednostkowy l -tego odpadu,

em_p – emisja p -tego zanieczyszczenia,

w_p – ekowskaźnik jednostkowy dla emisji p -tego zanieczyszczenia,

r_i – liczba lat użytkowania i -tej technologii.

Na Rysunku 7.2. przedstawiono schemat modułu środowiskowego.



Rys. 7.2. Moduł środowiskowy

Źródło: opracowanie własne.

Moduł środowiskowy w oparciu o ekowskaźniki, określone z wykorzystaniem techniki LCA, wyznacza 3 wskaźniki środowiskowe charakteryzujące wpływ analizowanej technologii na:

- zdrowie ludzkie (ZL),
- jakość ekosystemu (JE),
- zużycie zasobów (ZZ).

W celu wyznaczenia zaproponowanych wskaźników użytkownik musi określić wielkość strumieni poszczególnych rodzajów materiałów i energii stosowanych w procesie produkcyjnym danego produktu, a także odpadów powstających w wyniku produkcji oraz emisji zanieczyszczeń pyłowo-gazowych. W module środowiskowym użytkownik powinien wprowadzić wielkości następujących strumieni:

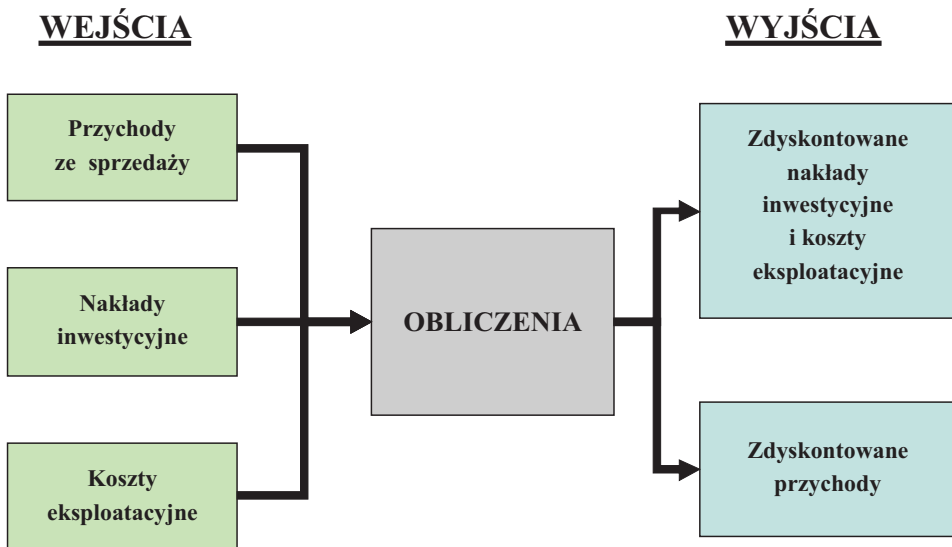
- energii – węgiel kamienny, węgiel brunatny, węgiel drzewny, antracyt, koks, koks naftowy, gaz ziemny, energia elektryczna itd.,
- materiałów inżynierskich – metale, materiały ceramiczne, szkło, tworzywa sztuczne, drewno itd.,
- materiałów budowlanych – cegła, żwir, beton itd.,
- produktów złożonych wielomateriałowych,
- wody,
- chemikaliów,
- emisji,
- odpadów.

W ramach opracowanego modułu środowiskowego zostaną obliczone trzy wskaźniki środowiskowe, które w powiązaniu ze wskaźnikami ekonomicznymi i społecznymi pozwolą na ocenę ekoefektywności analizowanej technologii użytkownika.

7.4. Moduł ekonomiczny

Moduł ekonomiczny oparty jest na modelu uproszczonej analizy ekonomicznej rozpatrywanej technologii. Przyjęte uproszczenia wynikają z występujących powszechnie problemów z uzyskaniem wiarygodnych danych dotyczących nakładów inwestycyjnych oraz kosztów eksploatacyjnych technologii. W praktyce szczególne problemy występują przy technologiach wdrożonych przed wielu laty (trudności z określaniem nakładów inwestycyjnych) oraz technologiach będących w wczesnym stadium planowania (brak danych eksploatacyjnych, trudności z oszacowaniem przychodów).

Schemat modułu ekonomicznego przedstawiono na Rysunku 7.3.



Rys. 7.3. Moduł ekonomiczny

Źródło: opracowanie własne.

Do modułu ekonomicznego użytkownik w celu wykonania obliczeń powinien wprowadzić następujące dane:

- nakłady inwestycyjne w podziale na lata realizacji,
- przewidywany okres użytkowania technologii powinien być zgodny z przyjętym w analizach środowiskowych,
- średnie (reprezentatywne) roczne przychody uzyskiwane bezpośrednio w związku z zastosowaniem technologii,
- średnie (reprezentatywne) roczne koszty eksploatacyjne technologii.

W wyniku obliczeń dotyczących rozpatrywanej technologii uzyskuje się następujące wskaźniki ekonomiczne:

- zdyskontowane nakłady inwestycyjne i koszty eksploatacyjne,
- zdyskontowane przychody.

Obliczenia wskaźników są przeprowadzane za pomocą następujących wzorów:

$$NP = \sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+k)^t} \quad (1)$$

$$NK = \sum_{t=0}^m \frac{I_t + K_t}{(1+k)^t} \quad (2)$$

gdzie: NP – zdyskontowane przychody,

NK – zdyskontowane nakłady inwestycyjne i koszty eksploatacyjne,

CF_t – przychody ze sprzedaży w roku t ,

I_t – nakłady inwestycyjne poniesione w roku t ,

K_t – koszty eksploatacyjne (operacyjne) poniesione w roku t ,

k – stopa dyskonta,

t – kolejny rok.

7.5. Moduł społeczny

W rezultacie dokonanego przeglądu literatury przedmiotu przyjęto, że w ocenie wpływu technologii na ład społeczny zasadnym jest podejście relacyjne, tj. odniesienie percepcji użyteczności rezultatów wprowadzanych technologii do postrzeganych zagrożeń dla bezpieczeństwa i komfortu życia w wymiarze społecznym.

Założenie stanowiło podstawę opracowania metodyki oceny wpływu użytkowania technologii na ład społeczny, która obejmuje:

- 1) wzór karty technologii w odniesieniu do ład społeczny,
- 2) instrukcję wypełniania karty,
- 3) sposób oceny i interpretacji wyników.

Ustalona metodyka została przetestowana w badaniu pilotażowym [1], w którym ocenie poddano pięć wybranych technologii a jej wyniki przedstawiono w rozdziale 3 wspomnianego raportu. Kolejnym krokiem była konstrukcja narzędzia informatycznego, umożliwiającego automatyzację koniecznych obliczeń.

W ocenie aspektu społecznego pierwotnie uwzględniono dwadzieścia jeden wskaźników opisujących sześć dziedzin ład społeczny, w których zaznacza się wpływ użytkowania technologii. Po badaniach właściwych, które objęły 52 technologie, opracowano wersję skróconą karty zawierającą tylko dziewięć wskaźników, natomiast nie zredukowano liczby dziedzin ład społeczny.

Moduł społeczny – tj. metodę oceny oddziaływania technologii na ład społeczny wraz z aplikacją informatyczną – przedstawiono w Rozdziale 5.

7.6. Moduł oceny efektywności

Moduł oceny efektywności technologii służy do wyznaczenia wskaźników efektywności rozpatrywanych technologii, przedstawienia rankingu technologii oraz klasyfikacji technologii ze względu na efektywność.

Proces obliczeń dokonuje się w następujących krokach:

1. Wybór antywzorca technologii (obiekt sztuczny).
2. Normalizacja zmiennych.
3. Obliczenie metryk odległości od antywzorca technologii – względnego miernika efektywności.
4. Zakwalifikowanie ocenianego obiektu do klasy efektywności.

Do modelu oceny efektywności użyto danych z trzech obszarów:

- wyników analizy LCA,
- warunków ekonomicznych,
- warunków społecznych.

Wyniki analizy LCA dostarczyły trzech następujących wskaźników:

- oddziaływanie na zdrowie ludzkie – oznaczenie zmiennej „ZL”,
- oddziaływanie na jakość ekosystemu – oznaczenie zmiennej „JE”,
- zmniejszenie zasobów surowców – oznaczenie zmiennej „ZZ”.

Z warunków ekonomicznych zostały wzięte dwie zmienne:

- nakłady inwestycyjne netto na uruchomienie technologii ogółem oraz Koszty działalności operacyjnej ogółem (netto) związane z analizowaną technologią – z odtworzeniami, bez amortyzacji – oznaczenie zmiennej „Koszty”,
- przychody z działalności podstawowej związanej z analizowaną technologią ogółem – oznaczenie zmiennej „Przychody”.

Warunki społeczne zostały ujęte w postaci jednego wskaźnika – oznaczenie zmiennej „Społeczne”.

W modelu wpływ rozpatrywanych technologii na warunki środowiskowe, ekonomiczne i społeczne zróżnicowano, stosując wagi, a mianowicie: warunki środowiskowe mają wagę 50%, ekonomiczne – 33,3%, a społeczne – 16,7%. Przyjęte wartości wag to wynik przeprowadzonych w ramach projektu badań ankietowych, w których uczestniczyli eksperci reprezentujący rozpatrywane obszary: środowisko, ekonomię i nauki społeczne.

Etap 1. Wybór antywzorca technologii

W zastosowanym modelu oceny efektywności zmienne muszą mieć jednolity kierunek. Oznacza to, że zmiennym, dla których wysokie wartości są pożądane (stymulanty) oraz zmiennym, dla których niskie wartości są pożądane (destymulanty), należy ujednoczyć kierunek preferencji. Działanie to wykonano na etapie wyboru antywzorca technologii.

Podział na stymulanty i destymulanty został przedstawiony w Tabeli 7.1.

Tabela 7.1. Podział na stymulanty i destymulanty

Stymulanty	Destymulanty
Przychody	ZL
Społeczne	JE
	ZZ
	Koszty

Wyznaczenie antywzorca polega na wyznaczeniu dla każdej zmiennej wartości maksymalnej lub minimalnej, w zależności od tego, czy zmienna jest stymulantą czy destymulantą. Antyworzec technologii jest wyrażony wektorem o wymiarach 6×1 . Przykład antywzorca przedstawiono w Tabeli 7.2.

Antyworzec ustala się według formuły:

$$AW = \begin{cases} \min_j x_j \Leftrightarrow \text{gdy } x_j \in \text{Stymulanty} \\ \max_j x_j \Leftrightarrow \text{gdy } x_j \in \text{Destymulanty} \end{cases} \quad (1)$$

gdzie: AW – oznacza antyworzec technologii wyznaczony na podstawie 6 zmiennych,

x_j – oznacza analizowane zmienne dla $j \in \text{ZL, JE, ZZ, Koszty, Przychody, Społeczne}$.

Tabela 7.2. Przykład antywzorca

Lp.	Technologia	ZL	JE	ZZ	Koszty	Przychody	Społeczne
1	AW	34,8	2,6	12,9	126,2	46,5	0,0
2	E-00	34,8	2,6	3,8	25,0	46,5	0,0
3	E-08	2,3	0,3	0,9	88,9	164,3	3,2
4	E-09	2,6	0,4	1,0	96,5	174,2	3,2
5	E-10	3,2	0,5	1,1	40,5	117,8	3,3
6	E-11	1,7	0,3	0,1	88,5	160,8	3,2
7	E-12	6,0	0,7	2,9	71,0	138,4	2,1
14	E-15	2,5	0,1	12,9	74,0	93,0	2,2
15	E-23	3,5	1,0	0,2	79,6	140,5	3,4
16	TE-1.1	9,5	1,1	5,0	126,2	147,8	3,2
17	TE -1.10	8,0	0,9	4,7	100,2	134,1	3,2
	min.	1,7	0,1	0,1	25,0	46,5	0,0
	max	34,8	2,6	12,9	126,2	174,2	3,4

Źródło: opracowanie własne.

Etap 2. Normalizacja zmiennych

Zastosowanie procedur normalizacyjnych pozwala na sprowadzenie różnorodnych cech o zróżnicowanym zakresie zmienności do wzajemnej porównywalności, co jednocześnie przynosi pozbawienie ich mian i umożliwia ich dodawanie. W ocenie efektywności zastosowano normalizację za pomocą tzw. metody unita-

ryzacji zerowanej, która przekształca w sposób liniowy zmienne na przedział wartości $[0; 1]$. Formuły przekształceń wyglądają następująco:

- dla stymulant:

$$z_{ij} = \frac{x_{ij} - \min_i x_{ij}}{\max_i x_{ij} - \min_i x_{ij}}, \quad \text{gdy } x_{ij} \in S \quad (2)$$

- dla destymulant:

$$z_{ij} = \frac{\max_i x_{ij} - x_{ij}}{\max_i x_{ij} - \min_i x_{ij}}, \quad \text{gdy } x_{ij} \in D \quad (3)$$

z_{ij} – zestandaryzowane wartości cech i -tego obiektu, j -tej zmiennej,

z_{0j} – wartości cech obiektu – antywzorca technologii,

x_{ij} – surowe wartości cech i -tego obiektu, j -tej zmiennej,

i – numer obiektu,

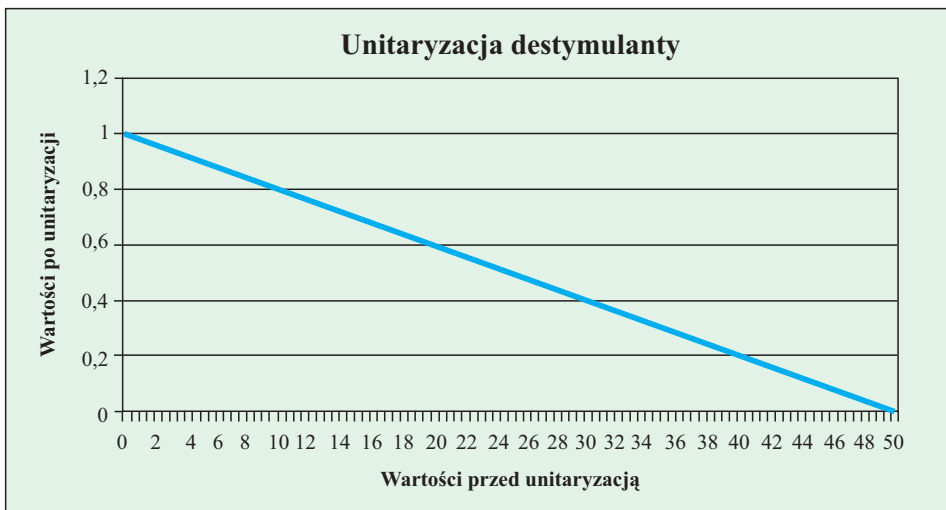
j – numer zmiennej.

Zmienne przekształcone w powyższy sposób mają przedział zmienności:

$$z_{ij} \in [0; 1],$$

czyli rozstęp wynosi 1, a dolna i górna granica przedziału zmienności jest unormowana – minimum zawsze wynosi 0, a maksimum 1.

Wartości zmiennej po unitaryzacji zerowanej przedstawiono na Rysunku 7.4, natomiast przykład normalizacji zmiennych – w Tabeli 7.3.



Rys. 7.4. Wartości po unitaryzacji

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 7.3. Przykład normalizacji zmiennych

Lp.	Technologia	ZL	JE	ZZ	Koszty	Przychody	Spoleczne
1	AW	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	E-00	0,00	0,00	0,72	1,00	0,00	0,00
3	E-08	0,98	0,91	0,94	0,37	0,92	0,93
4	E-09	0,97	0,89	0,93	0,29	1,00	0,93
5	E-10	0,96	0,83	0,92	0,85	0,56	0,96
6	E-11	1,00	0,92	1,00	0,37	0,89	0,93
7	E-12	0,87	0,75	0,78	0,55	0,72	0,61
14	E-15	0,98	1,00	0,00	0,52	0,36	0,65
15	E-23	0,94	0,64	1,00	0,46	0,74	1,00
16	TE-1.1	0,76	0,60	0,62	0,00	0,79	0,94
17	TE -1.10	0,81	0,67	0,65	0,26	0,69	0,94
	min	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	max	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Źródło: opracowanie własne.

Etap 3. Obliczenie metryk odległości od antywzorca technologii – względnego miernika efektywności

Kolejnym etapem analizy jest znalezienie odległości $d_{i,0}$ każdego działu od wyznaczonego antywzorca technologii. Jako miarę odległości przyjęto odległość euklidesową.

$$d_{i,0} = \sqrt{\sum_{j=1}^m (z_{ij} - z_{0j})^2}, \quad (i= 1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, k) \quad (4)$$

gdzie: z_{ij} – zestandaryzowane wartości cech i -tego obiektu, j -tej zmiennej,

z_{0j} – wartości cech obiektu – antywzorca technologii,

i – numer obiektu,

j – numer zmiennej.

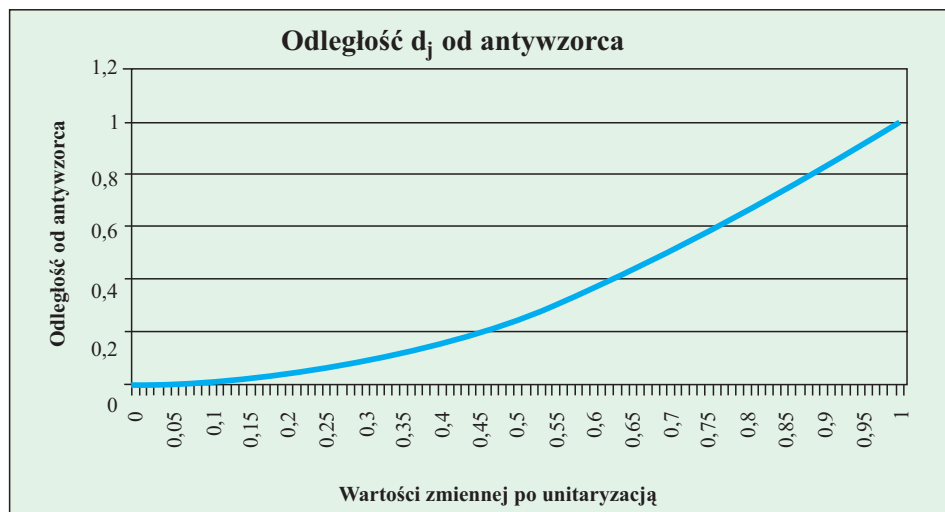
Na Rysunku 7.5 przedstawiono odległość cząstkową (d_j) od antywzorca technologii dla zmiennej będącej stymulantą, a w Tabeli 7.4 pokazano przykład.

Wyznaczona odległość euklidesowa od antywzorca technologii przedstawia wartość wskaźnika efektywności technologii.

W celu łatwiejszego i bardziej przejrzystego porównywania różnych technologii pod względem ich efektywności wprowadzono klasyfikację. Zbiór wskaźników efektywności charakteryzujących technologie „wzorcowe”, które posłużyły do budowy modelu, podzielono na cztery równe przedziały (klasy) i oznaczono symbolami A, B, C i D, przy czym klasa A dotyczy technologii w tym zbiorze o najwyższej efektywności, a klasa D o najniższej efektywności.

Zastosowanie klas efektywności w opracowanym modelu umożliwia użytkownikowi narzędzia ocenę efektywności analizowanej przez niego technologii

w odniesieniu do innych technologii energetycznych, materiałowych lub środowiskowych, podczas gdy sposób prezentacji wyników ekoefektywności stosowany w popularnych metodach oceny ekoefektywności (np. BASF) umożliwi jedynie porównanie analizowanych technologii między sobą.



Rys. 7.5. Odległość cząstkowa (d_j) od antywzorca technologii

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 7.4. Przykład

Lp.	Technologia	d ZL	d JE	d ZZ	d Koszty	d Przychody	d Społeczne	d_j
1	AW	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	E-00	0,00	0,00	0,51	1,00	0,00	0,00	1,23
3	E-08	0,97	0,83	0,89	0,14	0,85	0,86	2,13
4	E-09	0,95	0,79	0,87	0,09	1,00	0,86	2,13
5	E-10	0,91	0,68	0,85	0,72	0,31	0,93	2,10
6	E-11	1,00	0,84	1,00	0,14	0,80	0,86	2,15
7	E-12	0,76	0,56	0,61	0,30	0,52	0,37	1,77
14	E-15	0,95	1,00	0,00	0,27	0,13	0,43	1,67
15	E-23	0,89	0,41	1,00	0,21	0,54	1,00	2,01
16	TE-1.1	0,58	0,36	0,38	0,00	0,63	0,89	1,69
17	TE -1.10	0,65	0,44	0,42	0,07	0,47	0,89	1,72

d_j – oznacza składniki sumy odległości euklidesowej dla $j \in$ ZL, JE, ZZ, Koszty, Przychody, Społeczne.

d_j – wyznaczona odległość euklidesowa od antywzorca technologii.

Źródło: opracowanie własne.

7.7. Wprowadzanie danych do modułów przez użytkownika

7.7.1. Informacje wstępne

Przed przystąpieniem do wprowadzania danych i informacji dotyczących ocenianej technologii użytkownik wybiera:

- grupę technologii, do których należy oceniana technologia:

I	Technologie energetyczne oparte na paliwach kopalnych
II	Technologie materiałowe
III	Technologie ochrony środowiska

- wpisuje nazwę ocenianej technologii:
- podaje:
 - zdolność przerobową instalacji w tonach na rok (Mg/rok),
 - wielkość produkcji dla technologii grupy I w tonach na rok (Mg/rok),
 - wielkość produkcji dla technologii grupy II w tonach na rok (Mg/rok),

7.7.2. Moduł 1. Środowiskowy

W celu wyznaczenia wpływu środowiskowego należy określić poszczególne rodzaje materiałów i energii stosowanych w procesie produkcyjnym danego produktu, a także podać odpady powstające w procesie i emisje zanieczyszczeń pyłowo-gazowych.

Materiały i energia zużywane w procesie produkcji wybranego wyrobu:

MATERIAŁY

- użytkownik wybiera rodzaj materiałów stosowanych w procesie produkcyjnym i wpisuje zużycie roczne (Mg/rok),

ENERGIA

- użytkownik wybiera rodzaj paliwa (stałe, gazowe i ciekłe) oraz energię elektryczną stosowaną w technologii produkcji oraz wpisuje zużycie roczne w odpowiednich jednostkach zaznaczonych przy rodzajach energii.

Odpady i emisje w procesie produkcji wybranego wyrobu:

ODPADY

- użytkownik wybiera poszczególne sposoby składowania/recyklingu odpadów i podaje ich roczną ilość (Mg/rok),

EMISJE

- użytkownik wybiera rodzaj zanieczyszczeń pyłowo-gazowych oraz wpisuje ich emisje roczne w odpowiednich jednostkach zaznaczonych przy rodzajach emisji.

Okres użytkowania:

- użytkownik wybiera okres użytkowania technologii zgodnie z sektorem, w którym znajduje się jego technologia.

