t. LXXIII ▪ nr 11/2021 ▪ DOI 10.33226/1231-2037.2021.11.2

Dr Marcin Rychwalski
Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie
ORCID: 0000-0001-5557-4448
e-mail: marcin.rychwalski@uek.krakow.pl

Charakterystyka środowiskowa wytwarzania produktu i identyfikacja kluczowych substancji z wykorzystaniem LCA

Environmental characterisation of product manufacturing and identification of key substances using LCA

Streszczenie

Niniejsza publikacja przedstawia możliwości oceny cyklu życia produktu w zakresie kategoryzacji jego charakterystyki środowiskowej dokonywanej przy użyciu metod analitycznych, a także w zakresie identyfikacji szkodliwych substancji oraz ich emisji do środowiska. Emisje te powiązano z konkretnymi produktami, procesami, a nawet surowcami koniecznymi do wytworzenia badanych materiałów. Uzyskana w ten sposób wiedza pozwala na dokonanie optymalizacji środowiskowej poprzez zastępowanie i korygowanie procesów, materiałów lub surowców charakteryzujących się takimi negatywnymi emisjami, a także zwiększanie udziału składowych o pozytywnym charakterze generowanych oddziaływań.

Celem badania było wyznaczenie szczegółowych oddziaływań produktu wraz z wykazaniem odpowiedzialnych substancji oraz zidentyfikowanie generujących je procesów w trakcie całego cyklu życia produktu. Dokładna weryfikacja szkód środowiskowych wywoływanych przez system produktu pozwala na podejmowanie konkretnych kroków zapobiegawczych. Celem pośrednim pracy było umożliwienie wyznaczenia kroków naprawczych dla produktu poprzez wskazanie obszarów szczególnie narażonych na negatywne skutki środowiskowe ze strony produktu i tym samym umożliwienie wykonania optymalizacji środowiskowej. Uzyskane wyniki mogą być szczególnie przydatne do ekoprojektowania, a także przy planowaniu kolejnych wersji urządzenia. Wykonanie szczegółowej analizy LCA pozwala na dogłębne poznanie charakteru wytwarzania produktu, a także na przedstawienie możliwości metody badawczej. Co więcej, na każdym z etapów można wykazać istotne aspekty, które na drodze różnorodnych działań powinno się stale ulepszać w ramach ciągłej poprawy jakości, niezależnie od hierarchii faz cyklu życia wyrobu.

Słowa kluczowe:
ocena cyklu życia, optymalizacja produktu

Abstract

This publication presents the options of life cycle assessment in terms of categorisation of the environmental characteristics of a product achieved through the analytical methods used, as well as in terms of the identification of harmful substances along with the route of emission into the environment. These emissions are linked to specific products, processes and even the raw materials necessary for the production of the materials studied. The knowledge gained in this way makes it possible to carry out environmental optimisation by replacing and correcting processes, materials or raw materials characterised by such negative emissions, as well as increasing the share of components with a positive character of the generated impacts.

The aim of the study was to determine the specific impacts of a product while indicating the substances responsible and identifying the processes that generate them throughout the product life cycle. Precise verification of the environmental damage caused by a product system allows specific preventive measures to be taken. The indirect aim of the study was to make it possible to determine corrective steps for the product by identifying areas that are particularly exposed to negative environmental effects from the product and thus make it possible to perform environmental optimisation. The results obtained can be particularly useful in the implementation of eco-design, as well as in planning future versions of the device. Carrying out a detailed LCA analysis enables an in-depth understanding of the nature of product manufacturing, as well as presenting the capabilities of the research method. Furthermore, in each of the stages identified, important aspects can be demonstrated which should be continuously improved through various measures as part of a continuous quality improvement process, regardless of the hierarchy of the phases of the product life cycle.

Keywords:
life cycle assessment, product optimisation

JEL: O31

Wprowadzenie

Ocena cyklu życia jako metoda wielowymiarowej analizy bardzo szczegółowych oddziaływań i współzależności pozwala na wielowątkową interpretację wyników badań. Analizowane przypadki systemów produktów, procesów lub substancji można przedstawiać w różnorodny sposób, zyskując nowe możliwości analityczne. Tak szeroka perspektywa sprzyja pojawianiu się nowych spostrzeżeń, a także odkrywaniu nowych zależności między cechami produktów, procesów oraz technologii. Pozwala również na bardzo szeroką analizę badanych zagadnień i rozbijanie ich na czynniki pierwsze podczas etapu inwentaryzacji (Rychwalski, 2020, s. 119).

Niniejsza publikacja przedstawia możliwości oceny cyklu życia produktu w zakresie kategoryzacji jego charakterystyki środowiskowej dokonywanej przy użyciu metod analitycznych, a także w zakresie identyfikacji szkodliwych substancji oraz ich emisji do środowiska. Emisje te zostają powiązane z konkretnymi produktami, procesami, a nawet surowcami koniecznymi do wytworzenia badanych materiałów. Uzyskana w ten sposób wiedza pozwala na dokonanie optymalizacji środowiskowej poprzez zastępowanie i korygowanie procesów, materiałów lub surowców charakteryzujących się negatywnymi emisjami, zwiększanie udziału składowych o pozytywnym charakterze generowanych oddziaływań, a także odpowiednie zastosowanie logistyki zwrotnej (Jeszka, 2014).

Cel i zakres badania

Celem badania było wyznaczenie szczegółowych oddziaływań produktu wraz z wykazaniem substancji odpowiedzialnych za te oddziaływania oraz zidentyfikowanie generujących je procesów w trakcie całego cyklu życia produktu. Dokładna weryfikacja szkód środowiskowych wywoływanych przez system produktu pozwala na podejmowanie konkretnych kroków zapobiegawczych (Adamczyk i Nitkiewicz, 2008). Celem pośrednim pracy było umożliwienie wyznaczenia kroków naprawczych dla produktu poprzez wskazanie obszarów szczególnie narażonych na negatywne oddziaływania środowiskowe ze strony produktu i tym samym umożliwienie wykonania optymalizacji środowiskowej etapu produkcji, ograniczeń emisji w trakcie użytkowania, a także wdrożenia odpowiednich rozwiązań logistyki zwrotnej (Puzio, 2018) dla zagospodarowania końcowego (Nitkiewicz, 2011). Uzyskane wyniki mogą być szczególnie przydatne do ekoprojektowania, a także przy planowaniu kolejnych wersji urządzenia (Rychwalski, 2019). Wykonanie szczegółowej analizy LCA pozwala na dogłębne poznanie charakteru wytwarzania produktu, a także na przedstawienie możliwości metody badawczej. Co więcej, na każdym z etapów można wykazać istotne aspekty, które na drodze różnorodnych działań powinno się stale ulepszać w ramach ciągłej poprawy jakości, niezależnie od hierarchii faz cyklu życia wyrobu (Wawak, 2004, s. 672).

Badanie przedstawia ocenę cyklu życia zasilacza komputerowego wraz z oceną wpływu, czyli określeniem jego oddziaływań środowiskowych. Autor podejmuje się identyfikacji procesów i przyporządkowania im generowanych emisji na różnych etapach produkcji i przygotowania materiałów. Ocena cyklu życia jako metoda badawcza pozwala na uwidocznienie ogólnego charakteru oddziaływań całego cyklu życia produktu. Autor skupia uwagę na analizie produkcji badanego urządzenia i poszukiwaniu wspólnych uwarunkowań różnorodnych etapów i procesów, które mogą stanowić podstawę efektywnej poprawy cech środowiskowych produktu. Niniejsza publikacja koncentruje się na omówieniu badań fazy produkcji jako najbogatszej w dane źródłowe, ale także najbardziej skomplikowanej w cyklu życia badanego produktu.