Wynik:

- po wpisaniu powyższych danych użytkownik otrzymuje wynik – wskaźnik oceny środowiskowej dla wybranej technologii (dla fazy użytkowania), który jest składową obliczania ekoefektywności.

7.7.3. Moduł 2. Ekonomiczny

W celu dokonania obliczeń użytkownik wprowadza dane do arkusza obliczeniowego w programie EXCEL. Arkusz pozwala na dokonywanie uproszczonej analizy ekonomicznej technologii opartej na podstawowych danych dotyczących nakładów inwestycyjnych oraz kosztów eksploatacyjnych technologii.

Użytkownik wpisuje następujące dane:

- nakłady inwestycyjne netto na uruchomienie technologii ogółem (od jednego do kilku pól – w zależności od czasu wdrażania technologii),
- przewidywany okres użytkowania technologii (1 pole),
- przychody z działalności podstawowej związanej z analizowaną technologią ogółem (1 pole),
- koszty działalności operacyjnej ogółem (netto) związane z analizowaną technologią – z odtworzeniami, bez amortyzacji (1 pole).

Wartości pieniężne podaje się w kwotach netto, tj. bez podatku VAT.

Nakłady inwestycyjne netto na uruchomienie technologii ogółem:

Należy podać w podziale na lata (liczbę lat i podział nakładów w latach przyjąć zależnie od charakteru i wielkości technologii, bądź danych z realizacji inwestycji/planów inwestycyjnych):

- a) dla technologii funkcjonujących należy podać nakłady inwestycyjne na przygotowanie i uruchomienie technologii w przedziale czasowym, w którym były ponoszone;
- b) dla technologii planowanych do wdrożenia (przyszłościowych) należy podać nakłady inwestycyjne na przygotowanie i uruchomienie technologii w przewidywanym przedziale czasowym, niezbędnym do przygotowania i pełnego wdrożenia technologii. Zakłada się, że uruchomienie działalności (faza operacyjna) następuje po całkowitym zakończeniu fazy inwestycyjnej.

Nakłady inwestycyjne to nakłady poniesione w celu stworzenia nowych środków trwałych lub ulepszenia (przebudowa, rozbudowa, rekonstrukcja lub modernizacja) istniejących obiektów majątku trwałego, a także nakłady na tzw. pierwsze wyposażenie. Zalicza się do nich:

- a) nakłady na rzeczowe składniki majątku trwałego, w tym zwłaszcza: zakup ziemi i przygotowanie terenu, zakup budynków i budowli wraz z koniecznymi pracami inżyniersko-budowlanymi, zakup i zainstalowanie maszyn i urządzeń produkcyjnych łącznie z wyposażeniem pomocniczym,

- b) wydatki poniesione na zakup wartości niematerialnych i prawnych, np. prawo do wynalazków, know-how, licencji, patentów, znaków towarowych, oprogramowanie komputerowe, wieczyste użytkowanie gruntu itp.,
- c) wydatki fazy przedrealizacyjnej i przedprodukcyjnej, w tym zwłaszcza: koszty studiów przedrealizacyjnych (konceptcje, studia wykonalności, biznesplany, analizy rynkowe itp.), opracowanie dokumentacji technicznej (w tym budowlanej, technologicznej i kosztorysowej), szkolenie załogi, nadzór inwestorski, nakłady kapitałowe fazy przedprodukcyjnej (np. promocja produktu), koszty produkcji próbnej i uruchamiania technologii.

Jeśli w przypadku analizowanej technologii wystąpiły lub wystąpią kategorie kosztów niewymienione powyżej, należy je również uwzględnić i podać wartości w poszczególnych latach.

Przewidywany okres użytkowania technologii:

Przewidywany okres użytkowania technologii należy podać w latach:

- a) na podstawie doświadczenia i wiedzy właściciela technologii lub jeśli brak jest ww. informacji:
- b) na podstawie wytycznych Komisji Europejskiej, w zależności od sektora (patrz: „POMOC”).

Na podstawie wytycznych Komisji Europejskiej, w zależności od sektora, można przyjąć następujące okresy użytkowania technologii:

Projekty według sektora	Lata
Energia	25
Woda i środowisko	30
Koleje	30
Drogi	25
Porty i lotniska	25
Telekomunikacja	15
Przemysł	10
Inne usługi	15
Średnia prosta	22

Źródło: Komisja Europejska. Dyrekcja Generalna ds. Polityki Regionalnej; Przewodnik do Analiz Kosztów i Korzyści projektów inwestycyjnych. Fundusze strukturalne, Fundusz Spójności oraz Instrument Przedakcesyjny Raport końcowy przedłożony przez TRT Trasporti e Territorio oraz CSIL Centre for Industrial Studies. 16.06.2008 r.

Jeżeli technologia nie wpisuje się w żaden z powyższych sektorów i jeżeli brak jest jakichkolwiek danych z innych źródeł co do okresu użytkowania technologii, przyjąć wyliczoną powyżej średnią prostą.

Przychody z działalności podstawowej związanej z analizowaną technologią ogółem:

Należy podać wartość przychodów w jednostkach pieniężnych w ujęciu rocznym (zł/rok) jako wartość reprezentatywną dla danej technologii (np. średnia wartość z ostatnich kilku lat – co najmniej trzech). Jeśli dane historyczne nie są reprezentatywne (np. niepełny rok eksploatacji, występowała obniżona wielkość produkcji spowodowana sytuacją rynkową lub pracami remontowymi czy modernizacyjnymi) lub nie są dostępne (technologia planowana do wdrożenia), należy podać wartości najlepiej charakteryzujące analizowaną technologię (np. przychody oszacowane na podstawie nominalnej wielkości produkcji wynikającej z parametrów technicznych technologii lub wartość średnią z lat, w których eksploatacja technologii odbywała się w normalnych warunkach, bez zakłóceń).

Należy podać wartość przychodów finansowych wynikających z wdrożenia i eksploatacji analizowanej technologii ogółem. Zalicza się do nich przychody osiągnięte z działalności podstawowej w wyniku wdrożenia i eksploatacji technologii, a w szczególności: przychody uzyskiwane ze sprzedaży produktu głównego, produktów dodatkowych oraz ze sprzedaży usług. Jeśli analizowana technologia generuje całość przychodów przedsiębiorstwa, należy podać wartość tych przychodów.

W przypadku gdy analizowana technologia stanowi fragment większego ciągu produkcyjnego (np. służy wytwarzaniu półproduktów lub elementów produktu końcowego przedsiębiorstwa/ciągu produkcyjnego), zaleca się, aby poziom przychodów oszacować metodą alokacji na podstawie całkowitych przychodów osiągniętych w wyniku sprzedaży produktu końcowego przedsiębiorstwa/ciągu produkcyjnego. Alokowane przychody można oszacować na podstawie następującego wzoru:

$$Pa = Pc * Kt / Kc$$

gdzie: Pa – alokowane przychody związane z analizowaną technologią (wprowadzane do obliczeń)

Pc – całkowite przychody osiągnięte w wyniku sprzedaży produktu końcowego przedsiębiorstwa/ciągu produkcyjnego

Kt – koszty operacyjne związane z analizowaną technologią

Kc – całkowite koszty operacyjne związane z wytwarzaniem produktu końcowego przedsiębiorstwa/ciągu produkcyjnego

Koszty działalności operacyjnej ogółem (netto) związane z analizowaną technologią – z odtworzeniami, bez amortyzacji:

Należy podać wartość kosztów w jednostkach pieniężnych w ujęciu rocznym (zł/rok) jako wartość reprezentatywną dla danej technologii. Jeśli dane historyczne nie są reprezentatywne lub nie są dostępne, należy podać wartości najlepiej charakteryzujące analizowaną technologię.

Należy podać wartość kosztów zwykłej działalności operacyjnej ogółem ponoszonych w związku z eksploatacją analizowanej technologii (jest to wartość wszystkich wydatków związanych z bieżącą eksploatacją, które nie mają charakteru inwestycyjnego) oraz wartość odtworzeń. Jeśli analizowana technologia generuje całość kosztów operacyjnych przedsiębiorstwa, należy podać wartość tych kosztów. Do kosztów zwykłej działalności operacyjnej zalicza się w szczególności:

- bezpośrednie koszty funkcjonowania technologii, w tym: zużycie materiałów i energii, amortyzacja, koszty usług obcych, wynagrodzenia, ubezpieczenia społeczne i inne świadczenia na rzecz pracowników, podatki i opłaty, pozostałe koszty,
- koszty administracyjne i ogólne – koszty związane z organizacyjnym utrzymaniem przedsiębiorstwa oraz ogólną organizacją produkcji jako całości, których nie można bezpośrednio przypisać do kosztów funkcjonowania technologii; zalicza się do nich koszty utrzymania zarządu, wynagrodzenia pracowników administracyjnych, koszt zakupu materiałów biurowych itp.,
- koszty sprzedaży – koszty ponoszone przez jednostkę prowadzącą działalność produkcyjną w związku ze sprzedażą wyrobów gotowych; obejmują koszty sprzedaży wyrobów gotowych, towarów i innych rzeczowych składników majątku, w tym także koszty utrzymania sieci handlowej, koszty opakowań bezzwrotnych, załadunku, wyładunku, przewozu, reklamy, koszty udziału w targach itp.

Przykładowe kategorie bezpośrednich kosztów funkcjonowania technologii:

- Zużycie materiałów i energii:
 - zużycie materiałów podstawowych i pomocniczych,
 - zużycie opakowań i materiałów służących do pakowania,
 - zużycie materiałów biurowych,
 - zużycie energii elektrycznej i ciepłej,
 - zużycie ciepłej i zimnej wody,
 - zużycie gazów,
 - zużycie pary wodnej,
 - zużycie sprężonego powietrza,
 - zużycie paliw płynnych, stałych i gazowych.
- Usługi obce:
 - transportowe,
 - budowlane,
 - remontowe,
 - składowania,
 - łączności (telekomunikacyjne, pocztowe itp.),
 - poligraficzne,
 - informatyczne,
 - bankowe,
 - przeprowadzenie ekspertyz i badań,
 - tłumaczenie tekstu.

- Podatki i opłaty:
 - podatek od nieruchomości,
 - podatek od środków transportu,
 - podatek akcyzowy,
 - opłaty skarbowe,
 - opłaty sądowe i notarialne,
 - opłaty za wieczyste użytkowanie gruntów,
 - roczne opłaty licencyjne uprawniające do wykonywania działalności.
- Wynagrodzenia:
 - wartość wynagrodzeń brutto wypłacanych w formie pieniężnej,
 - wartość świadczeń w naturze bądź ich ekwiwalent.
- Ubezpieczenia społeczne i inne świadczenia na rzecz pracowników:
 - składki z tytułu ubezpieczeń społecznych opłaconych ze środków pracodawcy,
 - składki na fundusz pracy,
 - składki na zakładowy fundusz świadczeń socjalnych,
 - zakup odzieży ochronnej i roboczej,
 - świadczenia rzeczowe związane z bezpieczeństwem i higieną pracy,
 - szkolenie pracowników,
 - dopłaty do okresowych biletów za dojazdy pracowników do pracy.
- Pozostałe koszty:
 - ubezpieczenia majątkowe i osobowe,
 - koszty krajowych i zagranicznych podróży służbowych,
 - koszty reprezentacji i reklamy,
 - koszty wynajęcia kwater lub ryczałtu za noclegi w przypadku czasowego zatrudnienia pracowników poza miejscem stałego zatrudnienia,
 - wypłaty ryczałtów za używanie przez pracowników własnych samochodów do celów służbowych.

Powyżej opisane koszty działalności operacyjnej należy podać łącznie, bez wydzielenia poszczególnych składowych.

Do powyższych kosztów zwykłej działalności operacyjnej należy podać wartość nakładów odtworzeniowych poniesionych w okresie eksploatacji technologii. Wartość tę należy podać jako średnią z lat, w których nakłady odtworzeniowe były faktycznie ponoszone lub przewiduje się ich ponoszenie. Jako nakłady odtworzeniowe należy rozumieć te wydatki, które podnoszą wartość księgową majątku (w przeciwieństwie np. do wydatków na remonty czy bieżące naprawy). Jeśli podawana będzie tylko wartość reprezentatywna lub docelowa, należy podać wartość uśrednioną odtworzeń dla okresu kilkuletniego (liczona jako średnia z kilkuletniego cyklu, na który składają się lata bez wydatków na odtworzenia oraz lata z wydatkami na odtworzenia). Wydatki na odtworzenia mają bowiem charakter okresowy – raz na kilka lat – gdy nastąpi faktyczne zużycie elementów eksploatowanego majątku, w szczególności tych, które mogą zostać wymienione na nowe. W tej kategorii wydatków należy również ująć wszelkie prace modernizacyjne związane z zakupem nowych składników majątkowych.

7.7.4. Moduł 3. Społeczny

A i B. Czynności wstępne użytkownika

Przed przystąpieniem do obliczania predyktora ładu społecznego użytkownik powinien:

- wpisać nazwę technologii ocenianej – część A modułu obliczeniowego,
- określić, do jakiej innej technologii będzie porównywana oceniana – część B modułu obliczeniowego,

Wskazanie, do jakiej innej technologii będzie porównywana oceniana technologia jest informacją ważną – pozwala ekspertowi (osobie dokonującej wyliczenia predyktora) przyjąć stały punkt odniesienia przy ocenianiu przede wszystkim rodzaju wpływu),

- zapoznać się z opisem wskaźników, tj. przyjętym sposobem ich rozumienia.

C. Ocena wskaźników

- Użytkownik oceniający wskaźniki do obliczenia predyktora:
 - członek kierownictwa – po ewentualnej konsultacji ze specjalistami ds. zatrudnienia, ds. finansowych, ds. produkcji w odniesieniu do wskaźników nr: 1.1, 1.2, 3.1, 5.1, 5.3, 5.4, 6.1;
 - specjalista ds. bezpieczeństwa w odniesieniu do wskaźników nr: 2.2, 4.1.
- Sposób oceny wskaźników:

Dla każdego ze wskaźników każdorazowo określa się:

- rodzaj wpływu – wybór jednej z pięciu podanych odpowiedzi:

1) zdecydowanie korzystny	1
2) raczej korzystny	0,5
3) brak wpływu	0
4) raczej niekorzystny	-0,5
5) zdecydowanie niekorzystny	-1

oraz

- czas oddziaływania – wybór jednej z trzech podanych odpowiedzi:

1) co najwyżej równoważny z czasem użytkowania technologii	0,5
2) w czasie użytkowania technologii i po zakończeniu jej użytkowania	1
3) nie oddziałuje (brak wpływu na wskaźnik)	0

W przypadku stwierdzenia braku wpływu (wybór odpowiedzi „c” dla rodzaju wpływu) należy również wskazać odpowiedź „c” dla czasu oddziaływania – „nie oddziałuje (brak wpływu na wskaźnik)”.

Dla wskaźnika 6.1 określa się:

- rodzaj wpływu – wybór jednej z dwóch podanych odpowiedzi:

1) dotyczy	- 1
2) nie dotyczy	1

Wybraną odpowiedź (liczba: 1; 0,5; 0; -0,5; -1) każdorazowo wpisuje się w odpowiednią rubrykę tabeli zamieszczonej w części C3 modułu obliczeniowego.

Opis wskaźników:

Dziedzina	Wskaźniki	Rodzaj wpływu pozostający w związku z użytkowaniem technologii
1. Aktywność ekonomiczna mieszkańców/ wskaźniki	1.1. Miejsca pracy (tworzenie nowych miejsc pracy u inwestora lub w innych firmach, także powstawanie nowych firm)	a) korzystny – globalnie przybywa miejsc pracy
		b) niekorzystny – globalnie ubywa miejsc pracy
		c) brak wpływu – liczba miejsc pracy pozostaje bez zmian
	1.2. Podmioty gospodarcze – kooperacja; tworzenie nowych, rozwój istniejących	a) korzystny – globalnie przybywa podmiotów gospodarczych lub następuje rozwój istniejących
b) niekorzystny – globalnie liczba podmiotów gospodarczych ulega redukcji lub w istniejących następuje recesja		
c) brak wpływu – brak zmian w zakresie liczby i poziomu rozwoju podmiotów gospodarczych		
2. Jakość pracy/ wskaźniki	2.2. Zagrożenia wypadkowe specyficzne dla danej technologii – w granicach terenu, do którego inwestor posiada tytuł prawny	a) korzystny – mniejsza liczba zagrożeń wypadkowych, mniejsze potencjalne maksymalne skutki (śmierć poszkodowanego, ciężkie, lekkie obrażenia ciała) niż przy użytkowaniu innych technologii
		b) niekorzystny – większa liczba zagrożeń wypadkowych, większe potencjalne maksymalne skutki (śmierć poszkodowanego, ciężkie, lekkie obrażenia ciała) niż przy użytkowaniu innych technologii
		c) brak wpływu – liczba zagrożeń wypadkowych i wielkość ich potencjalnych skutków taka sama lub bardzo zbliżona do innych technologii
3. Edukacja i rozwój/ wskaźniki	3.1. Wymagany poziom kwalifikacji pracowników	a) korzystny – konieczne wyższe kwalifikacje niż w przypadku innych technologii
		b) niekorzystny – niższy niż w przypadku innych technologii
		c) brak wpływu – taki sam jak w przypadku innych technologii
4. Bezpieczeństwo publiczne i warunki zdrowotne/ wskaźniki	4.1. Zagrożenia związane z wykorzystaniem technologii – obszar poza granicą terenu, do którego inwestor posiada tytuł prawny	a) korzystny – mniejsza liczba zagrożeń, mniejsze potencjalne maksymalne skutki (śmierć poszkodowanego, ciężkie, lekkie obrażenia ciała) niż przy użytkowaniu innych technologii
		b) niekorzystny – większa liczba zagrożeń, większe potencjalne maksymalne skutki (śmierć poszkodowanego, ciężkie, lekkie obrażenia ciała) niż przy użytkowaniu innych technologii
		c) brak wpływu – liczba zagrożeń i wielkość ich potencjalnych skutków taka sama lub bardzo zbliżona do innych technologii

cd.→

5. Poziom i jakość życia/ wskaźniki	5.1. Ceny produktów powstałych w wyniku zastosowania technologii	a) korzystny – niższa cena produktu niż przy zastosowaniu innych technologii
		b) niekorzystny – wyższa cena produktu niż przy zastosowaniu innych technologii
		c) brak wpływu – cena taka sama lub zbliżona jak przy zastosowaniu innych technologii
	5.3. Ceny nieruchomości w okolicy użytkowania technologii	a) korzystny – podwyższenie ceny nieruchomości po uruchomieniu technologii
		b) niekorzystny – obniżenie ceny nieruchomości po uruchomieniu technologii
		c) brak wpływu – ceny nieruchomości bez zmian po uruchomieniu technologii
	5.4. Natężenie ruchu drogowego i stan dróg	a) korzystny – obniżenie natężenia ruchu drogowego po uruchomieniu technologii i poprawa stanu dróg
		b) niekorzystny – wzrost natężenia ruchu drogowego po uruchomieniu technologii i pogorszenie stanu dróg
		c) brak wpływu – brak zmian w natężeniu ruchu drogowego i stanie dróg po uruchomieniu technologii
6. Moralna odpowiedzialność	6.1. Technologia/produkt testowany na zwierzętach lub ludziach	a) dotyczy – technologia/produkt wymaga testowania lub była testowana na zwierzętach lub ludziach
		b) nie dotyczy – technologia/produkt nie wymaga testowania i nie będzie testowana na zwierzętach lub ludziach

Interpretacja oceny predykatora II ładu społecznego

Zgodnie z przyjętą metodyką w module obliczania predykatora II uwzględnione dziedziny społeczne (tabela – część C3) oceniane są każdorazowo według dwóch skal: przy braku uwzględnienia i z uwzględnieniem wag przypisanych dziedzinom.

Niżej przedstawiono interpretację dla obliczonych predykatorów z wagą i bez wagi.

Skala ocen dla predykatora II ładu społecznego:

Bez wagi max: 6 min.: -6

Z wagą max: 21 min.: -21

Skala ocen – dla wyniku ogólnego

Interpretacja wyników (bez wagi):

- | | |
|------------|-------------------------------------|
| > -4 do -6 | wpływ negatywny na poziomie wysokim |
| > -2 do -4 | wpływ negatywny na poziomie średnim |
| > 0 do -2 | wpływ negatywny na poziomie niskim |
| 0 | brak wpływu |
| < 0 do 2 | wpływ pozytywny na poziomie niskim |

< 2 do 4	wpływ pozytywny na poziomie średnim
< 4 do 6	wpływ pozytywny na poziomie wysokim
Interpretacja wyników (z wagą):	
> -14 do -21	wpływ negatywny na poziomie wysokim
> -7 do -14	wpływ negatywny na poziomie średnim
> 0 do -7	wpływ negatywny na poziomie niskim
0	brak wpływu
< 0 do 7	wpływ pozytywny na poziomie niskim
< 7 do 14	wpływ pozytywny na poziomie średnim
< 14 do 21	wpływ pozytywny na poziomie wysokim

7.8. Literatura

1. Aspekty społeczne towarzyszące implementacji technologii – aktualny stan wiedzy. Raport powstały w ramach projektu nr POIG.01.03.01-00-091/08 pt. „Opracowanie modelu oceny efektywności technologii zrównoważonego rozwoju”.

OCENA EKOEFEKTYWNOŚCI TECHNOLOGII – PRZYKŁADY

Moduł oceny efektywności wykorzystuje jako dane wejściowe wskaźniki środowiskowe, ekonomiczne i społeczne opisujące rozpatrywane technologie i wyznaczone przy użyciu stosownych modułów. Ocenę efektywności przeprowadzono dla grup technologii podanych w Tabeli 8.1.

Tabela 8.1. Grupy technologii uwzględnione w algorytmie modułu

I	Technologie energetyczne oparte na paliwach kopalnych
II	Technologie materiałowe
III	Technologie ochrony środowiska

Dla każdej grupy wykonano następujące operacje:

- wybór antywzorca technologii,
- normalizacja zmiennych,
- obliczenie metryk odległości od antywzorca technologii – względnego miernika efektywności,
- zakwalifikowanie ocenianego obiektu do klasy efektywności.

Wyznaczenie antywzorca ma na celu ujednoczenie kierunku zmiennych i polega na wyznaczeniu dla każdej zmiennej wartości maksymalnej, gdy pożądane są wartości minimalne (oddziaływanie na środowisko we wszystkich kategoriach, koszty) lub minimalnej, gdy pożądane są wartości maksymalne (przychody, czynnik społeczny).

W celu normalizacji zmiennych zastosowano normalizację za pomocą tzw. metody unitaryzacji zerowanej, która przekształca w sposób liniowy zmienne na przedział wartości $[0;1]$. Kolejnym etapem analizy jest znalezienie odległości $d_{i,0}$ każdego działu od wyznaczonego antywzorca technologii. Jako miarę odległości przyjmuje się odległość euklidesową. Otrzymana w ten sposób odległość euklidesowa jest poszukiwaną wartością wskaźnika efektywności technologii. Wyniki uzyskane dla grup przeanalizowanych technologii przyjęto w modelu jako wzorzec, względem którego będą oceniane technologie w module użytkownika.

W celu ułatwienia interpretacji przyjęto klasy efektywności dla przedziału wyników uzyskanych w poszczególnych grupach. Otrzymane wyniki efektywności podzielono na cztery równe przedziały (klasy) i oznaczono symbolami A, B, C i D. A oznacza klasę technologii o najwyższej efektywności, a kolejne litery alfabetu: B, C, D odpowiadają klasom technologii z coraz to niższą efektywnością. Stosowana klasyfikacja jest względna i opiera się na technologiach „wzorcowych”, które posłużyły do budowy modelu.

Poniższy przykład pokazuje proces obliczeniowy oceny efektywności dla grupy technologii energetycznych.

W trakcie tworzenia modelu wzięto pod uwagę następujące technologie energetyczne:

- polski „miks” energetyczny, E-00
- spalanie węgla w kotle pyłowym w parametrach ultranadkrytycznych USCPC E-08
- spalanie węgla w kotle pyłowym w parametrach nadkrytycznych SCPC E-09
- spalanie węgla w kotłach fluidalnych w parametrach nadkrytycznych SFBC E-10
- spalanie węgla w tlenie (Oxyspalanie) E-11
- IGCC (instalacja 5 000 t/d węgla Illinois no. 6) E-12
- NGCC (instalacja 1 530 t/d gazu naturalnego) E-15
- ogniwa paliwowe E-23
- IGCC (2397t/d węgiel Wabash River) TE-1.1
- IGCC (9831t/d węgiel – ENERGIA) TE-1.10

Tabela 8.2. Zestawienie antywzorca i wyników analiz technologii energetycznych (etap 1)

Lp.	Technologia	ZC	SE	WZ	Koszty	Przychody	Społeczne
1	AW	34,8	2,6	12,9	126,2	46,5	0,0
2	E-00	34,8	2,6	3,8	25,0	46,5	0,0
3	E-08	2,3	0,3	0,9	88,9	164,3	3,2
4	E-09	2,6	0,4	1,0	96,5	174,2	3,2
5	E-10	3,2	0,5	1,1	40,5	117,8	3,3
6	E-11	1,7	0,3	0,1	88,5	160,8	3,2
7	E-12	6,0	0,7	2,9	71,0	138,4	2,1
8	E-15	2,5	0,1	12,9	74,0	93,0	2,2
9	E-23	3,5	1,0	0,2	79,6	140,5	3,4
10	TE-1.1	9,5	1,1	5,0	126,2	147,8	3,2
11	TE-1.10	8,0	0,9	4,7	100,2	134,1	3,2
	min.	1,7	0,1	0,1	25,0	46,5	0,0
	max	34,8	2,6	12,9	126,2	174,2	3,4

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 8.3. Zestawienie zmiennych znormalizowanych oraz wyników ekoefektywności (etap 2,3,4)

Lp.	Technologia	Dane znormalizowane						Wyniki	
		ZC	SE	WZ	K	P	S	Ekoefektywność (Odległość euklidesowa d)	Klasa
1	AW	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
2	E-00	0,00	0,00	0,72	1,00	0,00	0,00	1,27	D
3	E-08	0,98	0,91	0,94	0,37	0,92	0,93	2,09	A
4	E-09	0,97	0,89	0,93	0,29	1,00	0,93	2,10	A
5	E-10	0,96	0,83	0,92	0,85	0,56	0,96	2,08	A
6	E-11	1,00	0,92	1,00	0,37	0,89	0,93	2,11	A
7	E-12	0,87	0,75	0,78	0,55	0,72	0,61	1,72	B
8	E-15	0,98	1,00	0,00	0,52	0,36	0,65	1,60	B
9	E-23	0,94	0,64	1,00	0,46	0,74	1,00	1,99	A
10	TE-1.1	0,76	0,60	0,62	0,00	0,79	0,94	1,70	B
11	TE-1.10	0,81	0,67	0,65	0,26	0,69	0,94	1,71	B

Źródło: opracowanie własne.

Zgodnie z przyjętą metodyką stwierdzono, że najwyższą ekoefektywnością w grupie technologii energetycznych rozpatrywanych w niniejszym projekcie cechują się nowoczesne technologie spalania pyłu węglowego – nadkrytyczne, ultranadkrytyczne, fluidalne, oxyspalanie. Najniższą wartość ekoefektywności wyliczono dla polskiego miksru energetycznego.

Technologie materiałowe wzięte pod uwagę w trakcie tworzenia modelu są następujące:

- wytłaczanie rur z HDPE M-00
- mikrowtryskiwanie M-05
- technologie przetwórstwa oparte na maszynach wieloślismakowych M-06
- technologie przetwórstwa związane z współwytłaczaniem M-07
- technologie przetwórstwa kształtującego strukturę M-09
- techniki wytwarzania nanokompozytów M-11
- technologie wytwarzania materiałów kompozytowych z udziałem nowych napełniaczy i włókien pochodzenia roślinnego M-12
- recykling materiałów polimerowych M-13
- technologia wytwarzania konstrukcji przekładkowych. Produkcja rur z kompozytów poliestrowo-szkłanych M-33

Tabela 8.4. Zestawienie antywzorca i wyników analiz technologii materiałowych (etap 1)

Lp.	Technologia	ZC	SE	WZ	Koszty	Przychody	Społeczne
1	AW	463,9	34,1	262,8	432885,2	33,8	0,0
2	M-00	19,7	1,88	11,53	2940,31	3015,15	0,00
3	M-05	463,9	34,1	50,2	432885,2	353573,9	2,32
4	M-06	29,9	2,2	3,2	3603,2	4366,5	2,08
5	M-07	0,1	0,0	0,0	29,0	33,8	2,12
6	M-09	21,0	1,5	2,3	3578,7	4588,6	2,17
7	M-11	2,2	0,2	0,2	3561,2	6177,4	1,84
8	M-12	31,7	2,8	115,4	3651,7	15586,1	2,85
9	M-13	3,7	0,3	0,4	695,5	1789,7	1,66
10	M-33	262,3	26,2	262,8	18700,1	25949,1	1,14
	min	0,1	0,0	0,0	29,0	33,8	0,0
	max	463,9	34,1	262,8	432885,2	353573,9	2,9

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 8.5. Zestawienie zmiennych znormalizowanych oraz wyników ekoefektywności (etap 2, 3, 4)

Lp.	Technologia	Dane znormalizowane						Wyniki	
		ZC	SE	WZ	K	P	S	Ekoefektywność (Odległość euklidesowa d)	Klasa
1	AW	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
2	M-00	0,73	0,71	0,73	1,18	0,00	0,00	1,83	D
3	M-05	0,00	0,00	0,52	0,00	1,20	0,80	1,59	D
4	M-06	0,70	0,70	0,78	1,18	0,00	0,64	2,00	A
5	M-07	0,80	0,80	0,80	1,20	0,00	0,66	2,06	A
6	M-09	0,73	0,73	0,79	1,18	0,00	0,70	2,03	A
7	M-11	0,79	0,79	0,80	1,18	0,00	0,50	2,02	A
8	M-12	0,69	0,67	0,25	1,18	0,00	1,20	2,00	A
9	M-13	0,79	0,79	0,80	1,20	0,00	0,41	1,99	A
10	M-33	0,15	0,04	0,00	1,10	0,01	0,19	1,22	D

Źródło: opracowanie własne.

Jak wynika z przeprowadzonej oceny, do grupy technologii wysoko ekoefektywnych (A) zaklasyfikowane zostały: technologie przetwórstwa związane z współwytłaczaniem, technologie przetwórstwa kształtujące strukturę, techniki wytwarzania kompozytów, technologie przetwórstwa oparte o maszyny wieloślismakowe, technologie wytwarzania materiałów kompozytowych z udziałem nowych napelnaczy i włókien pochodzenia roślinnego oraz recykling materiałów polimerowych. Do grupy technologii o niższej ekoefektywności (D) należą: technologia wytwarzania konstrukcji przekładkowych, mikrowtryskiwanie i wytłaczanie rur z HDPE.

W podobny sposób obliczono efektywność dla technologii środowiskowych. W czasie tworzenia modelu wzięto pod uwagę następujące technologie środowiskowe:

- technologia produkcji kruszyw z odpadów wydobywczych wraz z odzyskiem węgla S-01
- kompostownia odpadów S-02
- instalacja plazmowego unieszkodliwiania odpadów S-03
- technologia granulacji mułów powęglowych S-04
- składowisko odpadów komunalnych S-07
- instalacja biologicznego przetwarzania odpadów komunalnych zintegrowana z instalacją zagospodarowania biogazu S-05 + S-08
- wysokoefektywna technologia produkcji włókna konopnego, lnianego oraz lnu oleistego jako alternatywnego surowca do ekologicznego wytwarzania masy celulozowo-papierniczej oraz materiałów kompozytowych. S-20

W odróżnieniu od technologii energetycznych i materiałowych, wskaźniki dla technologii środowiskowych odnoszą się do ilości przetwarzanych odpadów, a nie do wielkości produkcji.

Tabela 8.6. Zestawienie antywzorca i wyników analiz technologii środowiskowych (etap 1)

Lp.	Technologia	ZC	SE	WZ	Koszty	Przychody	Społeczne
1	AW	4450,7	658,9	44,9	2385,5	11,7	0,8
2	S-01	-157,1	-5,1	-26,9	11,7	11,7	2,1
3	S-02	-94,2	-18,7	-2,6	59,7	57,0	0,8
4	S-03	4450,7	160,8	-2712,7	2385,5	2912,6	2,2
5	S-04	1,8	0,1	0,3	33,8	47,3	2,1
6	S-07	19,5	1,6	17,6	11,7	22,5	1,2
7	S-05+S-08	108,0	-4,9	13,6	112,6	135,1	1,8
8	S-20	-61,8	658,9	44,9	335,7	300,6	2,4
	min	-157,1	-18,7	-2712,7	11,7	11,7	0,8
	max	4450,7	658,9	44,9	2385,5	2912,6	2,4

Źródło: opracowanie własne.

W wyniku analizy stwierdzono, że najmniej efektywnym przedsięwzięciem jest składowanie odpadów. W porównaniu ze składowaniem, wszystkie inne metody przetwarzania odpadów są korzystne, uwzględniając jednocześnie aspekty środowiskowe, ekonomiczne i społeczne.

Tabela 8.7. Zestawienie zmiennych znormalizowanych oraz wyników efektywności (etap 2, 3, 4)

Lp.	Technologia	Dane znormalizowane						Wyniki	
		ZC	SE	WZ	K	P	S	Ekoefektywność (Odległość euklidesowa d)	Klasa
1	AW	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
2	S-01	0,80	0,77	0,00	1,20	0,00	0,77	1,88	A
3	S-02	0,78	0,80	0,00	1,15	0,00	0,00	1,65	D
4	S-03	0,00	0,43	0,80	0,00	1,20	0,97	1,84	A
5	S-04	0,75	0,76	0,00	1,18	0,00	0,80	1,86	A
6	S-07	0,74	0,75	0,00	1,20	0,00	0,06	1,66	D
7	S-05+S-08	0,71	0,77	0,00	1,10	0,00	0,48	1,75	B
8	S-20	0,77	0,00	0,00	0,89	0,01	1,20	1,70	C

Źródło: opracowanie własne.

Opisane powyżej przykłady przedstawiają proces obliczeniowy oceny efektywności dla trzech różnych zbiorów (grup) technologii analizowanych w projekcie: technologii energetycznych, materiałowych i środowiskowych. W oparciu o wyznaczone wcześniej wskaźniki środowiskowe, ekonomiczne i społeczne, charakteryzujące poszczególne technologie należące do danej grupy, wykonywane są obliczenia, w wyniku których określa się efektywność, wyrażając ją w postaci wskaźnika i klasy. W danej grupie technologii daje to możliwość porównania różnych technologii lub też różnych wariantów tej samej technologii i ich klasyfikacji ze względu na efektywność. Otrzymuje się zatem przejrzysty ranking technologii w danej grupie i miejsce interesującej nas technologii w tym rankingu.

Literatura

1. Opracowanie, testowanie i weryfikacja algorytmu modelu oceny efektywności technologii – Raport z realizacji zadań 3.4, 3.5 i 3.6. Raport powstały w ramach projektu nr POIG.01.03.01-00-091/08 pt. „Opracowanie modelu oceny efektywności technologii zrównoważonego rozwoju”, GIG, Katowice 2010.

SYSTEM INFORMATYCZNY DO KOMPUTEROWEGO WSPOMAGANIA OCENY EKOEFEKTYWNOŚCI TECHNOLOGII

Wykorzystanie przedstawionego w Rozdziale 7 modelu oceny efektywności technologii przez szerokie grono odbiorców indywidualnych i instytucjonalnych implikuje zastosowanie specjalizowanych systemów informatycznych dostępnych poprzez Internet. Internet jako medium komunikacyjne wspomaga zdalne, sukcesywne pozyskiwanie danych niezbędnych do weryfikacji i walidacji opracowanego modelu oraz zapewnia holistyczne podstawy do koherentnego szacowania i zunifikowanego, obiektywnego porównywania efektywności technologii o różnym przeznaczeniu i stopniu nowoczesności. Aplikacje internetowe zostały użyte z powodzeniem przez Europejską Agencję Środowiskową (EEA¹) [10] jako podstawowe narzędzia do realizacji usług informacyjnych i komunikacyjnych w ramach rozproszonego Wspólnego Europejskiego Systemu Informacji o Środowisku (SEIS²) tworzonego zgodnie ze wskazówkami Komisji Europejskiej z roku 2008 dotyczącymi budowy, ulepszenia, unowocześnienia i optymalizacji systemów informatycznych, w tym systemów dedykowanych wspomaganie procedur monitorowania i oceniania oddziaływania technologii produktowych i procesowych na środowisko naturalne w aspekcie zrównoważonego rozwoju. Tematyka efektywnego zastosowania narzędzi informatycznych w zadaniach oceny ekowydajności i efektywności technologii reprezentowana jest w licznych pracach badawczych i aplikacyjnych prowadzonych na świecie już od połowy lat dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku [6] i ukierunkowana jest przede wszystkim na następujące zagadnienia:

- pozyskiwanie i upowszechnianie danych o technologiach przemysłowych i ich wpływie na środowisko naturalne [8];

¹ European Environment Agency.

² Shared Environmental Information System.

- implementacja aplikacji informatycznych do szacowania efektywności technologii na etapie jej projektowania [3];
- optymalizacja zakresu informacyjnego niezbędnego do oceny efektywności i efektywności na poziomie korporacyjnym, regionalnym lub międzynarodowym [7];
- opracowanie metod ilościowych i jakościowych analiz efektywności prowadzonych z użyciem narzędzi informatycznych [4];
- modelowanie algorytmiczne oceny efektywności na bazie modeli analitycznych [1];
- budowanie platform informatycznych wspomagających sieciowe struktury powiązań organizacji działających na rzecz zrównoważonego rozwoju [11].

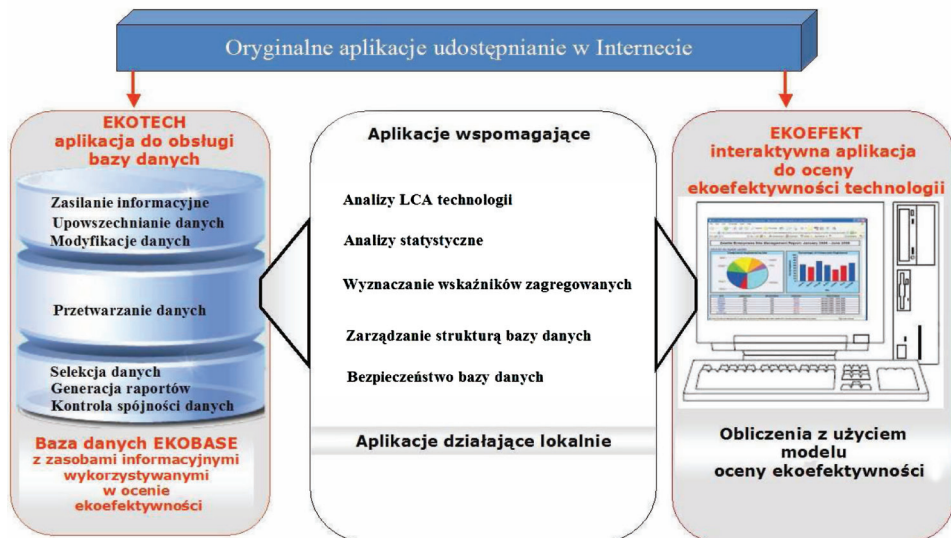
W Polsce problematyka oceny efektywności technologii w aspekcie zrównoważonego rozwoju, w szczególności destrukcyjnego oddziaływania technologii przemysłowych na środowisko naturalne, jest tym bardziej aktualna, że polska gospodarka z jednej strony wykazuje zwiększające się zapotrzebowanie na materiały i energię, a z drugiej strony energia ta jest wytwarzana z użyciem stosunkowo przestarzałych technologii powodujących nadmierną w stosunku do norm unijnych emisję gazów cieplarnianych i zanieczyszczeń do atmosfery oraz dewastację zasobów naturalnych. W funkcjonujących, krajowych systemach informatycznych uwzględnione zostały zagrożenia wpływu technologii na środowisko naturalne oraz aspekty ekonomiczne. Są to jednak systemy działające lokalnie niezależnie od siebie, posiadające różną strukturę i obejmujące zasięgiem informacyjnym niewielki zakres technologii, najczęściej z danej branży. Brak jest również zintegrowanych rozwiązań informatycznych umożliwiających uwzględnienie w ocenie efektywności uwarunkowań społecznych [5]. Tymczasem systemy takie powinny wspierać iteracyjny proces przepływu informacji począwszy od pozyskiwania danych od użytkowników technologii, poprzez gromadzenie, przetwarzanie i upowszechnianie zgromadzonych danych kończąc na wyznaczeniu oceny efektywności (Rysunek 9.1).

Iteracyjność procesu oceny efektywności oraz ukierunkowanie na liczne, zróżnicowane grono odbiorców determinują zadania nowoczesnego, wielofunkcyjnego systemu informatycznego (Rysunek 9.2) odpowiadającego światowym standardom, przeznaczonego do oceny efektywności technologii z uwzględnieniem wskaźników ekonomicznych, ekologicznych i społecznych. Zadania te mogą być zrealizowane poprzez nowoczesne rozwiązania teleinformatyczne [13] powstałe w wyniku integracji specjalizowanych aplikacji działających lokalnie (w trybie desktop), technologii baz danych i standardów oferowanych w ramach dostępnych platform informatycznych wspomagających tworzenie i eksploatację rozproszonych aplikacji informatycznych w środowisku ogólnosiwiatowej sieci komputerowej Internet.



Rys. 9.1. Iteracyjny proces oceny efektywności technologii wspierany nowoczesnymi narzędziami informatycznymi

Źródło: opracowanie własne.



Rys. 9.2. Wielozadaniowy system informatyczny wspomagający komputerową ocenę efektywności technologii

Źródło: opracowanie własne.

Aplikacje działające lokalnie spełniają zadania wspomagające w komputerowej ocenie efektywności technologii, w szczególności w zakresie:

- analiz LCA, przede wszystkim analiz energo- i materiałochłonności technologii w różnych fazach jej użytkowania, z użyciem na przykład pakietów *SimaPro* [2], *GaBi* [9];
- analiz statycznych danych zgromadzonych w bazie danych przy zastosowaniu na przykład pakietów oprogramowania *MatLab*, *Statistica*;
- wyznaczania zagregowanych wskaźników przy wykorzystaniu danych zgromadzonych w bazie danych oraz arkuszy kalkulacyjnych;
- zarządzania strukturami bazy danych przy zastosowaniu narzędzi deweloperskich dostarczanych przez producentów baz danych lub dostępnych na zasadach licencji *GNU³* lub *freeware*;
- realizacji zabezpieczeń przed nieuprawnionym dostępem do zasobów bazy danych przy użyciu *RDMS⁴* i procedur składowanych w bazie danych.

Aplikacje te mogą być dobierane w zależności od implementacji systemu i w większości przypadków są wykorzystywane przez niewielką grupę analityków lub administratorów baz danych.

Kluczowe znaczenie w systemie opracowanym w ramach projektu „Opracowanie modelu oceny efektywności technologii zrównoważonego rozwoju”, w szczególności w obszarze zasilania informacyjnego i przetwarzania zgromadzonych danych, odgrywają oryginalne aplikacje:

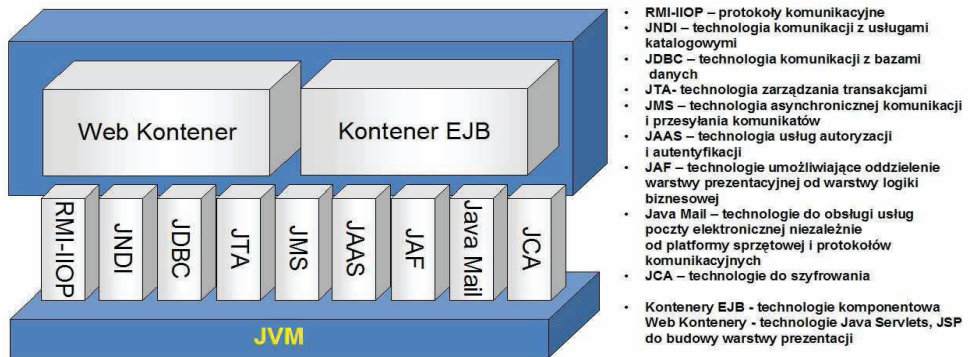
- *EKOTECH* – przeznaczona do obsługi bazy danych *EKOBASE*, w której przechowywane są informacje o technologiach;
- *EKOEFEKT* – dedykowana do wyznaczenia oceny efektywności technologii.

Aplikacje te są udostępniane poprzez Internet dla użytkowników zdalnych, dlatego też standardy i rozwiązania informatyczne zastosowane do ich budowy i działania powinny gwarantować efektywne gromadzenie, przetwarzanie i wielokryterialne wyszukiwanie danych oraz zapewniać elastyczność, otwartość i skalowalność oraz możliwość funkcjonowania w heterogenicznym, rozproszonym środowisku informatycznym, przy czym heterogeniczność dotyczy zarówno rozwiązań programowych, jak sprzętowych. Wymagania takie zostały spełnione w przypadku aplikacji *EKOTECH* i *EKOEFEKT* oraz bazy danych *EKOBASE* w wyniku zastosowania platformy *Java EE⁵* udostępniającej zbiór interfejsów programistycznych niezbędnych do tworzenia złożonych systemów informatycznych o wielowarstwowych architekturach komponentowych (Rysunek 9.3).

³ ang. *General Public License*.

⁴ ang. *Relational Database Management System*.

⁵ ang. *Java Platform Enterprise Edition*, zwana również jako *Java Enterprise*, *J2EE* oraz *Java EE* czasami tłumaczona jako *Java Korporacyjna*.