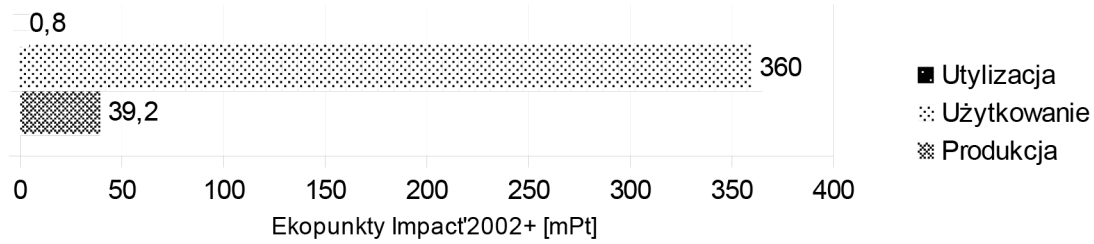
Metodyka

Badanie wykonano z zastosowaniem metody oceny cyklu życia z uwzględnieniem etapu inwentaryzacji wejść i wyjść systemu produktu, oceny wpływu, a także normalizacji wyników środowiskowych w celach porównawczych (Goedkoop i in., 2013, s. 30). Dzięki inwentaryzacji wielu wejść i wyjść procesów produkcji to właśnie ta faza umożliwia najbardziej dokładne zbadanie zachodzących zjawisk. Badanie każdej z faz podlegało ocenie wpływu w ogólnych kategoriach szkód środowiskowych, a na końcu etapu oceny wyznaczono wartość punktową przy użyciu metody Impact'2002+ (Jolliet i in., 2003) oraz oprogramowania wspomagającego oceny LCA (Rychwalski, 2013). Dla wyróżniających się wysokimi wynikami kategorii szkód środowiskowych o znaczącym wpływie dokonano dalszych analiz służących określeniu dokładnego charakteru oddziaływania, posługując się przyporządkowaniem wpływów do szczegółowych podkategorii szkód. Dokonano również identyfikacji substancji odpowiadających za istotne szkody. W każdym z poznanych etapów wykazano aspekty, które na drodze wskazanych działań powinny być stale udoskonalane, niezależnie od dominacji jednej z faz cyklu życia produktu.

Wyniki

Oddziaływania środowiskowe badanego produktu wyznaczono w podziale na trzy fazy cyklu życia. Analizując poszczególne z nich, łatwo zauważyć, że to faza użytkowania niesie ze sobą największe presje śro-

Rysunek 1
Ogólny wynik oceny szkód środowiskowych produktu z podziałem na fazy cyklu życia



Źródło: opracowanie własne.

dowiskowe, stanowiące wielokrotność pozostałych wyników, a ich wartość wynosi 360 mPt (podobnie Czaplicka i in., 2002) (rysunek 1). Tak dominujący charakter w stosunku do pozostałych faz ma swoje źródło przede wszystkim w długim czasie trwania tej fazy. Etap ten jest związany z co najmniej kilkoma podstawowymi oddziaływaniami, takimi jak: oddziaływania pola elektromagnetycznego, wydzielanie ciepła, generowanie hałasu, a także kluczowe oddziaływanie — zużywanie energii elektrycznej. Pozostałe wymienione oddziaływania nie osiągają w badaniu progu istotności, dlatego też głównym oddziaływaniem fazy użytkowania pozostaje zużycie energii elektrycznej (podobnie Ciroth i Franze, 2011, s. 69).

Nie mniej istotna jest faza produkcji, która dla badanego produktu jest z całą pewnością najbardziej skomplikowanym etapem jego życia, a jednocześnie jest najdokładniej udokumentowana w literaturze. Struktura wyników produkcji wiąże się ze złożonością konstrukcji, a także dodatkowych elementów, koniecznych do prawidłowego działania urządzenia zgodnie z przeznaczeniem, a także do spełnienia wymogów Unii Europejskiej. Najniższą wartość punktową wyników wpływu osiąga utylizacja. Z pewnością nie bez znaczenia pozostają charakterystyczne dla sprzętu elektronicznego regulacje prawne związane z ponownym wykorzystaniem lub recyklingiem elementów. Pozytywny aspekt logistyki zwrotnej zmniejsza sumę negatywnej punktowej oceny oddziaływania fazy utylizacji. Ponowne użycie lub przetworzenie elementów, materiałów lub części urządzenia nie tylko zmniejsza ilość odpadów oraz oddziaływania wynikające z transportu, ale także ogranicza zużycie surowców naturalnych, a także niejednokrotnie jest mniej energochłonne niż wytwarzanie z surowców pierwotnych.

Tabela 1
Ocena ogólnych kategorii oddziaływania

Kategoria szkód	Produkcja zasilacza [mPt]
Razem	39,233937
Zdrowie ludzkie	18,636848
Jakość ekosystemu	3,683027
Zmiany klimatu	8,427836
Zubożenie zasobów	8,486226

Źródło: opracowanie własne.

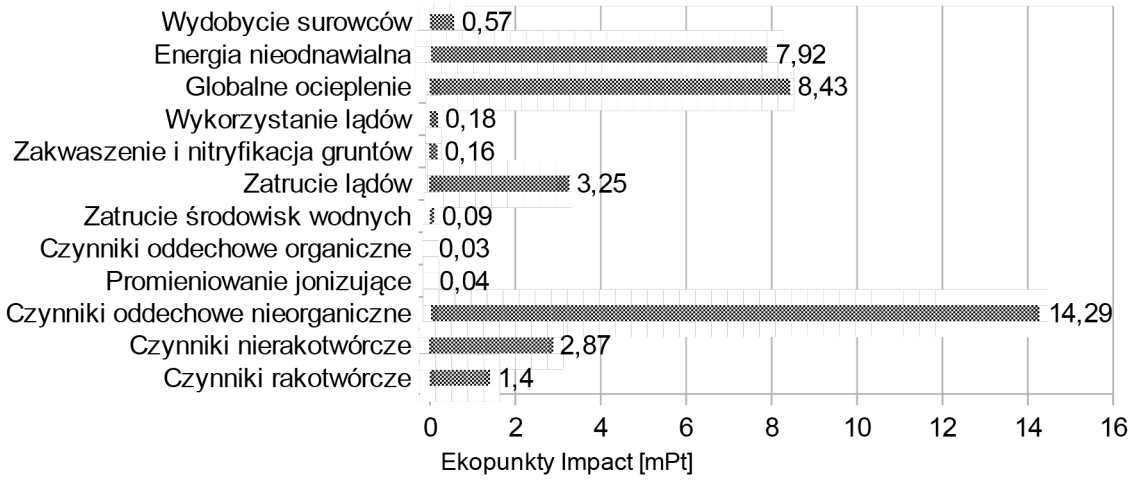
Wyniki w podkategoriach szkód środowiskowych

Ogólny wynik środowiskowy przeprowadzonej analizy cyklu życia wyrobu przedstawiono za pomocą czterech głównych kategorii szkód środowiskowych (tabela 1). W ramach wykorzystywanej metodyki IMPACT'2002 wyniki analizy rozdzielono na 14 podkategorii szkód środowiskowych, a wykorzystane oprogramowanie w stosunku do obranej metody wyszczególnia dodatkowo podkategorię toksyczności rakotwórczej i nierakotwórczej (rysunek 2). Podkategorie szkód mają za zadanie uszczegółowić zachodzące oddziaływania, jednakże w przedstawionym przypadku tylko część z nich przybiera znaczące wartości.

W badanym przypadku produkcji zasilacza komputerowego wyróżniają się szczególnie trzy podkategorie wpływające na zdrowie ludzkie: nieorganiczne czynniki oddechowe, toksyczne czynniki rakotwórcze i nierakotwórcze. Natomiast w ramach kolejnej głównej kategorii szkód, tj. zubożenia zasobów, największe znaczenie mają podkategorie związane z wykorzystaniem energii nieodnawialnej oraz pozyskaniem surowców pierwotnych. Na zmiany klimatu znacząco oddziałuje podkategoria globalnego ocieplenia. Na ostatnią, czwartą główną kategorię szkód, którą jest jakość ekosystemu, największy wpływ wywiera czynnik zatrucia lądów (rysunek 2).

Analizując znormalizowane wyniki, można zaobserwować, że najwyższy wskaźnik notują oddechowe czynniki nieorganiczne, co mogłoby tłumaczyć wysokie w stosunku do pozostałych kategorii wskazania związane z zagrożeniem zdrowia ludzkiego. Poza czynnikami oddechowymi na wynik w kategorii zdrowia ludzkiego wpływają także podkategorie dotyczą-

Rysunek 2
Wyniki oddziaływań produkcji zasilacza w podkategoriach szkód IMPACT'2002



Źródło: opracowanie własne.

ce toksyczności rozbite w tym przypadku na czynniki rakotwórcze i nierakotwórcze, a następnie radiację jonizującą, ubytek warstwy ozonowej oraz utlenianie fotochemiczne. Wyniki oddziaływania kategorii przeliczono na wspólną jednostkę (miliekopunkty [mPt]), a ich udział w wyniku skumulowanym przedstawiono na rysunku 2.

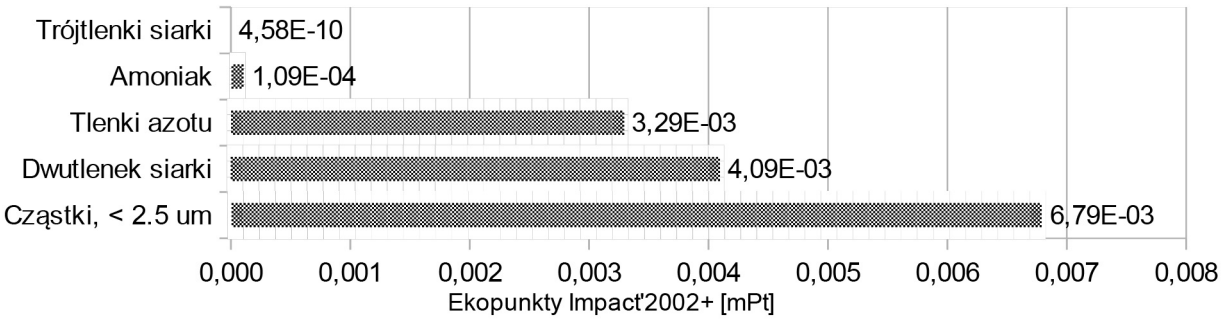
Identyfikacja szkodliwych substancji

Spośród źródeł generowania oddechowych czynników nieorganicznych największe szkody powoduje emitowanie do powietrza substancji wyszczególnionych na rysunku 3.

W największym stopniu emitowane są do atmosfery małe cząstki nieorganiczne o wielkości mniejszej niż 2,5 μm, tworzące w efekcie pyły zawieszone. Po przeliczeniu wyników dowiadujemy się, że odpowiadają one za 47,5% oddziaływań nieorganicznych czynników oddechowych. Emisja dwutlenku siarki stanowi 28,6% ogółu nieorganicznych czynników oddechowych, natomiast emisja tlenków azotu — 23,1%. Pozostałe dwie emisje — amoniaku oraz trójtlenku siarki — mają znacznie mniejszy udział w całkowitym oddziaływaniu czynników nieorganicznych, jest to odpowiednio 0,766% i 0,032%.

Podjęto działania mające na celu identyfikację pochodzenia emisji generowanych w czasie produkcji urządzenia. Dokonano powiązania emitowanych substancji z pojedynczymi procesami wytypowanymi spośród wszystkich procesów zachodzących podczas produkcji. W ramach typowania procesów biorących udział w wymienionych emisjach przyjęto próg udziału w emisji w wysokości 1%.

Rysunek 3
Substancje o największym udziale wśród oddechowych czynników nieorganicznych



Źródło: opracowanie własne.

Identyfikacja istotnych źródeł oddziaływań środowiskowych w procesach produkcji

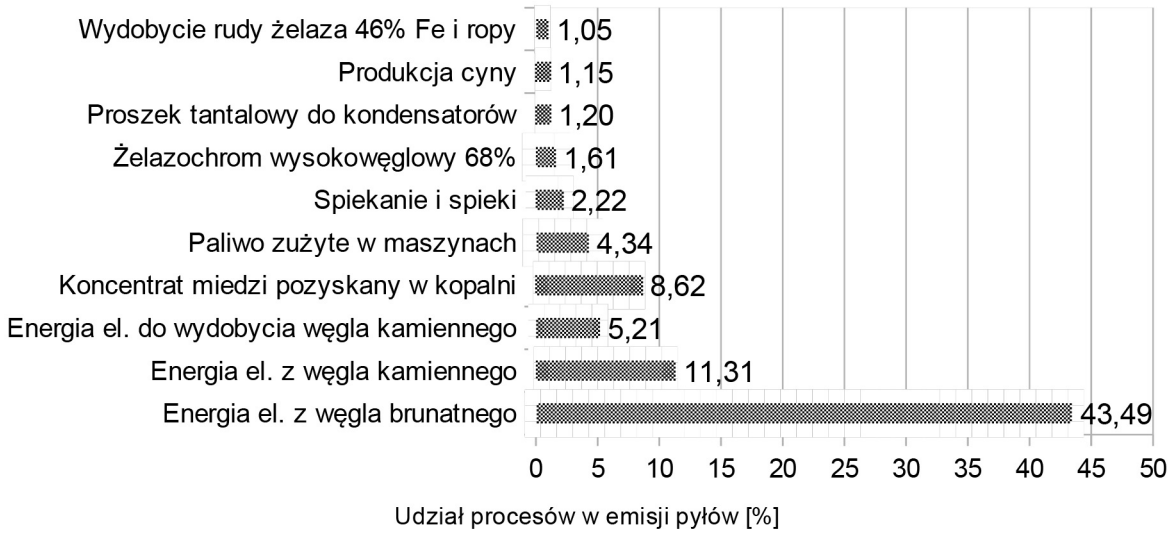
Znając udział najistotniejszych emisji składających się na kategorię głównych oddziaływań, w pierwszej kolejności przedstawiono procesy powodujące emisję cząstek nieorganicznych do atmosfery (rysunek 4).

Na podstawie przedstawionych danych powiązano emisję cząstek nieorganicznych o rozmiarze mniejszym od 2,5 μm z wytwarzaniem energii elektrycznej na bazie węgla brunatnego oraz węgla kamiennego oraz jej zużywaniem. Podstawowe procesy wytwarzania energii elektrycznej powodują co najmniej 60,01% emisji pyłów. Zdecydowanie większy udział w tym procesie ma węgiel brunatny, co wiąże się z charakterystyką produkcji energii elektrycznej dla Chin, a także uśrednionych wartości dla innych krajów biorących udział w produkcji samego wyrobu lub jego podzespołów. Jednakże do pozyskania węgla kamiennego również wykorzystywana jest energia elektryczna, która generuje w tym przypadku 5,21% emisji, a 8,62% przypada na pozyskanie miedzi. Pozostałe udziały związane są głównie z pozyskiwaniem i wykorzystaniem surowców nieodnawialnych, w tym metali w postaci rud w ramach produkcji podzespołów elektronicznych, cyny do lutowania oraz proszku tantalowego służącego do budowy kondensatorów. Ze względu na charakter procesów generujących drobne pyły do atmosfery i udział energii elektrycznej w wysokości co najmniej 60,01% można powiedzieć, że technologia wytwarzania prądu będzie miała kluczowe znaczenie dla wartości emitowanych pyłów.

Dla emisji dwutlenku siarki stanowiącej 28,6% emisji związanych z nieorganicznymi negatywnymi czynnikami oddechowymi rozkład procesów produkcyjnych i powiązanych przedstawia się w sposób ukazany na rysunku 5. Zastosowano próg udziału wyświetlanych procesów w wyniku ogólnym w wysokości 1%, co pozwala na pokrycie 75,2% emisji dwutlenku siarki do atmosfery.