Rys. 9.3. Interfejsy programistyczne platformy Java EE

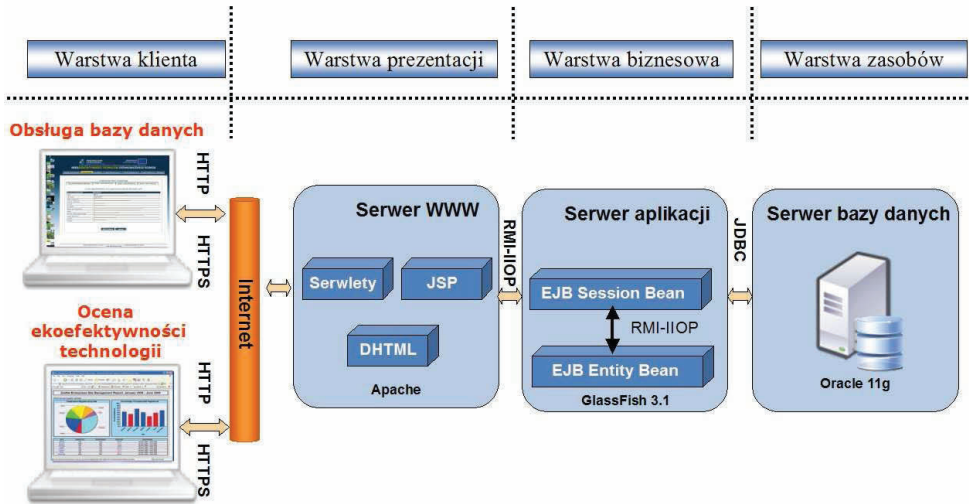
Źródło: opracowanie własne.

Decyzję o wyborze platformy Java EE uzasadniały następujące przesłanki:

- dekompozycja aplikacji na zintegrowane ze sobą komponenty wykonujące niezależne, dedykowane zadania, np. modyfikację danych, przygotowanie dynamicznej strony WWW;
- możliwość wymiany lub modyfikacji komponentu z dowolnej warstwy bez konieczności zmiany całego systemu;
- możliwość scalenia lub rozdzielania warstw z zachowaniem protokołu do następnej i poprzedniej warstwy;
- rozdzielenie mocy obliczeniowej między warstwy;
- możliwość równoważenia obciążeń;
- eliminacja rozwiązań redundantnych (nadmiarowych, zapasowych);
- przenaszalność dzięki zastosowaniu wirtualnej maszyny Java JVM⁶, niezależnej od platformy uruchomieniowej;
- elastyczność i skalowalność, uzyskane w wyniku wykorzystania serwera aplikacji, co pozwala zarządzać zasobami systemu i w razie konieczności umożliwić rozproszenie zasobów informacyjnych na kilka serwerów sprzętowych dzięki technologii klasteryzacji;
- bezpieczeństwo gwarantowane poprzez odpowiednie mechanizmy uwierzytelniania użytkowników, wielopoziomowe systemy uprawnień oraz szyfrowanie połączeń.

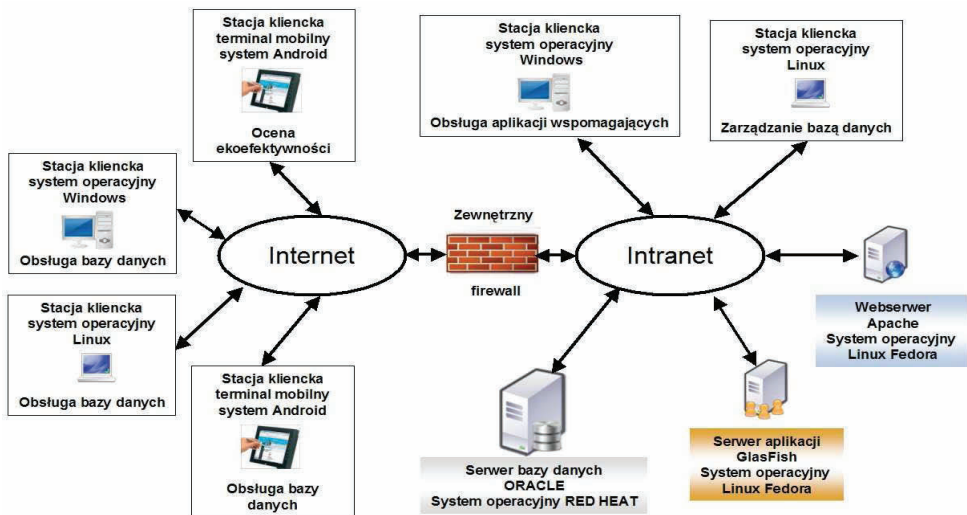
Platforma Java EE pozwoliła na budowę i uruchomienie aplikacji informatycznych EKOTECH i EKOEFECT zintegrowanych z bazą danych EKODATABASE, charakteryzujących się architekturą wielowarstwową (Rysunek 9.4) przystosowanych do pracy w rozproszonym środowisku sprzętowym (Rysunek 9.5).

⁶ ang. *Java Virtual Machine*.



Rys. 9.4. Wielowarstwowa architektura aplikacji informatycznych EKOTECH i EKOEFKT do komputerowego wspomaganie oceny efektywności technologii

Źródło: opracowanie własne.



Rys. 9.5. Heterogeniczne, rozproszone środowisko aplikacji EKOTECH i EKOEFKT

Źródło: opracowanie własne.

Architektura wielowarstwowa umożliwia oddzielenie od siebie warstw klienta (użytkownika zdalnego), prezentacji, logiki aplikacji oraz zasobów informacyjnych bazy danych. W warstwie klienta działają przeglądarki internetowe. Z przeglądarki wysyłane są żądania wykonania określonych zadań i odbierane oraz wyświetlane

w formie stron WWW wyniki dotyczące żądania. Warstwa prezentacji (tzw. widok) wykorzystująca serwer WWW obsługujący polecenia HTTP i HTTPS odpowiada za przygotowanie dynamicznych stron WWW zawierających rezultaty obsługi otrzymanego żądania i wysłanie sformatowanej strony do przeglądarek internetowych (warstwy klienta) funkcjonujących na zdalnych komputerach stacjonarnych lub terminalach mobilnych. Większość wymagań parametryzacyjnych dotyczących organizacji interfejsu użytkownika realizowanych jest w tej warstwie. Warstwa prezentacji zintegrowana jest z warstwą logiki aplikacji, tzw. warstwą logiki biznesowej, z użyciem technologii komunikacyjnych RMI-IIOP. Warstwa logiki biznesowej, w której zlokalizowane są komponenty EJB⁷, jest m.in. odpowiedzialna za:

- przetwarzanie informacji z uwzględnieniem uprawnień użytkownika;
- zabezpieczenia przed pozyskaniem informacji, do których użytkownik nie ma dostępu;
- komunikację (przepływ danych) pomiędzy modułami (serwetami) aplikacji;
- komunikację z warstwą zasobów zawierającą bazę danych.

Warstwa zasobów to relacyjna baza danych EKOBASE zarządzana przez RDBMS Oracle 11g. W bazie zgromadzone są dane pozyskane w ramach realizacji projektu od różnych podmiotów gospodarczych dotyczące technologii materiałowych, energetycznych, ochrony środowiska oraz innych. Przepływ danych oraz żądań w aplikacjach EKOTECH oraz EKOEFEKT odbywa się według następującego schematu: odpowiedzi na żądania zdalnego użytkownika dotyczące na przykład wykonania zapytania SQL przeszukania bazy danych zawarte są w dynamicznie generowanych stronach WWW. Użytkownik łączy się z serwiletem, który jest nadzorowany przez serwer aplikacji. W serwiletach zaimplementowane są modele algorytmiczne odpowiedzialne za wygenerowanie zwracanej strony WWW, przeprowadzenie przeszukiwań bazy danych oraz wykonanie obliczeń wskaźnika efektywności. Zastosowanie serwiletów pozwala na opracowanie modułowej, otwartej i modyfikowalnej architektury, co umożliwia dalszy rozwój lub adaptację aplikacji EKOTECH i EKOEFEKT do zmian zachodzących zarówno w stosowanych technologiach informatycznych, jak i w przypadku zmian zakresu informacyjnego bazy danych EKOBASE. Warstwa logiki aplikacji współpracuje z warstwą zasobów informacyjnych zgromadzonych w bazie danych EKOBASE. Integracja tych warstw jest realizowana z użyciem sterowników JDBC.

Podział na warstwy umożliwił zbudowanie skalowanych aplikacji EKOTECH i EKOEFEKT umożliwiających udostępnienie zasobów informacyjnych bazy danych w zadaniach oceny efektywności technologii.

9.1. System bazy danych o technologiach

Celem budowy systemu bazy danych było dostarczenie narzędzi informatycznych przeznaczonych do gromadzenia i upowszechniania informacji o innowacyjnych technologiach przemysłowych w odniesieniu do ich efektywności. System

⁷ ang. *Enterprise Java Beans*.

bazy danych obejmuje zasoby informacyjne (baza danych EKOBASE), aplikację do ich obsługi (EKOTECH) oraz sprzęt. Został zaprojektowany i zaimplementowany w taki sposób, aby możliwe było jego eksploataowanie w ramach chmury obliczeniowej. Jest to szczególnie istotne ze względu na możliwości wykorzystania zasobów informacyjnych bazy w środowisku internetowym przez użytkowników z przedsiębiorstw przemysłowych, jednostek naukowych i badawczych oraz organów centralnych i regionalnych instytucji samorządowych na potrzeby bieżących, operacyjnych analiz.

Zakres informacyjny bazy danych EKOBASE zdeterminowany jest przez kartę technologii, której strukturę zaprezentowano w Rozdziale VII, i obejmuje następujące bloki informacji:

- podstawowe, umożliwiające identyfikację technologii w bazie danych oraz identyfikację użytkowników lub właścicieli technologii;
- ekologiczne, charakteryzujące oddziaływanie technologii na środowisko naturalne;
- ekonomiczne, w tym nakłady, koszty i przychody z użytkowania technologii;
- społeczne, opisujące wpływ technologii na uwarunkowania społeczne.

Informacje z poszczególnych bloków są przechowywane w tabelach bazy danych (Rysunek 9.6). Po dokonaniu analizy systemowej zakresu informacyjnego, normalizacji⁸ i denormalizacji encji definiujących strukturę logiczną bazy danych zaprojektowane i zaimplementowane zostały następujące tabele przeznaczone do gromadzenia danych:

Informacje podstawowe umożliwiające identyfikację technologii w bazie danych oraz identyfikację użytkowników lub właścicieli technologii:

- KARTA_TECHNOLOGII – tabela zawiera podstawowe informacje charakteryzujące technologię produktową lub procesową, w tym unikatowy identyfikator występujący jako klucz obcy w pozostałych tabelach bazy danych;
- WYKAZ_PRODUKTOW_POD_DOT – tabela zawiera informacje o kluczowych oraz dodatkowych produktach wytwarzanych przy użyciu technologii;

Informacje ekologiczne charakteryzujące oddziaływanie technologii na środowisko naturalne:

- PARAM_EKOLOG_B1 – tabela zawiera podstawowe informacje o wartościach parametrów ekologicznych charakteryzujących technologię w fazie projektowania i budowy;
- PARAM_EKOLOG_SUROWCE_B1 – tabela zawiera wybrane informacje opisujące wykorzystanie surowców w fazie projektowania technologii;
- PARAM_EKOLOG_B2 – tabela zawiera informacje podawane w fazie użytkowania technologii dotyczące zużycia surowców niezbędnych w eksploatacji technologii;

⁸ Optymalizację struktur przeprowadzono z uwzględnieniem pierwszej, drugiej i trzeciej postaci normalnej.

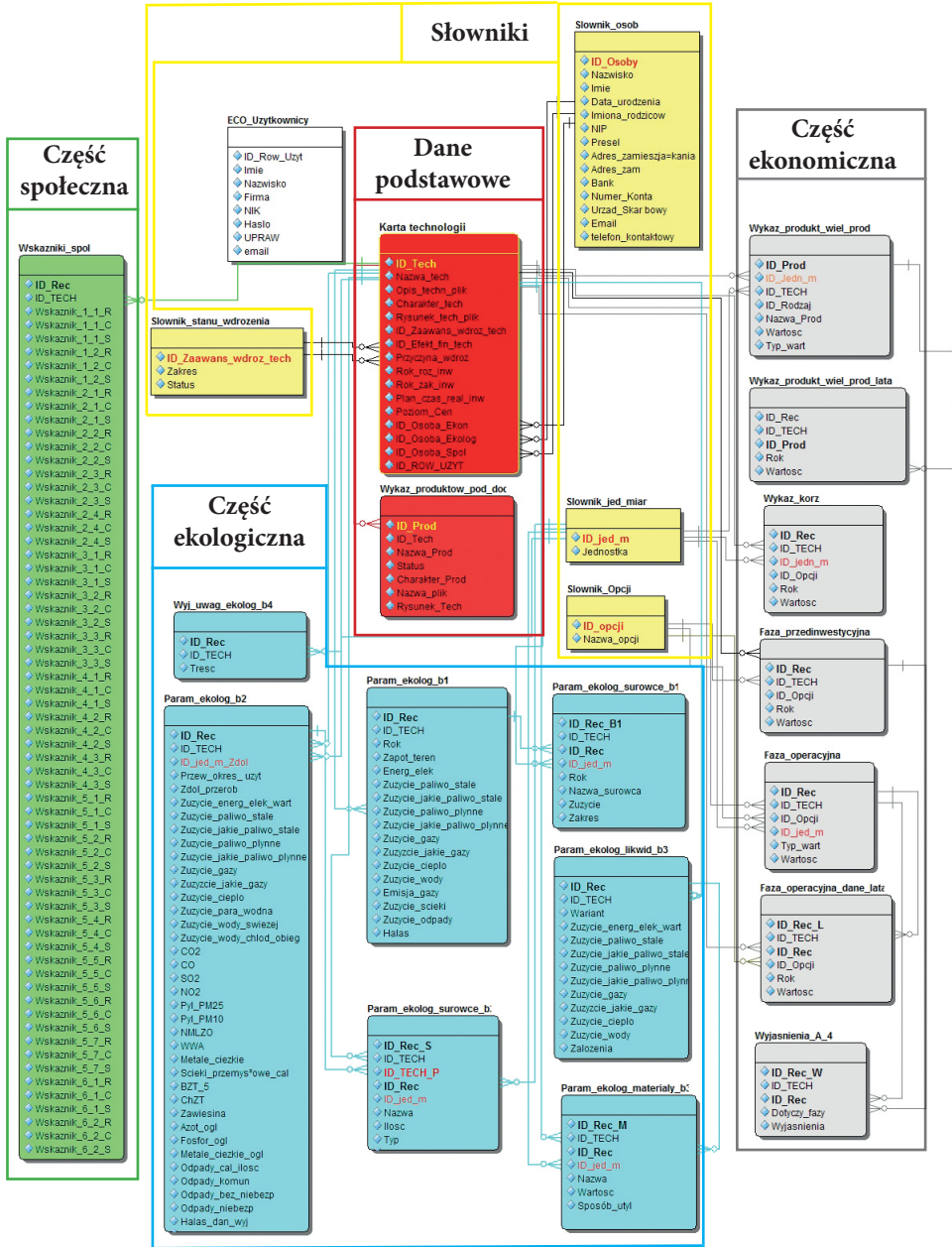
- PARAM_EKOLOG_SUROWCE_B2 – tabela zawiera informacje o zużywanych surowcach w fazie użytkowania technologii;
- PARAM_EKOLOG_MATERIALY_B3 – tabela zawiera informacje o zużyciu materiałów oraz ewentualnym recyklingu z użyciem technologii w fazie likwidacji;
- PARAM_EKOLOG_LIKWID_B3 – tabela zawiera informacje o zużyciu mediów (energii, wody, paliw itp.) w fazie likwidacji technologii;
- WYJ_UWAG_EKOLOG_B4 – tabela zawiera informacje uzupełniające charakterystykę technologii w kontekście jej oddziaływania na uwarunkowania ekologiczne;

Informacje ekonomiczne o kosztach i przychodach z użytkowania technologii:

- WYKAZ_PRODUKT_WIEL_PROD – tabela zawiera podstawowe informacje o wartościach parametrów eksploatacyjnych charakteryzujących technologię i efekty jej wdrożenia;
- WYKAZ_PRODUKT_WIEL_PROD_LATA – tabela zawiera informacje opisujące ilościowo parametry eksploatacyjne lub prognozowane efekty wdrożenia technologii w rozbiciu na lata;
- WYKAZ_KORZ – tabela zawiera informacje o korzyściach ekonomicznych z wdrożenia/użytkowania technologii lub o dodatkowych kosztach niezbędnych do wdrożenia technologii;
- FAZA_PRZEDINWESTYCYJNA – tabela zawiera informacje o wskaźnikach ekonomicznych dotyczących wdrożenia technologii;
- FAZA_OPERACYJNA – tabela zawiera zagregowane dane historyczne z ostatnich 5 lat o efektach ekonomicznych związanych z technologią;
- FAZA_OPERACYJNA_DANE_LATA – tabela zawiera dane historyczne w ujęciu rocznym z ostatnich 5 lat o efektach ekonomicznych związanych z technologią;
- WYJAŚNIENIA_A4 – tabela zawiera informacje dotyczące uzupełniające charakterystykę technologii w kontekście jej oddziaływania na uwarunkowania ekologiczne.

Informacje społeczne opisujące wpływ technologii na uwarunkowania społeczne:

- WSKAŹNIKI_SPOL – tabela zawiera informacje o wartościach wskaźników jakościowych charakteryzujących wpływ technologii na uwarunkowania społeczne.
Z bazą danych zintegrowany jest zbiór tabel słownikowych. Informacje gromadzone w słownikach wykorzystywane są jako klucze obce w tabelach bazy danych. Zastosowanie tabel słownikowych umożliwia efektywną zmianę zawartości informacyjnej bazy danych. Na potrzeby bazy danych opracowano i zaimplementowano następujące tabele słownikowe:
- ECO_UZYTKOWNICY – tabela zawiera informacje o użytkownikach bazy danych, w tym identyfikator i hasło użytkownika oraz jego uprawnienia do modyfikacji i przeszukiwania bazy danych;



Rys. 9.6. Model bazy danych

Źródło: opracowanie własne.

- SŁOWNIK_OSOB – tabela zawiera informacje o osobach odpowiedzialnych za przygotowanie bądź weryfikację danych ekonomicznych, ekologicznych oraz społecznych;
- SŁOWNIK_STANU_WDROZENIA – tabela zawiera wartości deskryptorowe niezbędne do opisu technologii, np. do scharakteryzowania stanu wdrożenia, efektywności ekonomicznej itp;
- SŁOWNIK_JED_MIAR – tabela zawiera informacje o jednostkach metrycznych wykorzystywanych do opisu technologii.

Tabele bazy danych powiązane są pomiędzy sobą poprzez relacje. Podstawową rolę w układzie relacji odgrywają tabela KARTA_TECHNOLOGII oraz tabele słownikowe. W tabeli KARTA_TECHNOLOGII zdefiniowano atrybut ID_TECH z opcją wymagalności (*mandatory*) wykorzystywany do przechowywania unikalnych wartości klucza podstawowego (*primary key*). We wszystkich pozostałych tabelach bazy danych (z wyjątkiem tabeli słownikowych) wartość atrybutu ID_TECH jest używana do tworzenia klucza obcego umożliwiającego realizację efektywnych wyszukiwań oraz kaskadowe usuwanie danych z bazy. Tabela KARTA_TECHNOLOGII zawsze występuje w relacji jeden, ponieważ technologia może być tylko raz wprowadzona do bazy danych. W zależności od wprowadzanych danych w pozostałych tabelach zastosowano relacje typu jeden do wielu, np. relacja pomiędzy tabelami KARTA_TECHNOLOGII i PARAM_EKOLOG_B1. Narzucone w ten sposób więzy integralności danych powodują, że wprowadzenie danych ekonomicznych, ekologicznych lub społecznych dla technologii w tabelach podporządkowanych jest możliwe tylko wówczas, gdy ta technologia została zarejestrowana w bazie danych. Do kontroli integralności i spójności danych wykorzystane zostały również tabele słownikowe. Zastosowane zostały one w celu przechowywania danych często wprowadzonych do bazy danych, np. jednostek metrycznych, wartości opcji dotyczących fazy technologii. Rozwiązanie w formule tabel słownikowych uzasadniają następujące przesłanki:

- optymalizacja liczby bajtów przyporządkowanych do wiersza niezbędnych do przechowywania informacji;
- ograniczenie liczby błędnych wpisów do bazy danych wynikających najczęściej z pomyłek literowych lub błędów w wartościach deskryptorowych;
- możliwość szybkiego zmodyfikowania informacji zgromadzonych w bazie danych w wyniku zmian wartości atrybutów w tabeli słownikowej, np. zmiana jednostek metrycznych, zmiana właściciela danych o technologii itp.

Niezależnie od układu relacji każda tabela posiada unikatowy indeks pozwalający zidentyfikować każdy jej wiersz. Rozwiązanie takie gwarantuje skuteczne dokonywanie zmian zawartości informacyjnej wiersza. Jest również optymalne ze względu na kryterium liczby operacji koniecznych do modyfikacji wiersza. Do generowania niepowtarzalnych wartości indeksów wykorzystano zarówno unikalne identyfikatory wiersza (typy atrybutów ROWID), jak i sekwencje. Unikalne identyfikatory wiersza umożliwiają również przyśpieszenie w przeszukiwaniu bazy danych, zwłaszcza w przypadku gdy selekcjonowane są informacje z różnych widoków lub tabel. Widoki

zastosowane zostały w celu ograniczenia dostępu do zasobów informacyjnych bazy danych dla użytkowników dysponujących różnymi uprawnieniami (Tabela 9.1).

Tabela 9.1. Użytkownicy bazy i ich uprawnienia

Lp.	Grupa użytkowników	Uprawnienia
1	Administrator	<ul style="list-style-type: none"> – modyfikacja informacji o użytkownikach bazy danych – usuwanie użytkowników – przydzielanie uprawnień użytkownikom – wykonywanie kopii bezpieczeństwa bazy danych – administrowanie integralnością i spójnością danych – administrowanie bezpieczeństwem danych, w tym definiowanie ról, definiowanie reguł dostępu do danych, definiowanie reguł modyfikacji danych
2	Administrator słowników	<ul style="list-style-type: none"> – zarządzanie słownikami bazy danych – wykonywanie kopii bezpieczeństwa słowników – nadzór nad spójnością danych w słownikach – modyfikowanie zawartości informacyjnej słowników – weryfikacja i walidacja danych o użytkownikach bazy danych, osobach odpowiedzialnych za przygotowanie informacji ekonomicznych, ekologicznych i społecznych dotyczących technologii
3	Operator (użytkownik o pełnym dostępie do danych zgodnie z przydzielonymi mu uprawnieniami)	<ul style="list-style-type: none"> – modyfikacja (wprowadzenie, zmiana, usuwanie) danych o technologii w bazie danych z wyłączeniem danych zawartych w słownikach – analizy danych – sporządzanie raportów (raporty cząstkowe, raporty całościowe) – przeszukiwanie bazy danych
4.	Użytkownicy o ograniczonym dostępie	<ul style="list-style-type: none"> – przeszukiwanie danych z całej bazy danych z wyjątkiem danych ekonomicznych oraz w ograniczonym zakresie w odniesieniu do danych ekologicznych – wydruk wyszukanych danych

Źródło: opracowanie własne.