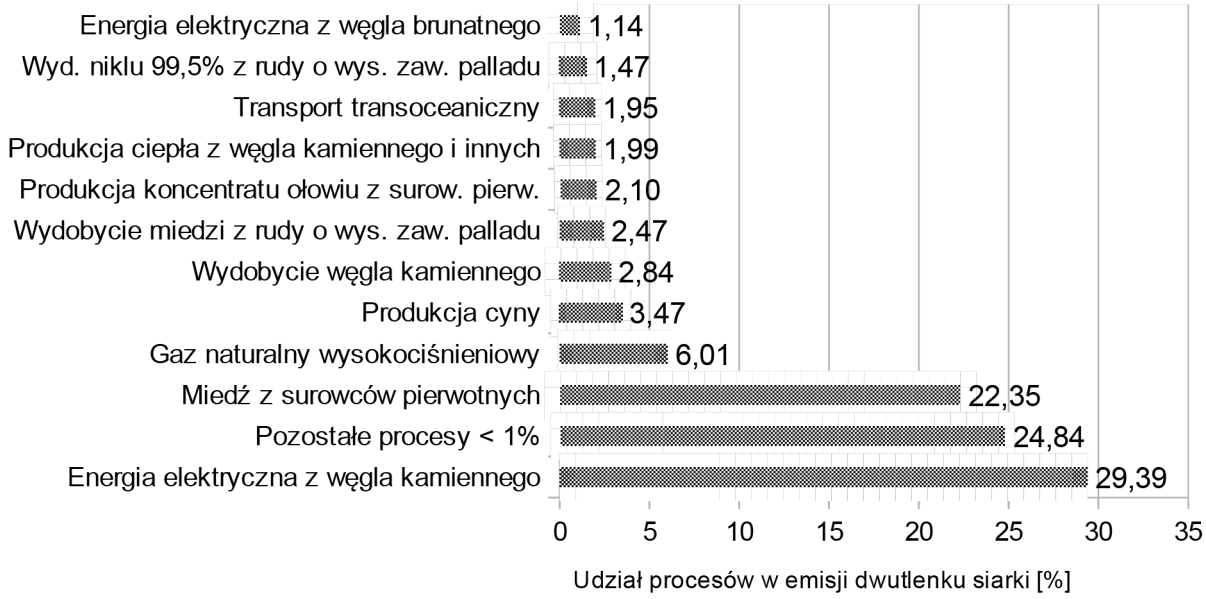
Pośród najistotniejszych procesów związanych z wytwarzaniem omawianych wyrobów, poza procesami o udziale w emisji dwutlenku siarki mniejszym niż 1% składającymi się sumarycznie na 24,84%, największe znaczenie mają: wykorzystanie energii elektrycznej o udziale łącznym 30,53% oraz pozyskanie (2,47%) i wytwarzanie miedzi (22,35%) z surowców pierwotnych. Na podstawie uzyskanych danych (rysunek 5) stwierdzono stosunkowo duży udział wydobywania i przetwarzania metali ze źródeł pierwotnych, co pozwala na rozważenie włączenia do produkcji surowców wtórnych. Jednakże duże znaczenie ma również sposób wytwarzania energii elektrycznej, który jest geograficzne i infrastrukturalnie powiązany z wytwarzanym produktem. W analizowanym przypadku emisji dwutlenku siarki wykorzystanie energii elektrycznej wytwarzanej przy użyciu węgla kamiennego powoduje 29,39% emisji tychże zanieczyszczeń do atmosfery, zaś samo wydobycie węgla kamiennego generuje jeszcze dodatkowo 2,84%. Duży udział energii elektrycznej w procesach produkcyjnych trudno określić jednoznacznie jako czynnik negatywny. Charakter emisji zanieczyszczeń powstających z energii elektrycznej jest

Rysunek 4
Procesy powodujące emisję pyłów <2,5 μm do atmosfery



Źródło: opracowanie własne.

Rysunek 5
Procesy związane z emisją dwutlenku siarki do atmosfery



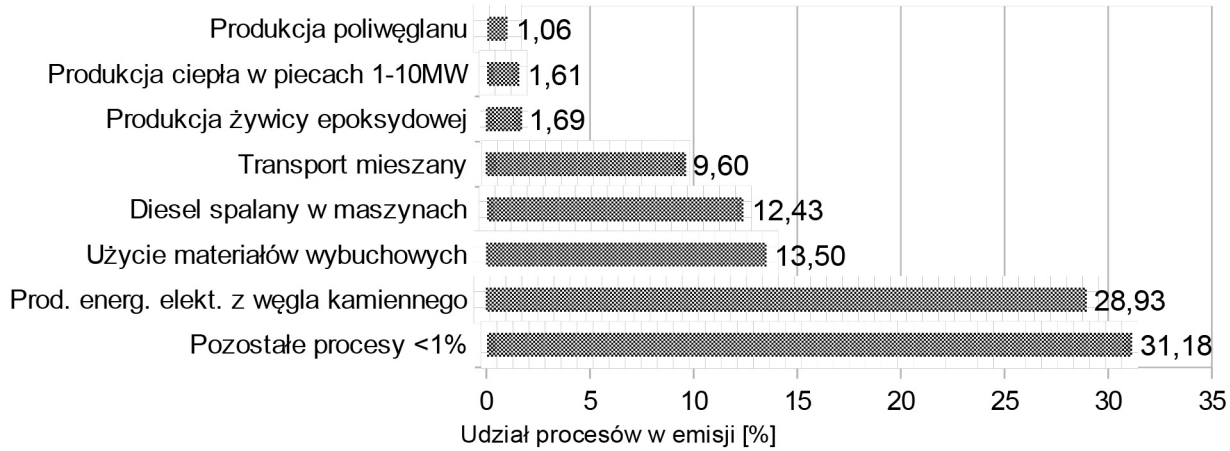
Źródło: opracowanie własne.

uzależniony od struktury jej produkcji dla danego regionu, dostępnych zasobów i technologii, a także polityki państwa. Można by zatem jedynie oczekiwać w polityce państwa lub regionu większego udziału energii pochodzącej ze źródeł odnawialnych.

Kolejnym istotnym źródłem emisji dwutlenku siarki do powietrza jest produkcja miedzi z surowców pierwotnych (22,35%). Wyróżniającymi się na tle pozostałych procesami są również wykorzystanie gazu naturalnego wysokociśnieniowego i jego produkcja (6,01%). Analizując wyszczególnione wyniki, można by zaproponować podjęcie próby zwiększenia udziału metali pochodzących z recyklingu zamiast z surowców pierwotnych, ponieważ ze względu na zmierzony udział emisji przyczyniłoby się to do pewnej poprawy wyników środowiskowych.

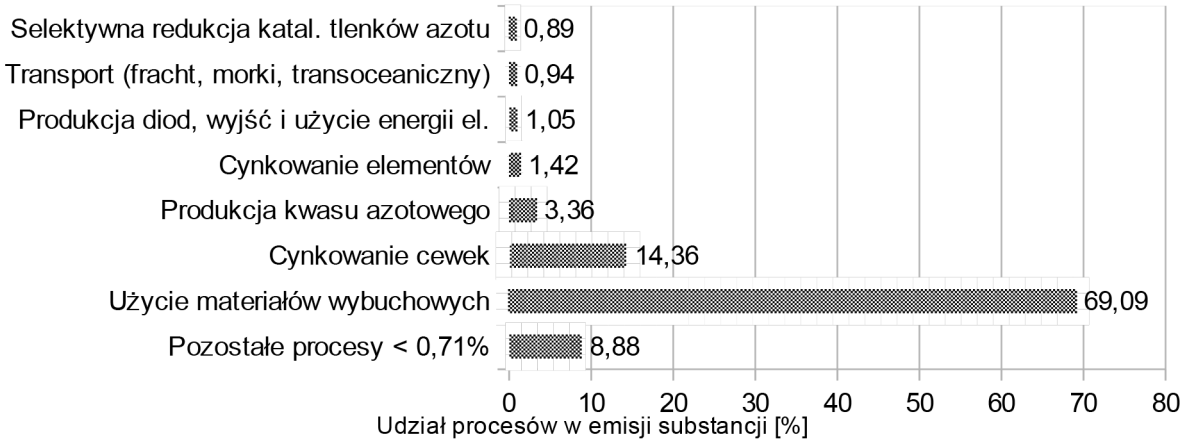
Następną grupą substancji emitowanych w ramach nieorganicznych czynników oddechowych są tlenki azotu. Procesy będące źródłem ich emisji przedstawiono na rysunku 6. Te mające z osobna mniej niż 1-procentowy udział w emisji sumarycznie odpowiadają za 31,18% emitowanych tlenków azotu. Jeśli chodzi o pozostałe procesy, emisja tlenków azotu wiąże się w największym stopniu z produkcją energii

Rysunek 6
Procesy produkcyjne związane z emisją tlenków azotu w ramach kategorii nieorganicznych czynników oddechowych



Źródło: opracowanie własne.

Rysunek 7
Procesy produkcyjne związane z emisją amoniaku



Źródło: opracowanie własne.

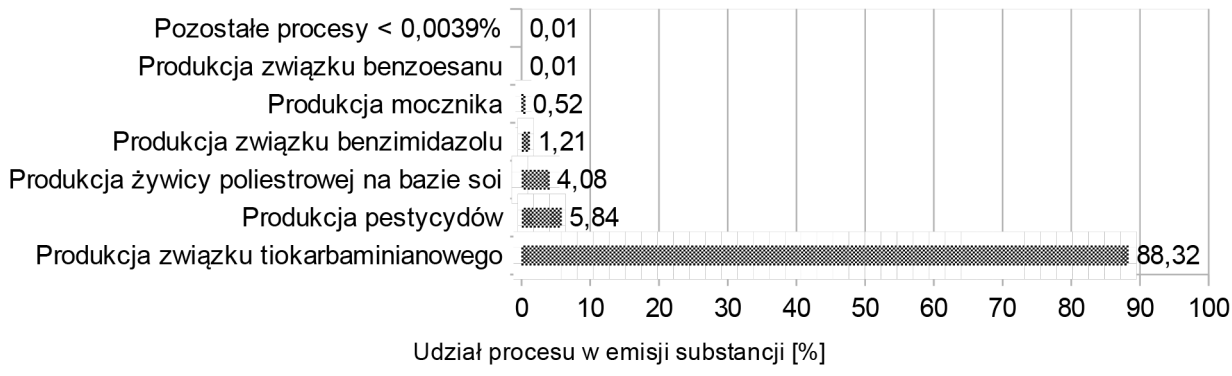
elektrycznej z węgla kamiennego, która odpowiada za 28,93% tych zanieczyszczeń w atmosferze. Kolejny pod względem wielkości udział w emisji ma proces związany z wykorzystaniem materiałów wybuchowych (13,5%), co również wiąże się z wytwarzaniem energii. Materiały wybuchowe są wykorzystywane przede wszystkim przy wydobyciu węgla kamiennego, a także wszelkich metali potrzebnych do produkcji badanego produktu, czyli miedzi, żelaza, złota itp. Spalanie oleju napędowego w maszynach odpowiada za 12,43% emisji tlenków azotu, a różnego rodzaju transport za 9,6%. Pozostałe procesy o mniejszym wpływie to produkcja żywicy epoksydowej (1,69%), produkcja ciepła w piecach przemysłowych (1,61%) oraz produkcja poliwęglanu (1,06%).

Kolejną substancją wyszczególnioną w wynikach środowiskowych przedstawionych na rysunku 3 jest emisja amoniaku do atmosfery, której 91,12% powoduje 10 procesów produkcyjnych wskazanych na rysunku 7.

W emisji amoniaku do powietrza zdecydowanie największy udział (69,09%) ma wydobywanie surowców kopalnych z użyciem materiałów wybuchowych. Procesy cynkowania, które łącznie odpowiadają za 15,78% emisji, plasują się na drugim miejscu. Pozostałe procesy o jednostkowym udziale mniejszym niż 0,71% łącznie generują 8,88% emisji tego zanieczyszczenia i zajmują trzecią pozycję wśród wyszczególnionych oddziaływań. Zdecydowanie mniejsze wartości przyjmują inne wymienione procesy, którymi są: produkcja kwasu azotowego (3,36%), produkcja diod (1,05%), transport (0,94%) oraz redukcja katalityczna tlenków azotu (0,89%).

Podczas realizacji procesów produkcyjnych ma miejsce również emisja trójtlenku siarki (0,032%). Stanowi ona piątą wyszczególnioną substancję o dużej emisji w grupie nieorganicznych czynników oddechowych (rysunek 3). Z kolei nieorganiczne czynniki oddechowe mają w przypadku badanych produktów decydujące znaczenie jako składnik oddziaływań na zdrowie ludzkie (rysunek 2). Badania dowodzą, że emisja trójtlenku siarki do atmosfery jest wywołana przede wszystkim przez procesy produkcji związku tiokarbaminianowego powodujące 88,33% emisji (rysunek 8).

Rysunek 8
Procesy produkcyjne związane z emisją trójtlenku siarki



Źródło: opracowanie własne.

Poza produkcją tiokarbaminianów, procesy, które osiągają istotne wartości emisji, mają związek z produkcją pestycydów (5,84%) oraz produkcją żywicy poliestrowej na bazie soi (4,08%), a także związków benzimidazolu (1,21%). Pozostałe procesy produkcyjne, odpowiadające za mniej niż 1% emisji trójtlenków siarki, to: produkcja mocznika (0,52%), produkcja związków benzoesanu (0,01%) oraz produkcja pozostałych związków, które pojedynczo osiągają udziały nie większe niż 0,0039% (0,01%).

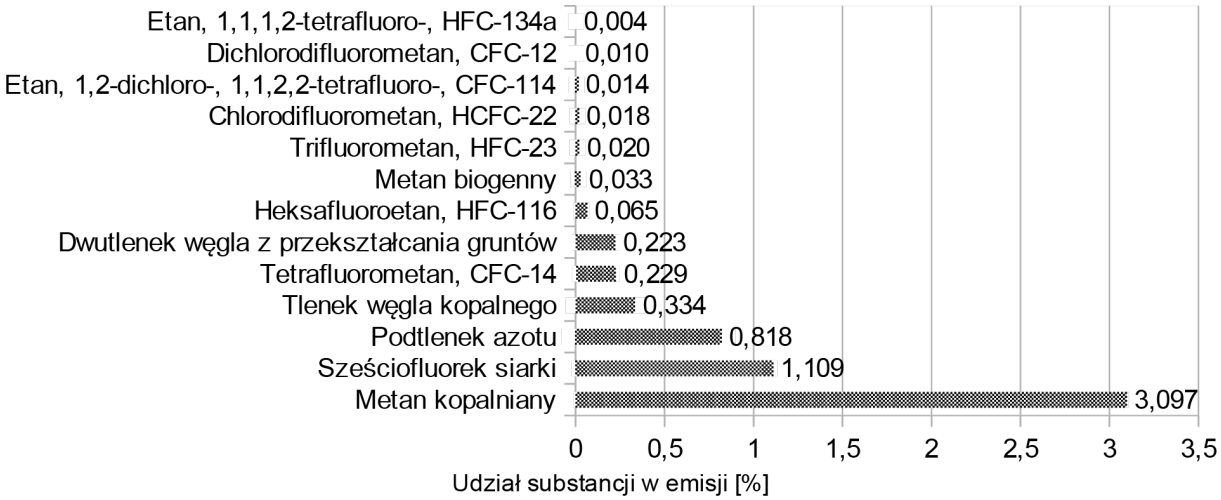
Globalne ocieplenie

Globalne ocieplenie stanowi drugi co do wielkości (21,5%) skutek emisji zanieczyszczeń generowanych do środowiska w efekcie wytwarzania analizowanego produktu. Oddziaływanie związane z wpływem na globalne ocieplenie ma nieco prostszą strukturę niż oddziaływanie nieorganicznych czynników oddechowych. W tym przypadku głównym źródłem tego oddziaływania, odpowiadającym w 94% za globalne ocieplenie, jest emisja do powietrza dwutlenku węgla. Pozostałe 5,99805% obejmuje substancje przedstawione na rysunku 9, zaś 0,00195% to sumaryczny efekt emisji innych substancji, których jednostkowe udziały nie przekraczają 0,001%.