Do implementacji bazy danych wybrano technologie firmy ORACLE. Baza danych EKOBASE wyróżnia się następującymi właściwościami:

- realizacja wszystkich wymaganych transakcji w operacjach dodawania, usuwania, modyfikowania i wyszukiwania/filtrowania danych);
- zachowanie spójności, czyli nienaruszalność zasad integralności danych, np. kontrola poprawności danych, jeżeli zostały nałożone ograniczenia definiujące zbiór dopuszczalnych wartości, kontrola poprawności indeksów;
- replikowalność danych, powtarzalność, możliwości wykonywania automatycznych, przyrostowych kopii zapasowych;
- współbieżny dostęp do danych dla wielu użytkowników w jednym czasie;
- synchronizacja transakcji, w szczególności w odniesieniu do ustalania kolejności transakcji przy współbieżnym dostępie oraz do nakładania blokad przy jednoczesnej modyfikacji tych samych danych przez wielu użytkowników;
- zabezpieczenia dostępu do danych polegające na:

- przydzieleniu konta użytkownikowi. Z bazy danych w szerszym zakresie mogą korzystać jedynie użytkownicy mający konto nadane przez administratora bazy danych;
- ograniczeniu dostępu do danych poprzez przydzielenie odpowiednich priorytetów dla użytkownika, tj.:
 - ✓ uprawnień systemowych, np. połączenia z bazą danych,
 - ✓ uprawnień dostępu do obiektów w bazie danych, np. zagwarantowanie dostępu do tabel i atrybutów w tabeli.

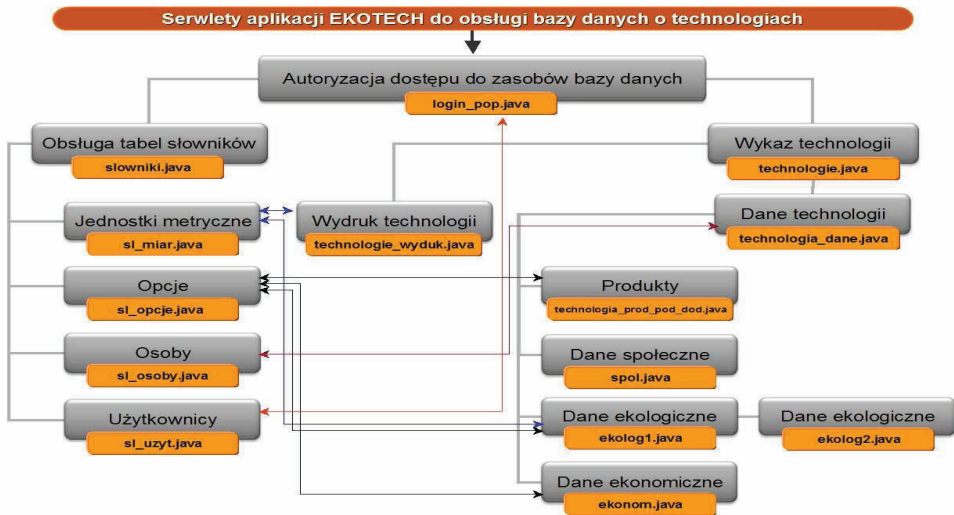
W obszarze funkcjonalnym bazę charakteryzują:

- liniowy wzrost wydajności,
- możliwość rozproszonego administrowania,
- możliwość zastosowania języka SQL do obsługi zapytań do bazy danych, w tym:
 - rozszerzenia z łączeniami zewnętrznymi oraz operacjami na zbiorach i hierarchiach,
 - równoległe wykonywanie operacji SELECT, INSERT, UPDATE, DELETE,
 - równoległe tworzenie indeksów,
 - równoległe ładowanie danych,
 - równoległe włączanie więzów i zbieranie statystyk,
- możliwość przenaszalności między różnymi platformami sprzętowymi i systemowymi;
- możliwość zastosowania różnych interfejsów programowych (np. ODBC, ADO, JDBC, BDE) w celu zapewnienia dostępu do zasobów informacyjnych baz.

Z bazą danych zintegrowana jest aplikacja informatyczna EKOTECH o architekturze wielowarstwowej (Rysunek 9.4) dedykowana dla użytkowników zdalnych, w szczególności Administratora słowników i Operatora. Jądem aplikacji EKOTECH jest zbiór zintegrowanych ze sobą serwletów – modułów informatycznych realizujących niezależne zadania (Rysunek 9.7, Tabela 9.2). Serwlety odpowiadają za graficzny interfejs użytkownika oraz decydują o działaniu aplikacji w warstwie logiki biznesowej.

W odniesieniu do interfejsu użytkownika serwlety wspierają realizację następujących zadań:

- odczytywanie informacji przesyłanych przez zdalnego użytkownika. Informacje, np. wartości atrybutów do przeszukiwania lub dane do modyfikacji zawartości informacyjnej bazy danych EKOBASE, są wprowadzane w formularzach umieszczonych na stronie WWW użytkownika;
- odszukiwanie w konfiguracjach przeglądarek wszelkich informacji niezbędnych do dynamicznego wygenerowania stron WWW, na przykład zidentyfikowanie możliwości przeglądarki na podstawie nagłówków żądań HTTP;
- automatyczna generacja strony WWW, np. na podstawie wyników przeszukania bazy danych, z wykorzystaniem języka DHTML, JSP oraz kaskadowych arkuszy stylu css;
- podanie odpowiednich parametrów odpowiedzi HTTP, np. informacji o typie przesyłanego dokumentu lub nazw i wartości *cookies*.



Rys. 9.7. Diagram powiązań pomiędzy modułami (serwletami) aplikacji EKOTECH

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 9.2. Zadania realizowane przez serwlety

SERWLET	ZADANIA REALIZOWANE PRZEZ SERWLET
Autoryzacja dostępu do bazy danych	
login_pop.java	<ul style="list-style-type: none"> - logowanie do bazy danych - rejestracja zdalna nowego użytkownika - uruchomienie serwletu technologie lub serwletu slovníki
Dane podstawowe o technologii	
technologie.java	<ul style="list-style-type: none"> - wyszukiwanie technologii według predefiniowanych kwerend - przeglądanie listy technologii - rejestracja nowej technologii
technologie_dane.java	<ul style="list-style-type: none"> - modyfikacja lub wprowadzenie nowych danych podstawowych umożliwiających identyfikację technologii w bazie danych - rejestracja nowych lub modyfikacja danych o osobie odpowiedzialnej za informacje ekologiczne, ekonomiczne lub społeczne charakteryzujące efektywność technologii - połączenia z serwletami: login_pop, technologie, technologia_prod_pod_dod, ekonom1, ekolog1, spol1
technologie_wyduk.java	<ul style="list-style-type: none"> - wydruk wykazu wyszukanych technologii - wydruk danych o technologii
technologie_prod_pod_dod.java	<ul style="list-style-type: none"> - rejestracja danych o produktach głównych lub dodatkowych - modyfikacja danych o produktach głównych lub dodatkowych - usunięcie danych o produkcie głównym lub produktach dodatkowych - połączenie z serwletami: login_pop, technologie, ekonom1, ekolog1, spol1

cd. →

Część ekologiczna	
ekolog1.java	<ul style="list-style-type: none"> - rejestracja danych ekologicznych opisujących technologię w fazie projektowania, użytkowania lub likwidacji - modyfikacja danych ekologicznych opisujących technologię w fazie projektowania, użytkowania lub likwidacji - połączenie z serwletami: technologie, ekonom1, ekolog2, spol1
ekolog2.java	<ul style="list-style-type: none"> - usuwanie danych ekologicznych opisujących technologię w fazie projektowania, użytkowania lub likwidacji - połączenie z serwletami: technologie, ekonom1, ekolog1, spol1
Część ekonomiczna	
ekonom.java	<ul style="list-style-type: none"> - wprowadzanie, modyfikacja i usuwanie danych ekonomicznych charakteryzujących technologię - połączenie z serwletami: technologia_dane, ekolog1, spol1, login_pop
Część społeczna	
spol	<ul style="list-style-type: none"> - rejestracja danych społecznych opisujących technologię - modyfikacja danych społecznych charakteryzujących technologię - usuwanie danych społecznych dotyczących technologii - połączenie z serwletami: login_pop, technologie, ekonom1, ekolog1
Obsługa słowników	
slovníki.java	<ul style="list-style-type: none"> - zarządzanie słownikami w bazie EKOBASE - połączenia z serwletami: login_pop, sl_miar, sl_opcje, sl_osoby, sl_uzyt
sl_miar.java	<ul style="list-style-type: none"> - rejestracja nowej jednostki metrycznej - modyfikacja danych o jednostce metrycznej - usuwanie jednostki metrycznej z tabeli słownikowej - wydruk zawartości słownika - połączenia z serwletami: login_pop, slovníki, ekolog1
sl_opcje.java	<ul style="list-style-type: none"> - dodawanie deskryptorów definiujących opcje - modyfikacja deskryptorów - usuwanie deskryptorów ze słownika opcji - wydruk zawartości słownika - połączenia z serwletami: login_pop, technologia_prod_pod_dod, ekolog1, ekonom1
sl_osoby.java	<ul style="list-style-type: none"> - modyfikacja danych o osobach odpowiedzialnych za przygotowanie danych ekonomicznych, ekologicznych, społecznych - usuwanie danych o osobie - wydruk danych - połączenia z serwletami: login_pop, technologia_dane
Sl_uzyt.java	<ul style="list-style-type: none"> - rejestracja danych o użytkowniku bazy - modyfikacja danych - usuwanie danych ze słownika - wydruk zawartości słownika o użytkownikach bazy EKOBASE - połączenia z serwletem login_pop

Źródło: opracowanie własne.

Zastosowanie serwletów oraz architektury wielowarstwowej pozwoliło stworzyć oryginalną aplikację EKOTECH posiadającą następujące charakterystyczne właściwości:

- niezależność działania aplikacji od platformy stacji klienckich – dostęp do bazy jest niezależny od tego, czy użytkownik korzysta z komputera stacjonarnego lub terminala mobilnego;
- przenaszalność – działanie serwletów jest nadzorowane przez wirtualną maszynę Javy;
- możliwość dostępu do bazy danych EKOBASE w dowolnym czasie i z dowolnego miejsca;
- możliwość wyszukiwania i przeglądania informacji dostępnych w bazie danych EKOBASE;
- możliwość wydruku raportów przy uwzględnieniu różnych systemów operacyjnych i drukarek.

W aplikacji EKOTECH szczególną uwagę poświęcono wyszukiwaniu danych z bazy EKOBASE. Możliwości aplikacji w zakresie przeszukiwania baz danych przedstawione zostały na przykładzie trzech poziomów wykorzystania:

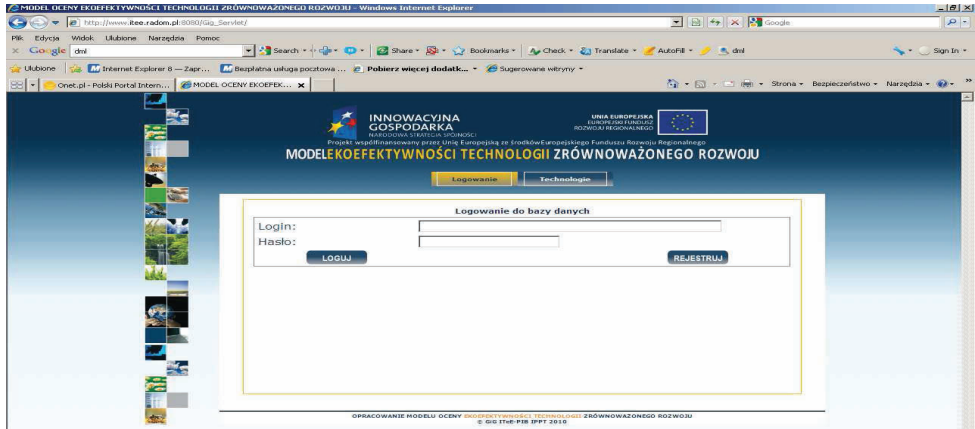
- instytucji rządowych monitorujących technologie ochrony środowiska w skali kraju;
- instytucji rozpatrującej wnioski o dofinansowanie projektów związanych z uruchomieniem technologii;
- podmiotu gospodarczego zainteresowanego nabyciem i wdrożeniem technologii.

Przykład 1. Użytkownik – instytucja rządowa

Jednym z zadań użytkownika – instytucji rządowej zajmującej się monitorowaniem i analizą użytkowanych lub planowanych do wdrożenia technologii ochrony środowiska jest kontrola w zakresie oddziaływania technologii na środowisko naturalne. W tym celu należy przeszukać bazę danych EKOBASE i wybrać technologie zakwalifikowane do kategorii technologii ochrony środowiska. W prezentowanym przykładzie poszukiwane są informacje o technologiach, które zostały zaplanowane do wdrożenia po 2007 r. Pierwszym etapem jest uzyskanie autoryzacji użytkownika (Rysunek 9.8), co pozwala na przeszukanie i dostęp do danych ekologicznych.

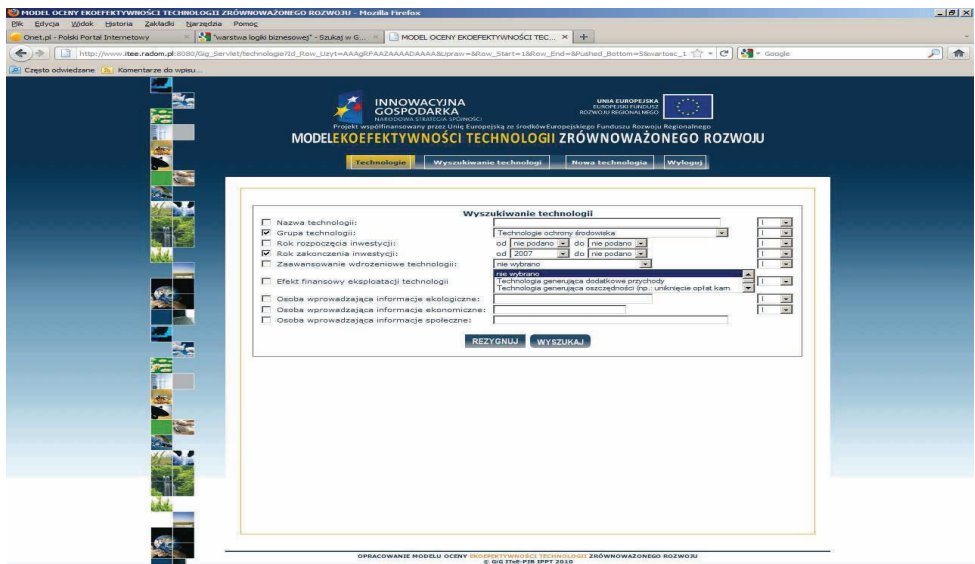
Po uzyskaniu autoryzacji należy wybrać kryteria przeszukiwania i podać odpowiednie wartości (opcja Wyszukiwanie technologii). W przykładzie kryteriami do budowy kwerendy są: Grupa technologii i Rok zakończenia inwestycji (Rysunek 9.9).

Po zdefiniowaniu kwerendy i wybraniu przycisku **Wyszukaj** dane z formularza są przesyłane do serwletu z zastosowaniem protokołu HTTP. Serwlet przetwarza nadesłane dane, automatycznie tworzy zapytanie SQL, inicjuje połączenie z bazą i przesyła zapytanie SQL do bazy danych EKOBASE przy użyciu sterownika JDBC. Wyniki przeszukania bazy danych są zwracane do serwletu, który generuje z użyciem języka DHTML, JSP oraz arkuszy styli odpowiednią stronę WWW z listą wyszukanych technologii (Rysunek 9.10).



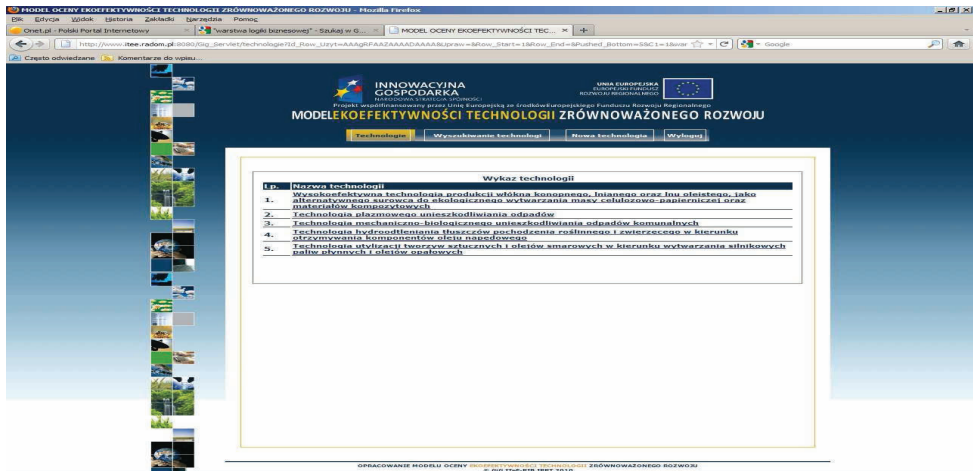
Rys. 9.8. Logowanie użytkownika do bazy danych

Źródło: opracowanie własne.



Rys. 9.9. Budowa kwerendy do bazy danych EKOBASE

Źródło: opracowanie własne.



Rys. 9.10. Wykaz wyszukanych technologii

Źródło: opracowanie własne.

Nazwa technologii w wykazie stanowi tzw. link umożliwiający użytkownikowi przeglądanie danych o technologii, w tym danych ekologicznych (Rysunek 9.11).

Przykład 2. Użytkownik – instytucja rozpatrująca wnioski o dofinansowanie projektów związanych z uruchomieniem technologii

Instytucja rozpatrująca wnioski o dofinansowanie projektów związanych z uruchomieniem technologii bardzo często poszukuje informacji ekonomicznych o technologiach, które zostały wdrożone lub są w fazie uruchamiania. Na potrzeby przykładu założono, że poszukiwane są wdrożone technologie materiałowe przynoszące dochody. Po uzyskaniu autoryzacji wybrane zostają następujące kryteria wyszukiwania: Grupa technologii, Zaawansowanie wdrożenia technologii oraz Efekt finansowy eksploatacji technologii (Rysunek 9.12).

Po zdefiniowaniu kwerendy i wybraniu przycisku **Wyszukaj** następuje przeszukiwanie bazy danych, a wyniki wyszukiwania zwraca się do przeglądarki użytkownika (Rysunek 9.13).

Nazwa technologii w wykazie stanowi tzw. link umożliwiający użytkownikowi przeglądanie danych o technologii, w tym danych ekonomicznych (Rysunek 9.14).

Technologia: Technologia plazmowego unieszkodliwiania odpadów

Nazwa	Ilość	Jedn.
Przewidywany czas użytkowania	10	lata
Zdolności przerobowe instalacji/zakładu	3550	Mg/rok
Zużycie energii		
Energia elektryczna	26170000	kWh/rok
Zużyte paliwo stałe		Mg/rok
Jakie paliwo stałe		
Zużyte paliwo płynne	3.55	Mg/rok
Jakie paliwo płynne	propan-butan (gaz płynny)	
Zużyte gazy		m ³ /rok
Jakie gazy	azot - 340000 Nm ³ /rok sprężone powietrze 127 000	
Zużyte ciepło		kWh/rok
Zużycie pary wodnej (parametry pary, T, P)		Mg/rok, C ^o , MPa
Zużycie wody		
Woda świeża	.7	Mg/rok
Woda chłodząca obiegowa	2.5	Mg/rok
DANE WYJŚCIOWE		
Strumienie gazów odprowadzanych do powietrza		
- Dwutlenek węgla		Mg/rok
- Tlenki siarki (wyrażone jako SO ₂)		Mg/rok
- Tlenki azotu (wyrażone jako NO ₂)		Mg/rok
- Pył PM 10		Mg/rok
- Pył PM 2.5		Mg/rok
- NMLZO (niemetanowe lotne związki organiczne)		Mg/rok
- Tlenek węgla		Mg/rok
- WWA (Wielopierścieniowe Węglowodory Aromatyczne)		Mg/rok
- Metale ciężkie		Mg/rok
Ścieki przemysłowe - całkowita ilość		m ³ /rok
Przeciętny skład ścieków przemysłowych		
- BZT ₅		mg/m ³

Rys. 9.11. Dane ekologiczne charakteryzujące technologię

Źródło: opracowanie własne.

Wyszukiwanie technologii

Nazwa technologii:

Grupa technologii: Technologie materiałowe

Rok rozpoczęcia inwestycji: od nie podano do nie podano

Rok zakończenia inwestycji: od nie podano do nie podano

Zaawansowanie wdrożeniowe technologii: Technologia istniejąca, eksploatowana

Efekt finansowy eksploatacji technologii: nie wybrano

Osoba wprowadzająca informacje ekologiczne: Technologia generująca dodatkowe przychody

Osoba wprowadzająca informacje ekonomiczne: Technologia generująca oszczędności (np.: uniknięcie opłat kam)

Osoba wprowadzająca informacje społeczne:

REZYGNUJ WYSZUKAJ

Rys. 9.12. Budowa kwerendy do bazy danych EKOBASE

Źródło: opracowanie własne.

Wykaz technologii

Lp.	Nazwa technologii
1.	Poluretany
2.	Technologia wytwarzania materiałów kompozytowych z udziałem nowych napełniaczy i włókien pochodzenia roślinnego
3.	Mikrotytułowanie
4.	Technologie przetwórstwa oparte o maszynny wielofilmakowe.
5.	Technologie przetwórstwa związane z współwyłaczaniem
6.	Technologie łączenia różnych materiałów
7.	Technologia przetwórstwa kształtowania struktury
8.	Techniki wytwarzania nanokompozytów
9.	Wykonanie prototypu w technologii przyrostowej
10.	Modułowe elementy maszyn i narzędzi z wymiennymi zespołami
11.	Technologia wytwarzania kompozytów wysokonapędnych
12.	Recykling materiałów polimerowych
13.	Technologia biologicznie aktywnych szkielek krzemianowo-fosforanowych i magnezowo-potasowo-wanadowych
14.	Technologia rapid prototypingu w zakresie metalurgii i odlewnictwa
15.	Wprowadzenie metod szybkiego prototypowania do wykonywania odlewów
16.	Technologia nakładania powłok antykorozyjnych poprzez bezciekawy proces cynkowania
17.	Technologia wytwarzania konstrukcji przekładkowych. Produkcja rur z kompozytów poliestrowo-szklanych
18.	Technologia warstw ochronnych na dyski optyczne - chemiczne osadzone z fazy osazowej z użyciem plazmy
19.	Natryskiwanie detonacyjne powłok
20.	Profilowe hartowanie indukcyjne kół i wałków

NASTĘPNE KONIEC

Rys. 9.13. Wykaz wyszukanych technologii

Źródło: opracowanie własne.

CZĘŚĆ A.2. Podstawowe parametry eksploatacyjne opisujące technologię i efekty jej wdrożenia
Technologia łączenia rębnych materiałów

Wielkość produkcji | **Wielkość oszczędności** | Wielkość korzyści lub dodatkowych kosztów

Oszczędność: **MATERIAŁY** lub [Wartość reprezentatywna/docelowa]
Ilość w poszczególnych latach

Rok	Wartość	Jednostka	USUN
2007	0,8	Mg/rok	(USUN)
2008	1,2	Mg/rok	(USUN)
2009	1,5	Mg/rok	(USUN)

DODAJ NOWY PARAMETR | USUN DANE

Oszczędność: **ENERGIA** lub [Wartość reprezentatywna/docelowa]
Ilość w poszczególnych latach

Rok	Wartość	Jednostka	USUN
2007	7	MWh/rok	(USUN)
2008	10	MWh/rok	(USUN)
2009	12	MWh/rok	(USUN)

DODAJ NOWY PARAMETR | USUN DANE

Oszczędność: **ROBOCIZNA** lub [Wartość reprezentatywna/docelowa]
Ilość w poszczególnych latach

Rok	Wartość	Jednostka	USUN
2007	1500	roboczogodz/rok	(USUN)

Rys. 9.14. Dane ekonomiczne charakteryzujące technologię

Źródło: opracowanie własne.

Przykład 3. Użytkownik – podmiot gospodarczy zainteresowany nabyciem i wdrożeniem technologii

Przykład dotyczy użytkownika – zakładu przemysłowego poszukującego technologii plazmowych do zakupu i wdrożenia. Formularz do zbudowania zapytania SQL przedstawiono na Rysunku 9.15, natomiast wyniki przeszukania na Rysunku 9.16.

Wyszukiwanie technologii

Nazwa technologii:

Grupa technologii:

Rok rozpoczęcia inwestycji: od do

Rok zakończenia inwestycji: od do

Zaawansowanie wdrożeniowe technologii:

Efekt finansowy eksploatacji technologii:

Osoba wprowadzająca informacje ekologiczne:

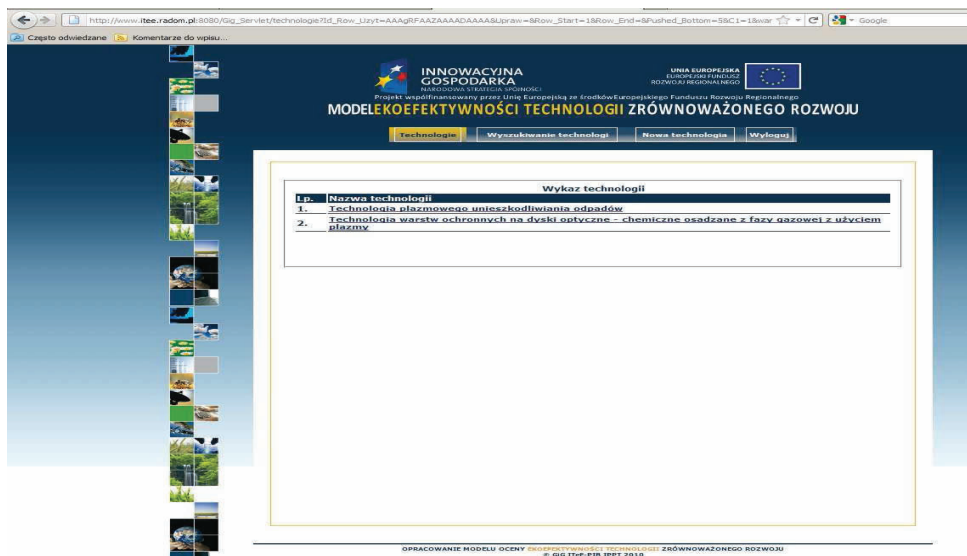
Osoba wprowadzająca informacje ekonomiczne:

Osoba wprowadzająca informacje społeczne:

REZYGNUJ | WYSZUKAJ

Rys. 9.15. Budowa kwerendy do bazy danych EKOBASE

Źródło: opracowanie własne.



Rys. 9.16. Wykaz wyszukanych technologii

Źródło: opracowanie własne.

Zaprezentowane przykłady wskazują na przydatność bazy danych EKOBASE oraz aplikacji EKOTECH dla różnych grup użytkowników zarówno zakładów przemysłowych, jak i instytucji rządowych.

Opracowany system bazy danych o technologiach obejmujący bazę danych EKOBASE oraz aplikację EKOTECH może być wykorzystany nie tylko do obiektywnej, homogenicznej oceny efektywności technologii pod względem środowiskowym, ekonomicznym i społecznym, ale również do wspierania procesów decyzyjnych w instytucjach rządowych, jednostkach kwalifikujących wnioski o dofinansowanie projektów oraz firmach poszukujących lub wprowadzających na rynek innowacyjne technologie o różnym przeznaczeniu.

System charakteryzuje:

- wielodostępowość – zastosowane rozwiązania zapewniają możliwości jednoczesnej pracy dla użytkowników wykonujących różne operacje⁹;
- transakcyjność operacji wykonywanych w bazie danych równoległe przez dowolną liczbę użytkowników;
- zdalny dostęp do zasobów informacyjnych bazy danych zrealizowany z użyciem interfejsów WWW, technologii JSP¹⁰ oraz modelu JEE¹¹, co zapewnia efektywne wykorzystanie zasobów informacyjnych przez użytkowników z różnorodnych miejsc, bez konieczności instalacji specjalnego oprogramowania (docelowo możliwość prac w chmurze obliczeniowej);

⁹ Np. analizy, przeszukiwanie baz danych, modyfikacja danych.

¹⁰ ang. *JavaServer Pages*.

¹¹ ang. *Java Enterprise Edition*.

- skalowalność zapewniającą ewolucyjny rozwój sprzętowy i aplikacyjny w przypadku zwiększenia liczby użytkowników lub rozbudowy o nowe funkcjonalności i moduły;
- heterogeniczność środowiska bazy danych i oprogramowania do jej obsługi;
- wysoki poziom bezpieczeństwa dla gromadzonych danych zarówno w warstwie ochrony przed atakami i nieuprawnionym dostępem, jak również w warstwie zabezpieczeń przed awariami, ponieważ zastosowane zostały sprzętowe i programowe rozwiązania typu *firewall*, zaawansowane mechanizmy automatycznego archiwizowania oraz odtwarzania zasobów cyfrowych oraz techniki szyfrowania SSL¹².
Pod względem funkcjonalnym system umożliwia:
- gromadzenie danych ekonomicznych, ekologicznych i społecznych, zgodnie z zakresem informacyjnym wyznaczonym w karcie technologii;
- pozyskiwanie danych od przedsiębiorstw przemysłowych oraz jednostek badawczych i naukowych;
- modyfikacje i wyszukiwanie danych zgromadzonych w bazie danych zależnie od uprawnień użytkownika.

Wykorzystanie w systemie obiektywnych wskaźników jako miar do porównywania różnych technologii, przede wszystkim energetycznych i materiałowych, pozostających w różnych fazach rozwoju pozwala na dobór optymalnej technologii lub wariantu technologii ze względu na kryteria ekonomiczne, środowiskowe i społeczne.

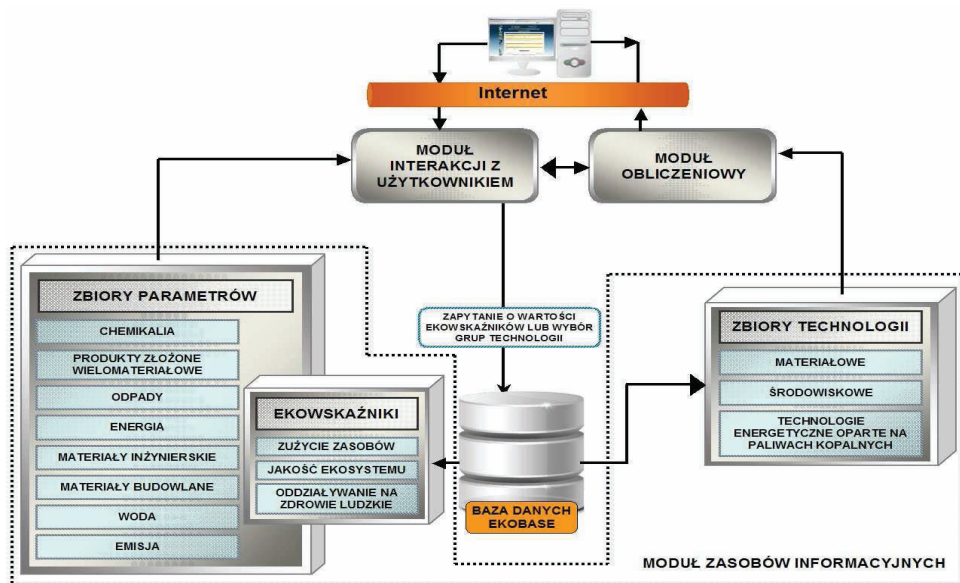
9.2. Aplikacja do oceny efektywności technologii

Aplikacja informatyczna do oceny efektywności technologii przeznaczona jest dla użytkowników zdalnych i umożliwia numeryczne wyznaczenie wskaźnika efektywności zgodnie z opracowanym modelem przedstawionym w Rozdziale VII. Architektura aplikacji EKOEFEKT jest wielowarstwowa (Rysunek 9.4). Pod względem funkcjonalnym strukturę aplikacji przedstawiono na Rysunku 9.17.

Moduł interakcji umożliwia, z wykorzystaniem przeglądarki internetowej, wartościowanie parametrów wykorzystywanych do oceny efektywności technologii. Podawane są dane dotyczące zbiorów informacji: ekologicznych, ekonomicznych oraz społecznych. W module obliczeniowym wyznaczane są wskaźniki charakteryzujące technologię ze względu na:

- oddziaływanie na zdrowie człowieka;
- oddziaływanie na jakość ekosystemu;
- zmniejszenie zasobów surowców;
- nakłady inwestycyjne przeznaczone na uruchomienie technologii i koszty działalności operacyjnej związane z ocenianą technologią;
- wpływ technologii na uwarunkowania społeczne.

¹² ang. *Secure Socket Layer*.



Rys. 9.17. Moduły aplikacji EKOEFEKT

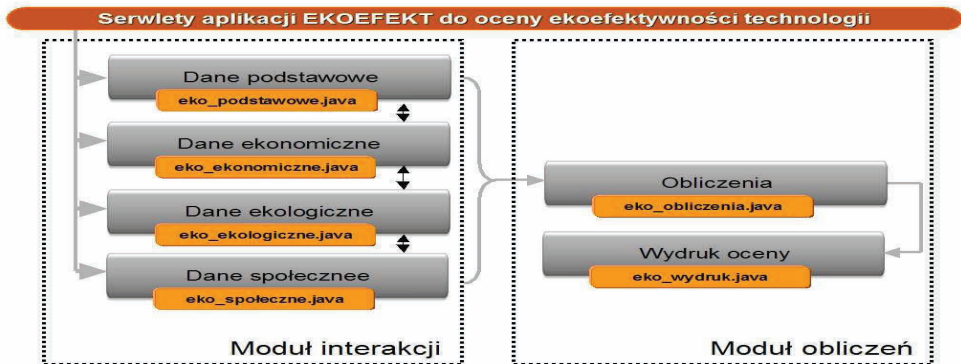
Źródło: opracowanie własne.

Moduł zasobów informacyjnych spełnia zadania pomocnicze dostarczając informacji o ekowskaźnikach opisujących zużycie zasobów, jakość ekosystemu oraz oddziaływanie na ludzkie zdrowie i umożliwiającą ocenę wpływu na środowisko w ciągu jednego roku użytkowania technologii zakwalifikowanej do jednej z następujących grup:

- technologie materiałowe;
 - technologie ochrony środowiska;
 - technologie energetyczne bazujące na paliwach kopalnianych.
- Zagregowane ekowskaźniki dotyczą:
- zużycia chemikaliów np.: acetyleny, kwasu siarkowego, rozpuszczalników organicznych itp.;
 - wykorzystania produktów złożonych wielomateriałowych, w tym: elementów elektronicznych, ogniów, kabli itp.;
 - ilość powstających odpadów, zwłaszcza możliwości recyklingu szkła, papieru, żelaza i stali;
 - zużycia energii i surowców potrzebnych do jej wytworzenia;
 - zużycia materiałów inżynierskich, np.: aluminium, chromu, ołowiu, cynku itp.;
 - zagospodarowania materiałów budowlanych;
 - wykorzystania wody;
 - wielkości emisji gazów, w szczególności dwutlenku węgla, tlenków azotu oraz pyłów.

Zasoby informacyjne bazy danych EKOBASE wykorzystywane są również do tworzenia zbiorów technologii, względem których zgodnie z modelem teoretycznym obliczana jest efektywność ocenianej technologii.

Jądrem aplikacji EKOEFZEKT jest zbiór zintegrowanych ze sobą serwletów (Rysunek 9.18).



Rys. 9.18. Diagram powiązań pomiędzy serwetami aplikacji EKOEFZEKT

Źródło: opracowanie własne.

Serwlety z modułu interakcji realizują przede wszystkim zadania związane z odbiorem danych podawanych przez zdalnego użytkownika, połączeniem z bazą danych EKOBASE, pobraniem z bazy wartości ekowskaźników oraz przygotowaniem stron dynamicznych WWW determinujących funkcjonalność interfejsu użytkownika aplikacji EKOEFZEKT. W generacji stron WWW, celem minimalizacji odwołań pomiędzy przeglądarką użytkownika a serwletami modułu interakcji wykorzystano kombinację HTML, kaskadowych arkuszy stylów, technologię AJS¹³. Takie rozwiązanie pozwala na prawie natychmiastową reakcję strony WWW na operacje wykonywane przez użytkownika, np. dodawanie wierszy z wartościami kosztów operacyjnych ponoszonych w kolejnych latach użytkowania technologii. Dzięki temu nie jest koniecznym po każdej zmianie wartości wysyłanie danych do serwletu posadowionego na zdalnym serwerze aplikacji. Uaktualnianie informacji na stronie jest dynamiczne i nie wymaga przeładowania całego dokumentu. Dane wprowadzane w poszczególnych stronach WWW (Rysunki 9.19, 9.20, 9.21, 9.22) są przekazywane pomiędzy serwletami za pomocą specjalizowanej funkcji *RequestDispatcher*.

Moduł obliczeniowy, nietransparentny dla użytkownika zdalnego, umożliwia wykonanie obliczeń numerycznych na podstawie podanych danych oraz danych pobieranych z bazy danych EKOBASE. Model algorytmiczny zastosowany w module jest adekwatny do modelu analitycznego oceny efektywności (Rysunek 9.23).

¹³ ang. *Asynchronous JavaScript*.

MODEL OCENY EKOEFEKTYWNOŚCI TECHNOLOGII ZRÓWNOWAŻONEGO ROZWOJU Mozilla Firefox

Projekt współfinansowany przez Unię Europejską ze środków Europejskiego Funduszu Regionalnego
MODELEKOEFEKTYWNOŚCI TECHNOLOGII ZRÓWNOWAŻONEGO ROZWOJU

CZĘŚĆ 1. Informacje wstępne

Wybór grupy technologii:
 III Technologie materiałowe

Nazwa technologii:
 Technologia konstituowania warstw metodami spiekania proszków

Zdolność przerobowa instalacji w tonach na rok (Mg/rok)
 10000

Wielkość produkcji dla technologii grupy III-V
 10000 Mg/rok

ANULUJ ZAPISZ

Poprzedni krok Kolejny krok

OPRACOWANIE MODELU OCENY EKOEFEKTYWNOŚCI TECHNOLOGII ZRÓWNOWAŻONEGO ROZWOJU © 2010 THE PAE EPF 2010

Rys. 9.19. Formularz aplikacji EKOEFEKT do wprowadzenia danych podstawowych

Źródło: opracowanie własne.

CZĘŚĆ 3. Dane ekologiczne PRZELICZ WYNIK KOŃCOWY

Chemikalia	Jednostka	Zużycie roczne
Acetylen	Mg	
Azot	Mg	
Argon	Mg	120
Azot	Mg	
Celuloza	Mg	
Dolemit	Mg	
Kamień wapienny	Mg	
Kwas siarkowy	Mg	
Lakier	Mg	
Lepryzce	Mg	
Magnezyt	Mg	
Monostanoloamina	Mg	
Piasek szklarski	Mg	
Rozpuszczalniki organiczne	Mg	
Silan	Mg	
Titan	Mg	300
Wapno palone	Mg	
Węgiel aktywny	Mg	
Wodorotlenek sodu	Mg	
Zywica	Mg	
Produkty złożone wielomateriałowe	Jednostka	Zużycie roczne
Elementy elektroniczne	Mg	
Kable miedziane	Mg	200
Kable stalowe	Mg	
Ogniw krzemowe	Mg	
Odpady	Jednostka	Zużycie roczne
Recykling aluminium	Mg	
Recykling szkła	Mg	
Recykling papieru	Mg	
Recykling żelaza i stali	Mg	3600
Recykling tworzyw sztucznych	Mg	
Składowanie odpadów innych niż	...	

Rys. 9.20. Formularz aplikacji EKOEFEKT do wartościowania wskaźników ekologicznych

Źródło: opracowanie własne.

CZĘŚĆ 2. Dane ekonomiczne **PRZELICZ WYNIK KOŃCOWY**

ETAP REALIZACJI - nakłady inwestycyjne

Nakłady inwestycyjne netto na uruchomienie technologii ogółem (PLN)

Rok	Wartość	
2008	150000	<input type="button" value="Usuń"/>
2009	1000000	<input type="button" value="Usuń"/>

Rok:
 Wartość:

PRZELICZ WYNIK KOŃCOWY

Przewidywany okres użytkowania technologii Pomoc

(w latach)

Projekty według sektora	Okres użytkowania technologii
Energia	25
Woda i środowisko	30
Koleje	30
Drogi	25
P Porty i lotniska	25
Telekomunikacja	15
Przemysł	10
Inne usługi	15
Średnia prosta	22

Pomoc

ETAP EKSPLOATACJI - przychody i koszty eksploatacyjne

Przychody z działalności podstawowej związanej z analizowaną technologią ogółem (netto) (PLN)

Rok	Wartość	
2004	192637810.2	<input type="button" value="USUN"/>

Rok:
 Wartość:

PRZELICZ WYNIK KOŃCOWY Pomoc

Rys. 9.21. Formularz aplikacji EKOEFECT do wartościowania wskaźników ekonomicznych
 Źródło: opracowanie własne.

CZĘŚĆ 4. Dane społeczne **PRZELICZ WYNIK KOŃCOWY**

Aktywność ekonomiczna mieszkańców

	Rodzaj wpływu	Czas oddziaływania
Miejsca pracy (tworzenie nowych miejsc pracy i inwestora)	<input type="text" value="zdecydowanie korzystny"/>	<input type="text" value="co najmniej równowalny z czasem użytkowania technologii"/>
Podmioty gospodarcze -kooperacja, tworzenie nowych, rozwój istniejących	<input type="text" value="zdecydowanie korzystny"/>	<input type="text" value="co najmniej równowalny z czasem użytkowania technologii"/>

Jakość pracy

	Rodzaj wpływu	Czas oddziaływania
Zagrożenia wypadkowe specyficzne dla danej technologii - w granicach terenu do którego inwestor posiada tytuł prawny	<input type="text" value="zdecydowanie korzystny"/>	<input type="text" value="co najmniej równowalny z czasem użytkowania technologii"/>

Edukacja i rozwój

	Rodzaj wpływu	Czas oddziaływania
Wymagany poziom kwalifikacji pracowników	<input type="text" value="zdecydowanie korzystny"/>	<input type="text" value="co najmniej równowalny z czasem użytkowania technologii"/>

Bezpieczeństwo publiczne i warunki zdrowotne

	Rodzaj wpływu	Czas oddziaływania
Zagrożenia związane z wykorzystaniem technologii o charakterze wypadków: katalifor - obszar poza granicą terenu do którego inwestor posiada tytuł prawny	<input type="text" value="zdecydowanie korzystny"/>	<input type="text" value="co najmniej równowalny z czasem użytkowania technologii"/>

Poziom i jakość życia

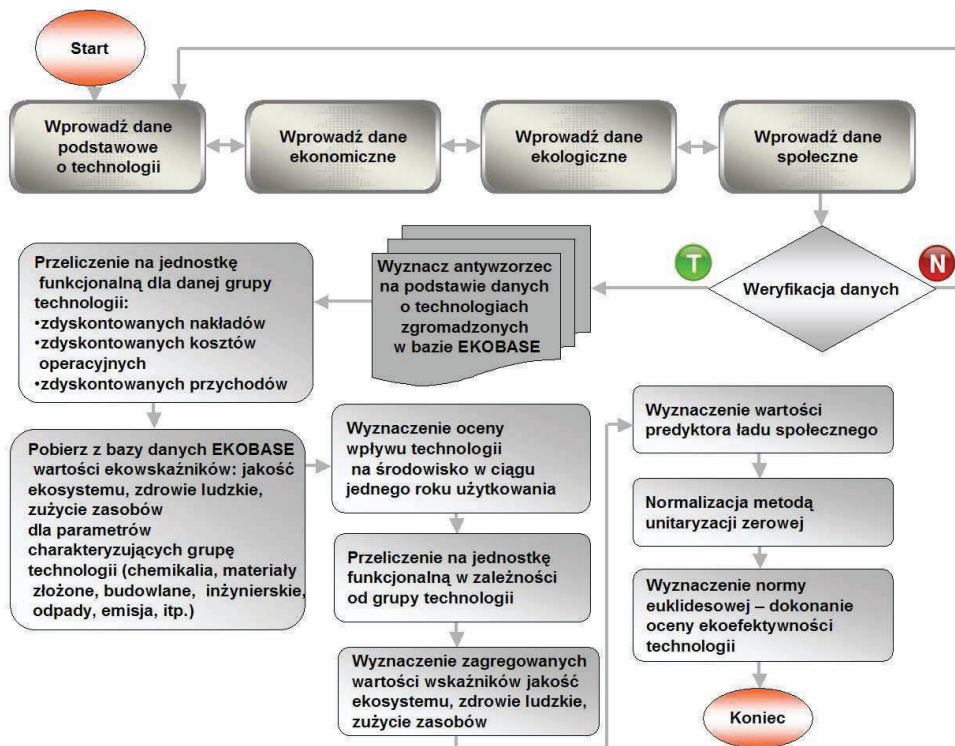
	Rodzaj wpływu	Czas oddziaływania
Ceny produktów powstałych w wyniku zastosowania technologii	<input type="text" value="zdecydowanie korzystny"/>	<input type="text" value="co najmniej równowalny z czasem użytkowania technologii"/>
Ceny nieruchomości w okolicy użytkowania technologii	<input type="text" value="zdecydowanie korzystny"/>	<input type="text" value="co najmniej równowalny z czasem użytkowania technologii"/>
Nieżądne ruchy drogowego i stan dróg	<input type="text" value="zdecydowanie korzystny"/>	<input type="text" value="co najmniej równowalny z czasem użytkowania technologii"/>

Moralna odpowiedzialność

	Rodzaj wpływu
Technologia/produkt testowany na zwierzętach lub ludziach	<input type="text" value="nie dotyczy"/>

OPRACOWANIE MODELU OCENY ZWYWNOWAZONEGO ROZWOJU © GIG THE-PB 1997 2010

Rys. 9.22. Formularz aplikacji EKOEFECT do wartościowania danych społecznych
 Źródło: opracowanie własne.