Wpływ na globalne ocieplenie poza dwutlenkiem węgla, generującym to zjawisko w 94%, rozkłada się na metan kopalniany (3,097%), sześciofluorek siarki (1,109%), podtlenek azotu (0,818%) i pozostałe związki uwidocznione na rysunku 9. Kluczowe oddziaływanie dwutlenku węgla ma swoje źródło w szeregu różnych procesów wytwórczych oraz współbieżnych. Z powodu ich dużej liczby i różnorodności zastosowano sumaryczne ujęcie bez podziału geograficznego źródeł ich powstawania. Ze względu na konieczność zachowania czytelności rysunku 10 proces o największym udziale nie został na nim uwzględniony. Tym procesem jest produkcja energii elektrycznej z węgla kamiennego, która odpowiada za 38,85% emisji wyszczególnionej ilości dwutlenku węgla do atmosfery. Ponadto 29,34% tejże emisji spowodowały pojedyncze niewyszczególnione procesy, które jednostkowo nie generują więcej niż 0,47% przedstawionej emisji. Pozostałą część procesów pokazano na rysunku 10.

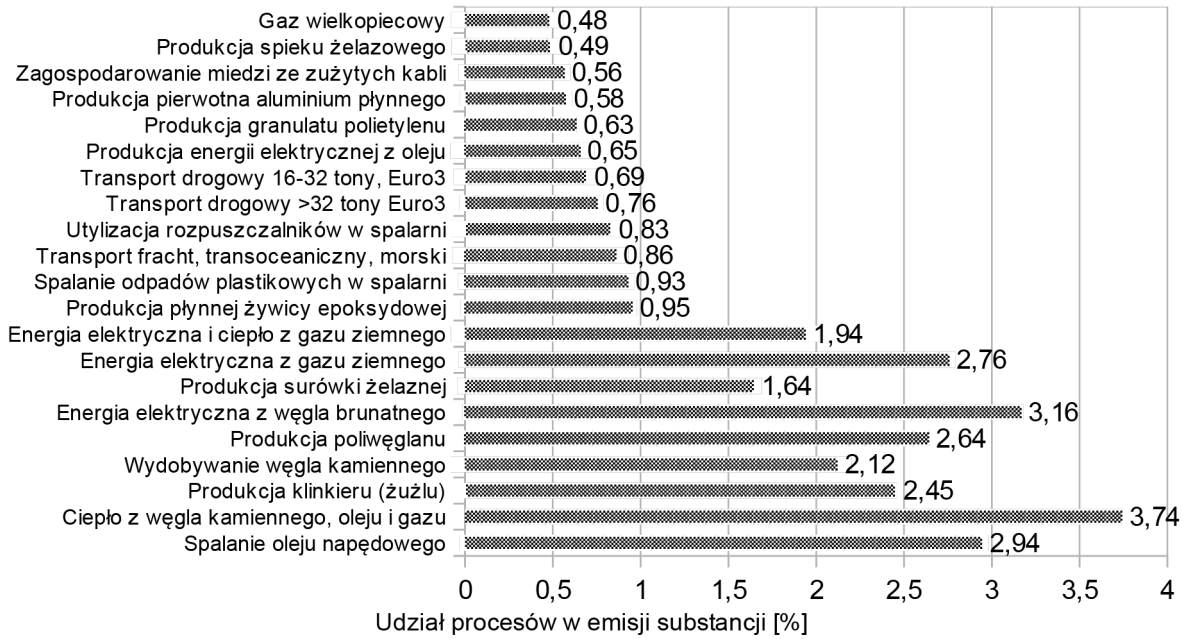
Najwyższą wartość udziału (3,74%) notuje przemysłowa produkcja ciepła jako proces łączący trzy źródła wytwarzania: węgiel kamienny, olej opałowy i gaz ziemny. W ramach produkcji ciepła współistnieje także drugi proces, polegający na równoczesnej produkcji ciepła i energii elektrycznej, w którym używa się gazu ziemnego (1,94%). Poza dominującą rolą produkcji energii elektrycznej z węgla kamiennego występuje także produkcja oparta na węglu brunatnym odpowiadająca za 3,16% ogólnej emisji dwutlenku węgla pochodzącej z procesów produkcji. Energia elektryczna wytwarzana jest jeszcze z dwóch źródeł, którymi są: gaz ziemny (2,76%) oraz olej (0,65%). W związku z tym, uwzględniając łączny udział produkcji energii elektrycznej pochodzącej z różnych źródeł, włączając w to również koprodukcję z wytwarzaniem ciepła, jej udział wzrasta do 47,37%. Jak łatwo zauważyć, sposób produkcji energii elektrycznej w danym regionie ma zatem bardzo istotne znaczenie dla emisji powodujących efekt cieplarniany, co wiąże się bezpośrednio z procesami produkcji badanego urządzenia.

Rysunek 9
Oddziaływanie emisji poszczególnych substancji na globalne ocieplenie poza dwutlenkiem węgla



Źródło: opracowanie własne.

Rysunek 10
Globalne ocieplenie — główna emisja dwutlenku węgla w produkcji



Źródło: opracowanie własne.

Spośród wymienionych procesów generujących największe emisje dwutlenku węgla wiele bazuje na węglu kamiennym, którego pozyskiwanie wymaga ponoszenia dalszych nakładów pracy i energii (2,12%), oraz na ropie naftowej wykorzystywanej jako paliwo w silnikach maszyn (2,94%). Poza wymienionymi procesami istotne wartości emisji osiągają także powstawanie żużla (2,45%), produkcja poliwęglanu (2,64%), produkcja surówki żelaza 1,64%, a także transport drogowy (0,76% i 0,69%).

Metan kopalniany

Drugim głównym gazem wpływającym na globalne ocieplenie jest metan kopalniany. Głównym źródłem emisji metanu kopalnianego (3,097%) jest wydobycie surowców pierwotnych w kopalniach, w tym węgla kamiennego, miedzi, żelaza, itp.

W celu ograniczenia tej emisji dobrym rozwiązaniem byłoby zastosowanie systemów wyłapywania metanu w kopalni w połączeniu z możliwością gromadzenia go do późniejszego wykorzystania jako potencjalnego źródła energii. Rozwiązanie to mogłoby obniżyć poziom emisji tego gazu cieplarnianego, podnieść poziom bezpieczeństwa w kopalni, rozwiązując przy tym problem zagrożenia eksplozją, a także pozwolić na oszczędność energii dzięki wykorzystaniu metanu.

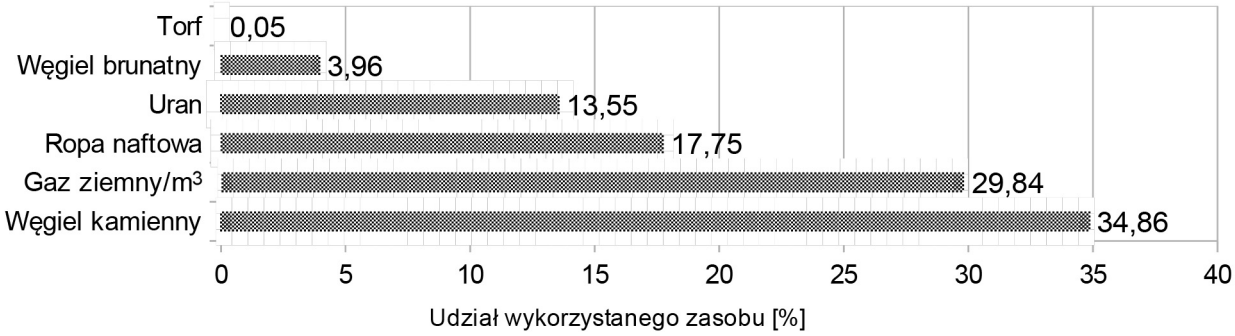
Energia nieodnawialna

Trzecią z głównych podkategorii oddziaływań produkcji zasilacza o udziale 20,2% jest wykorzystanie energii nieodnawialnej. Kategoria ta już z definicji odnosi się do procesów związanych z wytwarzaniem energii, a zatem istotność tej kwestii wciąż zyskuje na znaczeniu. Kategoria nieodnawialnych źródeł energii odnosi się do paliw kopalnych, w tym węgla kamiennego, brunatnego, ropy naftowej, gazu naturalnego, uranu i torfu, których odnowienie dla kolejnych pokoleń nie jest możliwe. Wykorzystywane źródła energii nieodnawialnej w rozkładzie procentowym przedstawiono na rysunku 11.

Poszczególne wartości dla źródeł energii nieodnawialnej odzwierciedlają ich procentowe udziały w wyniku środowiskowym podkategorii wykorzystania energii nieodnawialnej w fazie produkcji wyrobu. Bezwzględne wartości wyników odnoszące się do badania cyklu życia i szkód środowiskowych wykonanego według metodyki IMPACT'2002+ dla fazy produkcji przedstawiono w tabeli 2.

W Europie od dłuższego czasu walczy się o stosowanie i zwiększanie udziału energii odnawialnej w systemach wytwarzania energii, co z pewnością jest drogą do zmniejszenia udziału tej kategorii w wyniku ogólnym jako czynnika produkcji, a także ma za zadanie zapewnić przyszłym pokoleniom lepszy byt i większe możliwości korzystania z zasobów. Spośród wykorzystanych surowców największy

Rysunek 11
Wykorzystanie źródeł energii nieodnawialnej w produkcji wyrobu



Źródło: opracowanie własne.

Tabela 2
Wartości energii nieodnawialnej wykorzystane w produkcji wyrobów

Energia nieodnawialna	Produkcja zasilacza [MJ]
Węgiel kamienny	419,4466423270
Gaz ziemny	359,1080542780
Ropa naftowa	213,6047584031
Uran	163,0082995111
Węgiel brunatny	47,6494170838
Torf	0,5526906966

Źródło: opracowanie własne.

udział w produkcji energii nieodnawialnej ma węgiel kamienny, co znajduje swoje odzwierciedlenie w wynikach procesów i innych oddziaływaniach, które przedstawiono w ramach niniejszej analizy. Taki rozkład udziałów obserwujemy np. w badaniu źródeł emisji dwutlenku węgla, a także nieorganicznych czynników oddechowych. W kategoriach szczególnie związanych z emisjami do atmosfery pojawiają się również pozostałe spalane surowce, czyli gaz ziemny, ropa naftowa, a także węgiel brunatny. Emisje te są powodem coraz głośniejszych postulatów o zastępowaniu tradycyjnych źródeł energii źródłami odnawialnymi z wykorzystaniem dostępnych i rozwijanych technologii.

Udział łączny poszczególnych procesów produkcyjnych w wyniku ogólnym

Omawiane wyniki pokazują udział procesów wytwórczych w emisji pojedynczych substancji. Dla zapewnienia pełniejszego obrazu wpływu procesów wytwórczych zasilacza komputerowego przedstawiono procesy wytwarzania z sumarycznym udziałem związanych z nimi emisji. Uwzględnienie wszelkich oddziaływań pozwala na uszeregowanie procesów według wpływu emisji na środowisko.

W kolejnych etapach badania cyklu życia w fazie produkcji można dodatkowo wyszczególnić elementy zasilacza o największym znaczeniu środowiskowym. Elementy składowe podzielono na trzy główne grupy o łącznym istotnym wpływie na otoczenie. Grupą określono zbiór elementów tworzących część lub całość nowego podzespołu wchodzącego w skład modułów zasilacza. Na tak wyodrębnione grupy rozłożono poszczególne oddziaływania środowiskowe wyszczególnione za pomocą oprogramowania komputerowego służącego do przeprowadzania analiz cyklu życia wyrobów. Zakładając pięcioprocentowy próg istotności badanych wpływów i umożliwiając tym samym czytelne wyodrębnienie głównych oddziaływań, wyszczególniono: płytkę drukowaną zawierającą ołów, płytkę drukowaną niezawierającą ołowiu oraz okablowanie izolowane wraz z wtykami. Procentowy udział tychże elementów w całkowitym wyniku fazy produkcji zawarto w tabeli 3.

Analizując wartości przedstawione w tabeli 3, można wywnioskować, że największymi wpływami środowiskowymi (2,45 mPt) charakteryzuje się płytka PCB zawierająca ołów, co uwidoczniono poprzez odniesienie badanego wyniku do tej samej masy elementu (100 g). Jednakże najwyższy wynik w ramach porównania trzech głównych elementów wykazuje płytka drukowana bez ołowiu, ponieważ charakteryzuje się najwyższą masą spośród wymienionych elementów. Największe obciążenie w ramach produkcji części bezołowiowej płytki PCB niesie ze sobą wytworzenie pierścieniowej cewki indukcyjnej na rdzeniu ferrytowym (2,37 mPt), co jest związane z koniecznością pozyskania miedzi (1,36 mPt), a także z samymi procesami produkcyjnymi (1,95 mPt), w tym koniecznością wykorzystania w tych procesach energii elektrycznej pozyskiwanej w Chinach

Tabela 3
Udział oddziaływań środowiskowych kluczowych elementów wyrobu — wariant I

Nazwa części	Masa [kg]	Całkowity udział/ /produkcja wyrobu w ocenie środowiskowej[%/%]	Wynik [mPt]	Wynik [mPt na 0,1 kg produktu]
Perforowana płytka drukowana PCB bez ołowiu	0,423	56,7/56,6	10,1	2,39
Perforowana płytka drukowana PCB z ołowiem	0,181	24,9/24,9	4,44	2,45
Okablowanie izolowane z wtykami	0,194	9,95/9,87	1,76	0,91

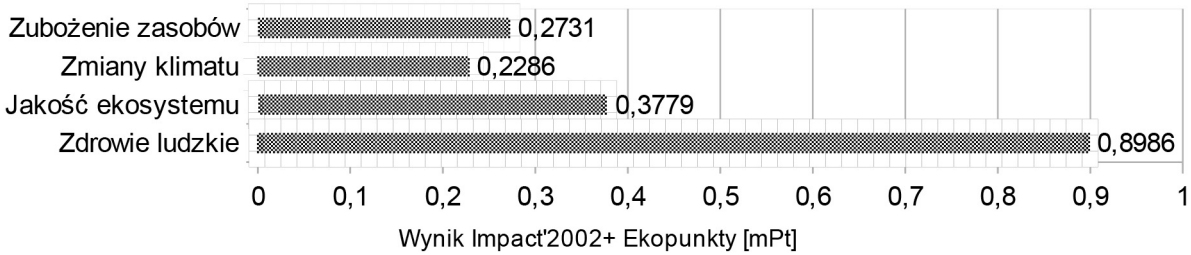
Źródło: opracowanie własne.

(1,11 mPt). Drugim elementem pod względem wielkości oddziaływania jest laminat PCB (1,18 mPt), w którego produkcji również wykorzystuje się bezpośrednio energię elektryczną i miedź do wytworzenia ścieżek. W ramach produkcji zużyto 114 g miedzi, generując odpowiednio następujące wyniki: dla laminatu i cewki — 1,36 mPt, dla produkcji tranzystora przewodowego dużego rozmiaru — 1,5 mPt. Pozostałe dwa elementy objętej analizą płytki drukowanej w wersji bezołowiowej o istotnych oddziaływaniach to wspomniany już tranzystor (1,5 mPt) oraz kondensatory tantalowe (1,11 mPt). Kondensatory tantalowe wymagają wytworzenia peryferiów i energii o oddziaływaniach ocenionych na 1,29 mPt, które jednak są wykorzystywane jeszcze przy innych drobnych elementach o znaczeniu oddziaływań poniżej założonego progu istotności.