Rys. 9.23. Model algorytmiczny obliczania efektywności ekologicznej

Źródło: opracowanie własne.

Opracowana aplikacja może być zastosowana zarówno do oceny efektywności użytkowanych, jak i planowanych do uruchomienia technologii materiałowych, technologii ochrony środowiska lub technologii energetycznych bazujących na paliwach kopalnych. Do właściwości wyróżniających aplikację należy zaliczyć:

- możliwość przeprowadzenia złożonych obliczeń oceny efektywności technologii ze zdalnego stanowiska lub mobilnego terminalu;
- wykorzystanie zasobów informacyjnych bazy danych EKOBASE do wyznaczania antywzorca, co przy ewolucyjnym zasilaniu bazy powinno gwarantować poprawność dokonywanych ocen dla technologii o różnym przeznaczeniu;
- możliwość symulacji oceny efektywności z użyciem prognozowanych wartości ekowskaźników i parametrów ekonomicznych charakteryzujących potencjalne użytkowanie technologii;
- optymalizację procesu wdrożeniowego, z uwzględnieniem wybranych kryteriów, jakimi mogą być parametry podawane przez użytkownika, co wymaga iteracyjnych obliczeń oceny efektywności;
- możliwości obiektywnej, udokumentowanej metodologicznie oceny efektywności przez różne podmioty gospodarcze.

Należy stwierdzić, że zastosowanie aplikacji EKOEFEKT umożliwiającej wyznaczenie standaryzowanej oceny efektywności technologii powinno umożliwić racjonalne wspomaganie procesów podejmowania decyzji dotyczących wydatkowania środków publicznych i prywatnych na innowacyjne technologie.

Zaprezentowane oryginalne aplikacje przeznaczone do gromadzenia i przetwarzania informacji o ekowydajności i efektywności technologii materiałowych, ochrony środowiska i technologii energetycznych opracowane zostały z użyciem najnowszych standardów informatycznych i tworzą spójny pakiet narzędzi informatycznych. Zastosowanie relacyjnej bazy danych zasilanej zdalnie przez użytkowników stwarza warunki do ciągłej ewaluacji teoretycznego modelu oceny efektywności dla praktycznie użytkowanych technologii w warunkach przemysłowych i zapewnia upowszechnianie drogą internetową informacji o innowacyjnych technologiach spełniających wymagania zrównoważonego rozwoju. Ze względu na poziom zróżnicowania technologii, ich materiałochłonność i energochłonność, oddziaływanie społeczne oraz horyzont czasowy ich użytkowania obiektywna ocena inwariantna od przyjmowanych do jej wykonania wskaźników i charakterystyk jest zagadnieniem złożonym i wymagającym uwzględnienia wielowymiarowej przestrzeni z atrybutami o dziedzinach zarówno ciągłych, jak i dyskretnych, w czym pomocne są aplikacje informatyczne. Efekty użytkitarne zastosowania opracowanych aplikacji dotyczą między innymi:

- możliwości oceny wskaźników ilościowych, np. ekonomicznych, oraz kwantyfikowania dyskretnych parametrów o charakterze jakościowym ze ściśle zdefiniowanymi dziedzinami, których wartości są ustalane przez ekspertów;
- wielokrotnej ewaluacji danej technologii w przypadku zmian obejmujących: liczbę technologii uwzględnianych w wyznaczaniu wartości maksymalnych i minimalnych dla predyktorów, zmian w zbiorze predyktorów, zmian liczby symulantów lub destymulantów tworzących zbiór predyktorów, zmian wartości ekowskaźników, zmian wartości wag wykorzystywanych w modelach matematycznych;
- gromadzenia danych o technologiach w formule relacyjnej bazy danych i ich upowszechnianiu przez Internet;
- przeszukiwania bazy danych na podstawie zapytań formowanych przez użytkownika niekoniecznie znającego język SQL;
- generowania raportów z wynikami wielowymiarowych analiz danych, wynikami przeszukiwania bazy danych lub obliczonymi ocenami efektywności technologii.

Weryfikacja systemu informatycznego przeprowadzona przy zastosowaniu opracowanych aplikacji bazy danych EKOBASE, EKOTECH oraz EKOEFEKT wykazała, że mogą one stanowić istotny czynnik determinujący innowacyjne kierunki usprawnień technologii. Zbudowane narzędzia informatyczne można uznać za użyteczne praktycznie w procesach racjonalizacji podejmowanych decyzji przy wyborze tych technologii przyszłościowych, które powinny uzyskać wsparcie finansowe ze względu na swoje walory ekologiczne i pozytywny lub neutralny wpływ na ochronę środowiska naturalnego. Wykorzystanie w modelu algorytmicznym obiektywnych, za-

gregowanych wskaźników jako miar do porównywania różnych technologii, przede wszystkim energetycznych i materiałowych, pozostających w różnych fazach rozwoju pozwala na dobór optymalnej technologii lub wariantu technologii ze względu na kryteria ekonomiczne, środowiskowe i społeczne. W wyborze pomocne mogą być symulacje przeprowadzane z użyciem aplikacji EKOEFEKT umożliwiające efektywną analizę skutków ekonomicznych i społecznych użytkowania technologii w zadanym horyzoncie czasowym z uwzględnieniem recyklingu odpadów.

Zasoby informacyjne bazy danych oraz opracowane aplikacje mogą być wykorzystane zarówno przez jednostki administracji państwowej różnego szczebla, jak i podmioty gospodarcze do wypracowywania decyzji z użyciem zagregowanego wskaźnika oceny oddziaływania technologii na środowisko naturalne obliczanego zgodnie z wymaganiami metodyki LCA. W połączeniu z ocenami ekonomicznymi technologii zaproponowane narzędzia umożliwiają wypracowanie konsensusu pomiędzy wymogami związanymi ze zrównoważonym rozwojem a efektywnością ekonomiczną. Jednocześnie umożliwienie szybkich decyzji zarządczych stwarza warunki dla wzrostu konkurencyjności gospodarki opartej na wiedzy i przedsiębiorczości zapewniającej wzrost poziomu spójności ekologicznej, społecznej, gospodarczej i przestrzennej.

9.3. Literatura

1. Barbiroli G., Candela G., Raggi A., Implementing a new model to measure and assess eco-effectiveness as an indicator of sustainability, *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, Volume 15, Issue 3, 2008, s. 222–230.
2. Cleary J., Life cycle assessments of municipal solid waste management systems: A comparative analysis of selected peer-reviewed literature, *Environment International* 35, 2009, s. 1256–1266.
3. Kobayashi H. A systematic approach to eco-innovative product design based on life cycle planning, *Advanced Engineering Informatics* 20, 2006, s. 113–125.
4. Kousmanen, T., Kortelainen, M., Measuring eco-efficiency of production with data envelopment analysis. *Journal of Industrial Ecology* 9 (4), 2005.
5. Kowalski Z., Kulczyka J., Góralczyk M, *Ekologiczna ocena cyklu życia procesów wytwórczych (LCA)*. PWN, 2007.
6. Maxwell D., Sheate W., van der Vorst R., Functional and systems aspects of the sustainable product and service development approach for industry, *Journal of Cleaner Production* 14 (2006).
7. Mickwitz P., Melanen M., Rosenström U., Seppälä J., Regional eco-efficiency indicators a participatory approach. *Journal of Cleaner Production* 14 (18), 2006.
8. Palme U., Tillman A. M., Sustainable development indicators: how are they used in Swedish water utilities?, *Journal of Cleaner Production* 16, 2006.
9. Radhi H., On the optimal selection of wall cladding system to reduce direct and indirect CO₂ emissions, *Energy* Volume: 35, Issue: 3, 2010, s. 1412–1424.

10. Strategia EEA na lata 2009–2013. Wieloletni Program Pracy, EEA Kopenhaga, ISBN 978-92-9213-021-3.
11. Vachon, S., Klassen, R. D., Environmental management and manufacturing performance: the role of collaboration in the supply chain. *International Journal of Production Economics* 111 (2), 2008.
12. Dobrodziej J., Mazurkiewicz A., Poteralska B., Łabędzka J. System of Assessing Eco-effectiveness of Industrial Technologies, W: Huizingh K. R. E, Conn S., Torkkeli M., Bitran I (red.) XXII ISPIM Conference. Sustainability in Innovation: Innovation Management Challenges, ISBN 978-952-265-091-7, Hamburg 2011.
13. Kleiber M.: Platformy technologiczne, *Przegląd Techniczny. Gazeta Inżynierska*, 23-24.09.2005.

EUROPEJSKI SYSTEM WERYFIKACJI TECHNOLOGII ŚRODOWISKOWYCH A NARZĘDZIE DO OCENY EKOEFEKTYWNOŚCI TECHNOLOGII

10.1. Europejski System Weryfikacji Technologii Środowiskowych

W 2004 r. Komisja Europejska uruchomiła inicjatywę pod nazwą ETAP (*Environmental Technologies Action Plan*) mającą na celu [1, 3]:

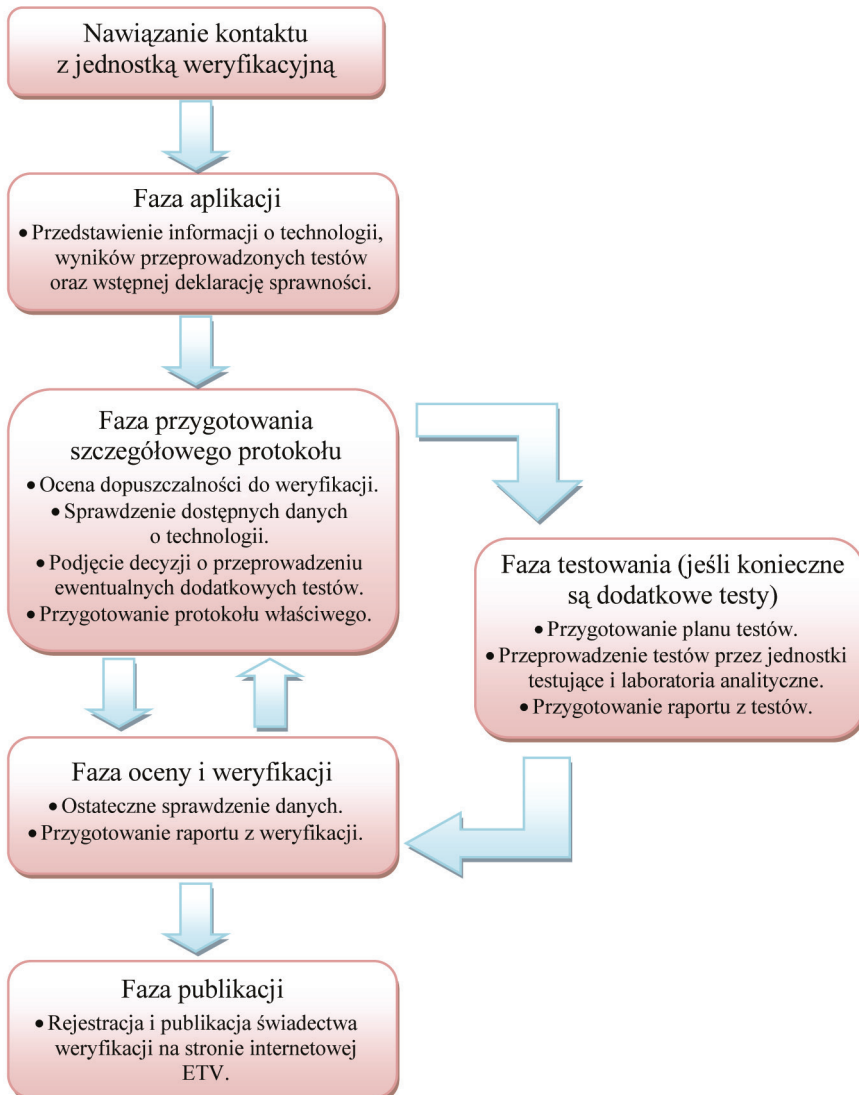
- usunięcie barier ograniczających pełne wykorzystanie potencjału technologii środowiskowych, prowadzące do zwiększenia konkurencyjności Unii Europejskiej na światowych rynkach,
- zapewnienie Unii Europejskiej w nadchodzących latach wiodącej roli w opracowywaniu i wdrażaniu technologii środowiskowych,
- zmobilizowanie interesariuszy do wspierania ww. celów.

Jednym z instrumentów realizacji ww. celów jest System Weryfikacji Technologii Środowiskowych (*Environmental Technology Verification*, ETV). Systemy takie funkcjonują już w Stanach Zjednoczonych, Kanadzie, Korei Południowej, Filipinach i Japonii. W Europie Komisja Europejska, wykorzystując doświadczenia wynikające z realizacji czterech projektów w ramach 6 Programu Ramowego UE (Eurodemo, Promote, Testnet i Airtv) i jednego projektu w ramach programu LIFE (Tritech), których celem było przetestowanie procedur weryfikacji technologii i implementacji ETV, uruchomiła preprogram ETV.

Głównym jego zadaniem jest zapewnienie obiektywnej i wiarygodnej informacji na temat oddziaływania technologii na środowisko poprzez sprawdzenie kompletności i rzetelności danych przedstawianych przez twórców/dostawców technologii [6].

ETV jest systemem dobrowolnym. Polega na weryfikacji danych z testów technologii przedstawianych przez projektanta/dostawcę technologii w deklaracji o sprawności technologii. W niektórych przypadkach zachodzi konieczność przeprowadzenia testów uzupełniających. Weryfikacja zakończona jest opublikowaniem raportu z weryfikacji oraz świadectwa weryfikacji [2].

Schemat procesu weryfikacji technologii środowiskowych przedstawia Rysunek 10.1.



Rys. 10.1. Schemat procesu weryfikacji technologii w systemie ETV

Źródło: [4].

Elementami struktury organizacyjnej systemu są [2]:

1. Jednostki Weryfikacyjne
 - działają w jednym obszarze technologicznym lub jego fragmencie,
 - ponoszą odpowiedzialność za rzetelność weryfikacji,
 - zawierają kontrakt na przeprowadzenie weryfikacji z twórcą/dostawcą technologii,
 - ustalają z aplikującym treść deklaracji i weryfikowane parametry,
 - oceniają dane znajdujące się w deklaracji,
 - podejmują decyzję o ewentualnych dodatkowych testach zlecanych jednostkom testującym i laboratoriom analitycznym,
 - opracowują protokoły weryfikacji, plany testów (wraz z Jednostkami Testującymi i Laboratoriami Analitycznymi oraz twórcami/dostawcami technologii) itp.,
 - opracowują raport z weryfikacji i wydają świadectwo;
2. Jednostki Testujące i Laboratoria Analityczne
 - opracowują plany testów (wraz z Jednostkami Weryfikacyjnymi i twórcami/dostawcami technologii),
 - przeprowadzają testy,
 - opracowują raport z testów;
3. Zespoły Techniczne
 - działają w danym obszarze technologicznym,
 - opracowują wytyczne dla Jednostek Weryfikacyjnych we współpracy z Komisją Europejską i Forum Doradczym w zakresie narzędzi weryfikacyjnych,
 - biorą udział w rozstrzygnięciu sporów dotyczących ETV;
4. Forum Doradcze
 - zapewnia rzetelność, wiarygodność i przejrzystość systemu,
 - doradza przy opracowywaniu i ocenie narzędzi weryfikacyjnych systemu.

W ramach preprogramu ETV możliwa jest weryfikacja technologii mieszczących się w następujących obszarach technologicznych:

- technologie oczyszczania i monitoringu wody,
- technologie odzysku materiałów z odpadów dla oszczędzania zasobów surowców naturalnych,
- technologie energetyczne,
- technologie monitoringu i poprawy stanu gleby i wód gruntowych,
- technologie czystszej produkcji,
- technologie środowiskowe w rolnictwie,
- technologie monitorowania zanieczyszczenia powietrza i redukcji emisji.

10.2. Projekt AdvanceETV

W styczniu 2009 r. rozpoczął się projekt o nazwie AdvanceETV. Ma on charakter działań koordynacyjnych, zmierzających do:

- integracji wyników prac badawczych w zakresie ETV w procesie rozwoju i wdrażania systemu ETV w Unii Europejskiej w oparciu o wyniki projektów wykonanych w ramach 6. Programu Ramowego UE i Programu LIFE,
- wypracowania zasad współpracy międzynarodowej i wzajemnej uznawalności systemów weryfikacji technologii środowiskowych.

Projekt realizowany jest przez międzynarodowe konsorcjum pod kierownictwem Gesellschaft fuer Chemische Technik und Biotechnologie e.V. DECHEMA z Niemiec, a Polskę reprezentuje w nim Instytut Ekologii Terenów Uprzemysłowionych, koordynator Polskiej Platformy Ochrony Środowiska [5, 7].

10.3. Podobieństwa i różnice między ETV i narzędziem do oceny efektywności technologii

Wprowadzany przez Komisję Europejską system weryfikacji technologii środowiskowych ETV oraz opracowane w ramach projektu narzędzie do oceny efektywności technologii są instrumentami komplementarnymi. Mają kilka cech wspólnych, do których należą:

- dobrowolny udział w procesie weryfikacji/oceny technologii,
- dokonywanie weryfikacji/oceny w oparciu o dane dostarczone przez właściciela technologii.

Na obecnym etapie obydwie systemy zajmują się praktycznie tymi samymi obszarami, z których mogą pochodzić analizowane technologie.

Podstawowym elementem różniącym obydwie systemy jest zastosowanie w ocenie efektywności narzędzia w postaci programu komputerowego, który w pełni eliminuje potencjalne możliwości wpływu na ocenę subiektywnych poglądów zespołu oceniającego. Istotną różnicą jest również włączenie do oceny efektywności skwantyfikowanych wskaźników charakteryzujących aspekty społeczne wdrożenia technologii oraz uwzględnienie aspektów ekonomicznych. Dzięki temu uzyskuje się pełny obraz technologii pod względem spełniania kryteriów zrównoważonego rozwoju.

Aktualny stan zaawansowania obydwu systemów przedstawia Tabela 10.1.

Promocja i upowszechnienie narzędzia do oceny efektywności w ogólnie dostępnej sieci internetowej umożliwia praktyczną weryfikację jego przydatności przez użytkowników. W dalszej perspektywie narzędzie może zostać wykorzystane jako polski wkład do europejskiego systemu weryfikacji.

Tabela 10.1. Stan zaawansowania systemu ETV i narzędzia do oceny efektywności technologii

	System ETV	System oceny efektywności technologii
wsparcie instytucjonalne	inicjatywa Komisji Europejskiej	obecnie brak wsparcia ze strony decydentów
wymagania formalne wobec analizujących technologie	wymogi wobec instytucji tworzących system ETV (konieczność posiadania akredytacji przez Jednostki Weryfikacyjne oraz procedur zarządzania jakością przez Jednostki Testujące i Laboratoria Analityczne)	brak wymagań – funkcjonuje ono obecnie jako aplikacja online udostępniona w Internecie
procedury weryfikacji/oceny	zestandaryzowane procedury weryfikacji technologii (Ogólny i Szczegółowy Protokół Weryfikacji)	instrukcja użytkownika narzędzia
rzetelność danych	weryfikacja danych przedstawianych przez właściciela technologii przez instytucje tworzące system ETV (Jednostki Weryfikacyjne, Jednostki Testujące, Laboratoria Analityczne)	brak narzędzi/instytucji weryfikujących dane wprowadzane przez właściciela technologii na obecnym etapie rozwoju narzędzia
koszty weryfikacji/oceny	odpłatność procesu weryfikacji technologii	bezpłatna ocena technologii

Źródło: opracowanie własne.

10.4. Literatura

1. COM(2004)38 Komunikat Komisji dla Rady i Parlamentu Europejskiego: Stimulating Technologies for Sustainable Development: An Environmental Technologies Action Plan for the European Union, Brussels, 28.01.2004.
2. Ratman-Kłosińska I.: Prezentacja: Europejski System Weryfikacji Technologii Środowiskowych jako narzędzie wspierania eko-innowacji, Forum Polskiej Platformy Technologicznej Środowiska, Ministerstwo Środowiska, Warszawa, 17.12.2010.
3. http://ec.europa.eu/environment/etap/index_en.htm (02.09.2011)
4. http://ec.europa.eu/environment/etv/etv_preprog.htm (02.09.2011)
5. http://ec.europa.eu/environment/etv/key_projects.htm (02.09.2011)
6. www.eu-etv-strategy.eu (02.09.2011)
7. http://www.ietu.katowice.pl/Projekty_badaw/Projekty_UE/7PR/ADVANCE_ETV/index.htm (02.09.2011)

ZAKOŃCZENIE

Pojęcie efektywności upowszechniła Światowa Rada Biznesu na rzecz Zrównoważonego Rozwoju na początku lat 90. W naukach o zarządzaniu i ekonomii pojęcie efektywności pojawiło się nieco później. Dążenie do wysokiej efektywności jest nieodłącznym elementem procesu podejmowania decyzji strategicznych z jednej strony, z drugiej jej pomiar ilościowy w zarządzaniu środowiskowym systemów produkcyjnych stanowi nie lada wyzwanie do dziś.

Do aktualnych problemów w tym zakresie zaliczają się badania nad sposobem ujęcia wszystkich elementów wskaźnikowych: ekologicznych, ekonomicznych, społecznych, w pewnym sensie także technicznych (sprawność procesów przemysłowych) razem. Dokonanie tego w ośrodkach naukowych nie rozwiązuje jeszcze problemu wdrożenia na skalę choćby pilotową dla kilkudziesięciu firm. Przed takim zadaniem stanęli autorzy niniejszego opracowania.

Wskaźnik efektywności łączy zatem koncepcję tworzenia wartości rynkowej z troską o jakość środowiska. Celem wskaźnika jest przekazanie informacji zarządzającym i społeczeństwu o tym, jak wytworzona wartość ekonomiczna obciąża środowisko. Pozwala to na uwzględnienie w zarządzaniu produkcją również aspektów środowiskowych i na tworzenie wartości ekonomicznych zarówno dla społeczeństwa, jak i dla określonej firmy w taki sposób, aby odbywało się ono z jak najmniejszym obciążeniem środowiska, np. poprzez wytwarzanie większej ilości produktu z tej samej ilości surowca. Mówiąc o obciążeniu środowiska, ma się na uwadze oddziaływanie produktu w czasie jego pełnego cyklu życia. Wskaźnik efektywności pozwala na pomiar czynionych postępów w osiąganiu czystszej produkcji, co jest jedną z ważniejszych zasad wdrażania zrównoważonego rozwoju.

Efektywność zatem wiąże wskaźnik ekonomiczny wartości wytworzonej w procesie ze wskaźnikami określającymi obciążenie środowiska w procesie wytwórczym.

Technologie foresightowe a budowa modelu oceny efektywności

Przyjęta metodyka przeprowadzenia prac przeglądowych miała na celu wypracowanie utylitarnej metody krytycznej analizy dużej ilości materiałów zawierających dane o różnym stopniu szczegółowości. W rezultacie otrzymano jednolity zbiór da-

nych i informacji stanowiących podstawę do dalszych analiz. Wybór technologii/grup technologii przykładowych w oparciu o przyjęte kryteria przyczynił się do wypracowania poprawnej metodycznie i akceptowanej przez wszystkich członków zespołu badawczego formuły typowania bazującego zarówno na wiedzy eksperckiej, jak i miarodajnych źródłach informacji. Koncentrowano się na wyborze technologii perspektywicznych, najbardziej interesujących i mających istotne znaczenie dla rozwoju krajowej gospodarki, a jednocześnie dedykowanych do konkretnych sektorów bądź umiejscowionych w identyfikowalnych instalacjach/zakładach. Takie podejście umożliwiło zebranie interesujących i miarodajnych wskaźników oraz pozwoliło na weryfikację danych literaturowych.

Analizowane projekty źródłowe miały charakter foresightów technologicznych. Szczegółowa analiza ich zapisów prowadzi do poniższych wniosków:

- typowane w projektach foresight technologie charakteryzują się dużym zróżnicowaniem co do szczegółowości ich opisu, informacji na temat stanu oraz miejsca wdrażania,
- terminem „technologia” określane są również grupy zagadnień technologicznych bądź wręcz kierunki technologiczne. Stąd też prawidłowa interpretacja danych i informacji zawartych w projektach foresight wymaga specjalistycznej wiedzy popartej studiami literaturowymi oraz bezpośrednimi konsultacjami z eksploatatorami bądź zespołami wdrażającymi dane rozwiązanie,
- stwierdzono szereg rozbieżności w szacowaniu przez ekspertów horyzontu wdrażania poszczególnych technologii oraz wskazania roli, jaką będą one odgrywały w realizacji założonych scenariuszy,
- w części projektów natrafiono na problemy w zdobyciu wynikowych materiałów, głównie ze względu na likwidację stron internetowych, na których były one publikowane oraz braku wskazań osób dysponujących takimi materiałami.

Stąd też istnieje pilna konieczność wypracowania ujednoczonych i zalecanych metod organizacji i realizacji projektów foresight, a w szczególności archiwizacji i udostępniania ich wyników. Przeprowadzone prace przeglądowe i analityczne, a szczególnie napotkane podczas nich trudności, prowadzą do stwierdzenia, iż pilnym i zasadnym jest stworzenie ogólnodostępnego portalu wdrażania projektów foresight (obserwatorium foresight) zawierającego tematyczne bazy danych o realizowanych inicjatywach foresightowych.

Przyjęta metodyka gromadzenia, selekcji i weryfikacji informacji zawartych w projektach foresight będzie w dalszym ciągu weryfikowana i doskonalona. Planuje się, że analogiczna analiza przeglądowa zostanie przeprowadzona w ramach kontynuacji Narodowego Programu Foresight POLSKA 2020 w zakresie Projektu Systemowego Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego pt. „Wsparcie systemu zarządzania badaniami naukowymi oraz ich wynikami”.

Przyjęte w ramach przedmiotowego projektu podejście mające na celu zidentyfikowanie technologii i grup technologicznych wskazywanych jako priorytetowe w ramach pól tematycznych NPF 2020 służyło potwierdzeniu czy prowadzone w ra-

mach projektów foresight rozważania odnośnie do strategicznych kierunków rozwoju technologicznego polskiej gospodarki są zbieżne. Niewątpliwie dalsza integracja tych obszarów będzie wymagała budowy odpowiednich narzędzi oraz form wymiany informacji, tak aby dorobek wielu zespołów badawczych przekładał się na spójną politykę rozwoju technologicznego kraju. Opracowany w ramach niniejszego projektu model oceny efektywności niewątpliwie wpisuje się w nurt poszukiwania takich kierunków rozwojowych, które nie tylko są innowacyjne, ale również charakteryzują się wysoką efektywnością, co przyczyni się w dłuższej perspektywie do wyraźnej poprawy konkurencyjności polskiej gospodarki.

Podsumowanie analiz środowiskowych

W pracy wykorzystano założenia metody LCA do przeprowadzenia oceny wpływu na środowisko 47 technologii w trzech grupach: technologie energetyczne, materiałowe i środowiskowe. Zakres analizy obejmował trzy fazy życia technologii, tj. fazę budowy, eksploatacji i utylizacji. Przeprowadzenie oceny wpływu na środowisko technologii wykorzystywanych do opracowania modelu oceny efektywności polegało na:

- przeprowadzeniu analizy inwentarzowej,
- wyborze jednostki funkcjonalnej,
- ocenie wpływów zinwentaryzowanych elementów wejściowych i wyjściowych wykorzystując metodę ekowskaźnika 99 i metodę IPCC,
- opracowaniu diagramu oddziaływań przedstawiającego najważniejsze elementy wejściowe i wyjściowe analizowanej technologii oraz wyniki oceny wpływów,
- analizie otrzymanych wyników ze względu na ich dalsze wykorzystanie do budowy modelu.

Na podstawie wyników analizy inwentarzowej opracowano moduł obliczeniowy pozwalający na wykonanie skróconej analizy wpływu na środowisko każdej nowej technologii i wykorzystanie otrzymanych wyników do oceny efektywności oraz podejmowania decyzji odnośnie do polityki proekologicznej.

Do budowy modelu oceny efektywności wykorzystano wyniki oceny uzyskane metodą ekowskaźnika 99 z podziałem na trzy kategorie wpływu: zdrowie człowieka, jakość ekosystemu i zużycie zasobów.

Wnioski z oceny ekonomicznej technologii

Analiza uzyskanych wyników wykazała, że spośród 60 technologii (w tym referencyjnych), dla 50 z nich uzyskano dodatnie wartości NPV (technologie są opłacalne z ekonomicznego punktu widzenia), natomiast dla 10 technologii uzyskano ujemne wartości w tym zakresie. Weryfikacja danych dla technologii charakteryzujących się ujemnym NPV pozwoliła ustalić następujące główne przyczyny braku ich efektywności:

- przyjęty okres analizy (wynikający z podanego okresu użytkowania) jest zbyt krótki, aby dochody ze sprzedaży produktu były w stanie pokryć poniesione nakłady inwestycyjne,
- technologie ze względu na swój charakter (np. ekologiczny) nie mają na celu generowanie wysokiego zysku finansowego – istotne są w nich aspekty środowiskowe i społeczne.

Uzyskane wyniki obliczeń wskazują na zróżnicowany stopień efektywności poszczególnych rodzajów technologii. Poza nakładami inwestycyjnymi, istotny wpływ na osiąganą efektywność finansową ma ilość i struktura produktów końcowych. Uzyskane wyniki obliczeń dotyczą przyjętych założeń, opierających się na aktualnych średnich cenach surowców energetycznych i energii elektrycznej. Przeprowadzona analiza pokazuje nam, które z technologii badanych na podstawie danych z instalacji je wykorzystujących są mniej, a które bardziej efektywne względem siebie.

Uzyskane dla poszczególnych technologii wartości wskaźnika NPV w formie jego składowych posłużyły do obliczenia wskaźników ekoefektywności z wykorzystaniem wyników analizy środowiskowych i społecznych dla tych technologii. Na dalszych etapach dotyczących obliczeń ekoefektywności wykorzystano bowiem wyniki oceny efektywności ekonomicznej w postaci dwóch zmiennych dotyczących warunków ekonomicznych:

- koszty wprowadzenia i eksploatacji technologii (zdyskontowane nakłady inwestycyjne i zdyskontowane koszty operacyjne): zmienne traktowane jako nakłady w modelach obliczeniowych ekoefektywności,
- przychody z tytułu wprowadzenia technologii (zdyskontowane przychody ze sprzedaży): zmienna traktowana jako rezultat w modelach obliczeniowych ekoefektywności.

Aspekt społeczny w ocenie technologii

Koncepcja zrównoważonego rozwoju stanowi odzwierciedlenie zmian dokonujących się w sposobie myślenia o otaczającej nas rzeczywistości. Zwraca uwagę na fundamenty rozwoju cywilizacyjnego świata – powiązanie w sposób niekolizyjny i wzajemnie wspierający działalności z obszaru środowiska, gospodarki-ekonomii oraz spraw społecznych.

Zgodnie z założeniami koncepcji to człowiek jest podmiotem tegoż rozwoju i to na nim spoczywa odpowiedzialność za realizowany typ racjonalności w nauce i technice: „Człowiek może tak lub inaczej kształtować swój świat i swoje życie i tu może to czynić odpowiedzialnie lub nie”. Założenie to jest tym bardziej cenne, bo przeciwdziała zagrożeniu związanemu z przemianami dokonanymi w XX wieku, które raczej nie skutkowały wzrostem znaczenia człowieka jako podmiotu określonych procesów w ich wymiarze społecznym i kulturowym.

Jedną z konsekwencji przyjęcia filozofii zrównoważonego rozwoju było sformułowanie – w Agendzie 21 Deklaracji z Rio de Janeiro – zasad takiego rozwoju. Sta-

nowią one podstawę uruchomienia działań zmierzających do zmiany sytuacji. A do takich właśnie działań zaliczyć można ukierunkowane na zrównoważenie produkcji i konsumpcji. Miernikiem ich skuteczności są zaś, między innymi, wyniki wdrożenia metodyki oceny ekoefektywności technologii. Uznanie konieczności uwzględnienia w jednej metodyce oprócz aspektu środowiskowego, również ekonomicznego i społecznego można interpretować jako próbę wykorzystania dla praktyki rezultatów niwelowania autonomizacji różnych dziedzin nauki.

Obecnie nie jest kwestionowana potrzeba, a nawet fundamentalne znaczenie kwestii społecznych w ocenie technologii dla osiągnięcia równowagi ich oddziaływania, szczególnie w kontekście rozwoju metodyki SLCA oraz założeń koncepcji zrównoważonego rozwoju uznających podmiotowość człowieka w tym obszarze rzeczywistości. Problem stanowi raczej wyznaczenie wspólnego mianownika dla oceny globalnej wymiaru społecznego, jego precyzyjne zdefiniowanie, ustalenie kategorii wpływu oraz mierzalnych wskaźników, nie wspominając o powiązaniu w jeden wskaźnik kwestii środowiskowych, ekonomicznych i społecznych. Można by stwierdzić, że jest to próba połączenia racjonalności instrumentalnej i kontemplacyjnej i zadać pytanie: czy będzie zakończona powodzeniem?

Przedstawiona metodyka oceny aspektu społecznego technologii to wyraz kompromisu między wymogami w tym zakresie, także tymi projektowymi, a dostępnym instrumentarium metodologicznym i warunkami technicznymi (dostępność informacji). Opracowane narzędzie jest stosunkowo proste i z pewnością nie realizuje wszystkich potrzeb, tym niemniej zawiera treści wykraczające poza wskaźniki normatywne, jest w dużym zakresie wartościujące a przede wszystkim umożliwia różnicowanie wpływu wielu technologii na ład społeczny, określając nie tylko jego kierunek (pozytywny, negatywny), ale także siłę.

W konkluzji można jeszcze wyrazić przekonanie, szczególnie uzasadnione w kontekście obserwowanych tendencji, że racjonalność instrumentalna zmieni swoją funkcję i nie będzie stanowiła podstawowego wyznacznika działań w zakresie zrównoważenia produkcji i konsumpcji, a jedynie bazę dla uruchomienia racjonalności kontemplacyjnej dającej gwarancję rzeczywistych osiągnięć w tym zakresie.

Narzędzie informatyczne do oceny ekoefektywności technologii

Wdrożenie w Polsce systemu informatycznego wspomagającego komputerową ocenę ekoefektywności technologii umożliwiłoby zunifikowane, obiektywne porównywanie ekoefektywności technologii o różnym przeznaczeniu i stopniu nowoczesności.

Wykorzystanie w praktyce zaproponowanego wielozadaniowego systemu informatycznego umożliwi wspomaganie procesów decyzyjnych w obszarze zwiększania poziomu spójności ekologicznej, społecznej i gospodarczej na szczeblu zarówno korporacyjnym, regionalnym, jak i krajowym.

Zaprojektowane i zaimplementowane narzędzie informatyczne stanowi nowoczesne rozwiązanie informatyczne i może być wdrożone przez podmioty gospodarcze, jak i jednostki administracji publicznej do diagnozowania poziomu efektywności technologii materiałowych, technologii ochrony środowiska lub technologii energetycznych bazujących na paliwach kopalnych. Ze względu na otwartą, modułową architekturę systemu, istnieje możliwość rozszerzenia zakresu informacyjnego oraz modyfikacja aplikacji składowych w celu zastosowania narzędzia informatycznego do szerszej grupy technologii. Zastosowane mechanizmy zdalnego dostępu przez Internet rozszerzają grono odbiorców oraz obniżają koszty korzystania z opracowanego systemu informatycznego do oceny efektywności technologii.

Podsumowanie końcowe

W firmach technologicznych, które w świecie, w układzie globalnym chcą być traktowane jako firmy odpowiedzialnego biznesu – odpowiedzialność zarządzania wpływem na środowisko działalności produkcyjnej musi iść w parze z bieżącą oceną efektywności ekologicznej działania całego łańcucha technologicznego, którego tylko większe lub mniejsze ogniwo stanowi dana firma.

Pojęcie efektywności staje się zatem coraz bardziej znaczące w komunikacji korporacyjnej i naukowców różnych dziedzinach nauki. Mamy jednak wątpliwości co do chęci już nie szerokiego, ale nawet pilotowego przyjęcia uproszczonych metod oceny, analizy wyników i jej zastosowania w praktyce zarządzania MŚP.

Jednym z wniosków wynikających z prac autorów w ramach zrealizowanego projektu jest brak chęci przedsiębiorców do wdrażania skomplikowanych (choć uproszczonych) metod oceny efektywności.

Umiejętność wyjaśniania wskaźników w większości pozostaje dostępna tylko dla ekspertów. Badania nad jednorodnością pomiarów w różnych typach procesów o różnych granicach systemów są niezbędne.

Prace własne w ramach projektu, a także przegląd literatury przedmiotu pokazały, że pojęcie efektywności jest wykorzystywane na wiele różnych sposobów, stanowi często używane słowo (słowo „wytrych”), słowo modne, lecz mało precyzyjne w swej ocenie procesów technologicznych. Brak dobrych definicji, dobrych pomysłów na wprowadzenie sprawdzonych procedur obliczeniowych w sektorze przemysłowym.

O potrzebie procesów produkcyjnych przyjaznych dla środowiska, w tym oszczędzających zasoby naturalne i energię – dziś już się nie dyskutuje. Potrzeba jest jednoznaczna i uzasadniona. Pozostaje ogromny problem dotyczący wielowątkowej oceny efektywności (efektywności) i metody wdrażania wyników takiej oceny.

Jeśli niniejsza monografia obejmująca wyniki niewielkiej części szeroko zakrojonych badań może stać się załącznikiem do dyskusji wśród polskich naukowców i praktyków, to wyniki zrealizowanego projektu osiągnęły swój główny cel.

Pamiętajmy jednak, że w skali globalnej, regionalnej i krajowej mogą i powinny istnieć własne sposoby definiowania efektywności, a także krajowe i regionalne

bazy danych. Bez pracy nad tymi bazami polskie wyniki nie będą mogły być porównywane z europejskimi, a zwłaszcza światowymi. W kontekście cen i wielkości zużycia polskich zasobów energii nieodnawialnej jest to zagadnienie kluczowe.

Ekoefektywność coraz częściej na świecie staje się narzędziem analizy trwałości, umożliwiającym pokazanie stopnia wydajności działalności gospodarczej w odniesieniu do aspektów ekonomicznych, środowiskowych i społecznych.

Jedne z pierwszych analizy ekoefektywności regionalnych systemów przemysłowych są prowadzone w Chinach i Tajlandii.

W analizowanych regionach prowadzone są badania empiryczne i stosuje się własne modele oceny, ilustrując w ten sposób wzory regionalnych systemów przemysłowych ekoefektywności. Wyniki mogą być interpretowane lokalnie i szerzej np. branżowo także w ujęciu szeregów czasowych, jeśli badania będą powtarzane. Tego aspektu niewątpliwie brakuje w Polsce.

W Europie rozpoczęto dyskusje o konieczności monitorowania ekoefektywności branż przemysłowych. Jest to krok w kierunku realizacji koncepcji efektywności ekologicznej w praktyce. Proponuje się prowadzenie analizy struktury środowisko-ekonomicznej wydajności gospodarki, pokazując tym samym stopień wdrażania unijnej dyrektywy do walki z zanieczyszczeniem środowiska.

Zaprezentowana przez autorów metodyka oceny ekoefektywności jest znacznie szersza, gdyż ujmuje wszystkie aspekty oddziaływania technologii: środowiskowe, ekonomiczne i społeczne. Zaproponowany został model obliczeniowy stosunkowo prosty, choć ujmujący wszystkie istotne wskaźniki (zmienne) charakteryzujące daną technologię i pozwalający w sposób łatwy analizować jej ekoefektywność. Do wskaźników tych należą: wielkość produkcji, zużycie materiałów i energii, emisje zanieczyszczeń, nakłady i przychody oraz wskaźniki opisujące ład społeczny. Opracowane do badania ekoefektywności technologii narzędzie, zastosowane w formie aplikacji internetowej jest przydatne dla użytkownika niebędącego specjalistą w dziedzinie optymalizacji technologii. Daje ono możliwości porównania różnych technologii lub też różnych wariantów tej samej technologii, pokazuje ranking technologii i ich klasyfikację pod względem ekoefektywności.

Zastosowanie opracowanej w projekcie metodyki do branż w maksymalnie szerokiej próbie badanej jest celem dalszych prac autorów. Wiemy już bowiem, że analizy porównawcze tego typu muszą być prowadzone w branżach, podobnie jak robiono to w niniejszej pracy, szeregując oddzielnie technologie energetyczne czy materiałowe.

Dopiero kolejnym podejściem może być wspólne ujęcie makroekonomiczne zawierające informacje na temat ekoefektywności całej gospodarki lub co najmniej wysoce zagregowanych sektorów (np. przemysł wytwórczy).

Realizowany obecnie projekt Ministerstwa Gospodarki pt. „Foresight Technologiczny Przemysłu InSight 2030” pokazuje w swej roboczej części 10 kierunków rozwoju polskich technologii innowacyjnych. Dobrym początkiem łączenia dorobku projektów foresightowych i innych, metodologicznych, dotyczących innowacyjnych i ekoefektywnych technologii byłaby próba wdrożenia metodologii opisanej w niniej-

szej monografii do określenia ekoefektywności przedsiębiorstw i przyszłościowych kierunków innowacyjnej polskiej produkcji.

Dalsze tego typu prace mogą udowodnić tezę, że ekoefektywność nie jest tylko słowem „modą”, lecz autentycznie potrzebnym narzędziem tak w ujęciu analiz mikro-, jak i makroekonomicznych gospodarki.

Literatura

1. Schmidheiny S.: *Changing Course: a Global Business Perspective on Development and the Environment*, MIT Press, Cambridge 1992.
2. de Burgos Jiménez J., Céspedes Lorente J.J.: Environmental performance as an operations objective, *International Journal of Operations and Production Management*, Volume: 21, Issue: 12, 2001, s. 1553–1572.
3. de Ron A.J., Sustainable production: the ultimate result of a continuous improvement, *International Journal of Production Economics*, Volume: 56–57, 1998, s. 99–110.
4. Kleindorfer P.R., Singhal K., Van Wassenhove L.N.: Sustainable operations management, *Production & Operations Management*, Volume: 14, Issue: 4, 2005, s. 482–492.
5. Orsato R.J.: Competitive environmental strategies: when does it pay to be Green?, *California Management Review*, Volume: 48, Issue: 2, 2006, s. 127–143.
6. Sarkis J.: Manufacturing's role in corporate environmental sustainability: concerns for the new millennium, *International Journal of Operations and Production Management*, Volume: 21, Issue: 5/6, 2001, s. 666–686.
7. Figge F., Hahn T.: Sustainable Value Added—measuring corporate contributions to sustainability beyond eco-efficiency, *Ecological Economics* 48, 2004, 173–187
8. Hoffmann V.H., Busch T.: Corporate carbon performance indicators, *Journal of Industrial Ecology*, Volume: 12, Issue: 4, 2008, s. 505–520.
9. Baran J., Krawczyk P., Janik A., Ryszko A.: Problematyka oceny efektywności ekonomicznej wybranych perspektywicznych technologii energetycznych w aspekcie wymagań rozwoju zrównoważonego, *Prace Naukowe Głównego Instytutu Górnictwa*, Nr 2/2011.
10. Kiepas A.: *Człowiek wobec dylematów filozofii techniki*, Wydawnictwo Gnome, Katowice 2000, s. 155.
11. Zhang Bing, Bi Jun, Fan Ziyang, Yuan Zengwei, Ge Junjie: Eco-efficiency analysis of industrial system in China: A data envelopment analysis approach, *Ecological Economics* Volume: 68, Issue: 1-2, December 1, 2008, s. 306–316.
12. Charmondusit K., Keartpakpraek K.: Eco-efficiency evaluation of the petroleum and petrochemical group in the map Ta Phut Industrial Estate, Thailand, *Journal of Cleaner Production*, Volume: 19, Issue: 2–3, January – February, 2011, s. 41–252.

13. Thant M.M., Charmondusit K.: Eco-efficiency assessment of pulp and paper industry in Myanmar, *Clean Technologies and Environmental Policy*, Volume: 12, Issue: 4, August 2010, s. 427–439.
14. Wursthorn S., Poganietz W-R., Schebek L.: Economic–environmental monitoring indicators for European countries: A disaggregated sector-based approach for monitoring eco-efficiency, *Ecological Economics* Volume: 70, Issue: 3, January 15, 2011, s. 487–496.
15. Commission Decision of 17 July 2000 on the implementation of a European pollutant emission register (EPER) according to Article 15 of Council Directive 96/61/EC concerning integrated pollution prevention and control (IPPC). Commission of the European Communities, 2000.