Wyniki oddziaływania dla elementów obu wariantów płytki drukowanej tej samej masy wskazują zgodną z oczekiwaniami zależność między zawartością ołowiu w składzie spoiwa a podwyższonym wynikiem oddziaływań środowiskowych. Jednakże, podobnie jak to miało miejsce w wersji bezołowiowej, największym wpływem charakteryzuje się wytwarzanie pierścieniowej cewki indukcyjnej, a źródło tego wpływu to przede wszystkim znaczne ilości energii elektrycznej wykorzystywane w ramach chińskiej technologii wytwarzania cewek. Oddziaływania te zwiększa jeszcze konieczność zastosowania miedzi, a zatem wykorzystanie surowców nieodnawialnych, a także procesy i energia potrzebne do wydobycia, przygotowania i transportu surowca. Energia elektryczna w znacznej ilości konieczna jest również do wytworzenia kondensatorów tantalowych, a także samego laminatu PCB, czyli podłoża montażowego łączącego wszystkie elementy w jeden układ. Podłoże to obejmuje oczywiście wszystkie połączenia elektryczne między elementami w postaci ścieżek miedzianych, wykorzystuje zatem także pewną ilość miedzi. Natomiast największe wykorzystanie miedzi w przypadku komponentu bezołowiowej płytki drukowanej wiąże się z produkcją tranzystora przewodowego.

Ostatnim z wyszczególnionych wcześniej głównych podzespołów składowych jest izolowane okablowanie z elementami cynowanymi i wtykami. W kompletnym cyklu życia wyrobu, część oddziaływań pochodząca z produkcji okablowania stanowi 9,95% całości oddziaływań generowanych przez produkcję. Przy ograniczeniu istotności procesów produkcyjnych do 10% uwidoczniono 3 podstawowe procesy oddziaływań. Są to: pozyskanie surowca i produkcja płaszcza cynowego (49,7%), użycie miedzi (26,3%), a także montaż na płytce drukowanej PCB (13,1%). Pozostałe procesy o istotności mniej-

Rysunek 12
Wynik środowiskowy produkcji okablowania izolowanego wariantów I i II



Źródło: opracowanie własne.

szej niż 10% odpowiadają łącznie za 10,9% oddziaływań związanych z produkcją okablowania izolowanego dostępnego w zasilaczu komputerowym ATX (rysunek 12).

Oddziaływania związane z produkcją okablowania izolowanego występującego w zasilaczu komputerowym ATX w głównej mierze wpływają na zdrowie ludzkie (50,5%). Podstawowymi procesami produkcyjnymi wykazanymi w tym oddziaływaniu są: łączne pozyskiwanie i produkcja miedzi ze źródeł pierwotnych (14,42%), składowanie żużla hutniczego na składowisku odpadów resztkowych (13,2%), produkcja pierwotna cyny z koncentratu (7,22%), produkcja energii elektrycznej wysokiego napięcia z węgla brunatnego (6,08%), a także składowanie odpadów stałych z pyłoniestopowego, elektrycznego, stalowego pieca łukowego (5,85%). Wpływ na jakość ekosystemu stanowi 21,3% całości oddziaływań. Głównymi procesami mającymi wpływ na tę kategorię są: produkcja pierwotna cyny z koncentratu (41,4%), użycie materiałów wybuchowych (21,36%), wydobycie i produkcja miedzi (9,6%). Na zubożenie zasobów (15,4%) wpływają głównie: produkcja granulatu polietylenu (25,25%), wydobycie węgla kamiennego (7,52%) oraz wydobycie ropy naftowej i produkcja benzyny (7,08%). Globalne ocieplenie (12,9%) w przeważającej mierze (69,8%) ma swoje źródło w procesach, których istotność nie przekracza jednostkowo 5%. Wyodrębniono natomiast kilka procesów jednostkowych o największym udziale w tej kategorii i są to: produkcja energii elektrycznej z węgla kamiennego (13,5%), produkcja ciepła z węgla kamiennego w piecach przemysłowych (9,86%) oraz produkcja granulatu polietylenu dużej gęstości (6,87%).

Wnioski

Scharakteryzowano system oddziaływań produktu, a także procesy, substancje i źródła ich powstawania. O ile dla fazy użytkowania można zaobserwować dominujące wyniki oddziaływań środowiskowych, których głównym źródłem jest zużycie energii elektrycznej, tak dla pozostałych faz konieczne było przeprowadzenie szczegółowych analiz. Analizy te wykazały wysoką istotność wykorzystania energii elektrycznej nie tylko w fazie użytkowania, ale także w dużej mierze w fazie produkcji. W całym cyklu życia produktu faza użytkowania zasilacza komputerowego jest fazą o dominującym udziale w całkowitym oddziaływaniu środowiskowym. Odpowiada za 97,5% całkowitych emisji związanych z wyrobem, a podstawowym procesem generującym emisje jest zużycie energii elektrycznej. Oddziaływania fazy użytkowania powodują procesy związane z produkcją energii elektrycznej, wpływające w dużej mierze na zdrowie ludzkie. Sposób wytwarzania energii elektrycznej ma w przypadku badanego produktu kluczowe znaczenie w kwestii ilości i charakteru generowanych emisji.

Faza produkcji zasilacza, stanowiąca meritum niniejszej publikacji, dostarcza cennych i bogatych źródeł danych na temat generowanych oddziaływań. Kategorie szkód środowiskowych takie jak zubożenie zasobów nieodnawialnych, a także globalne ocieplenie w przeważającej części powiązane są z produkcją energii opartą na węglu. Najistotniejszy jednak w ocenie autora jest wpływ na zdrowie ludzkie wywierany przez oddechowe czynniki kancerogenne powodowane emisjami pyłów nieorganicznych do atmosfery. Wpływ ten ma nie tylko niekorzystne skutki zdrowotne, ale powoduje również obniżenie jakości życia w szczególności na obszarach bezpośrednio nim dotkniętych. W artykule zbadano również źródła emisji do atmosfery dwutlenku węgla oraz metanu powodujących globalne ocieplenie. Wykazane emisje mają związek z użyciem energii elektrycznej i cieplnej na różnych etapach produkcji urządzeń. Jest to energia wykorzystywana w trakcie wydobywania paliw kopalnych jednocześnie służących do równoczesnej produkcji energii i ciepła. Procesy wydobywcze charakteryzują się bowiem dużą energochłonnością. Emisja metanu do atmosfery także wynika z procesów wydobywania surowców pierwotnych, a emisja dwutlenku węgla oraz pyłów dotyczy głównie produkcji energii z węgla. Za trzecią istotną kategorię szkód uznano zużycie zasobów naturalnych w formie nieodnawialnych surowców mineralnych, a w szczególności węgla kamiennego, brunatnego oraz metali. Większość procesów wytwórczych oraz pozyskiwania substancji wykorzystywanych na etapie produkcji zasilacza komputerowego wiąże się bezpośrednio lub pośrednio z systemem wytwarzania energii elektrycznej w danym regionie. Dlatego istotnym aspektem pozostają starania o wytwarzanie energii ze źródeł czystych i odnawialnych w jak największym stopniu. Producent natomiast powinien zwracać uwagę na efektywność energetyczną stosowanych procesów, a także wytwarzanego produktu, aby zapewnić mu jak największy wskaźnik sprawności energetycznej. Wysoki wskaźnik sprawności zasilacza może pozwolić na zaoszczędzenie nawet 1,85 MWh w fazie użytkowania zasilacza podczas zasilania 150 watowego komputera przez 20 tysięcy godzin[1].

Zagospodarowanie końcowe produktu charakteryzuje się niedużymi oddziaływaniami ze względu na stosowanie logistyki zwrotnej w formie ponownego wykorzystania elementów i surowców. Działania te niwelują negatywne wyniki oceny środowiskowej, zmniejszając zużycie surowców, udział transportu, a także szkody w zdrowiu ludzkim wywoływane

przez wydobycie, produkcję energii i procesy powiązane. Wyższa ocena środowiskowa produktu oraz odpowiednie etykietowanie powinno przyczynić się do uzyskania przewagi konkurencyjnej na rynku i stanowić istotną zachętę dla potencjalnych nabywców produktu (Lysenko-Ryba, 2015).

Sposób wytwarzania energii elektrycznej i cieplnej charakteryzuje się dużym potencjałem możliwości zmian wyników środowiskowych etapu produkcji badanych zasilaczy w związku z korelacją tych dwóch czynników. Procesy produkcyjne są powiązane ze źródłami energii i ciepła w sposób bezpośredni. Wynikiem przeprowadzonych analiz są wnioski mówiące o ścisłym związku generowanych emisji ze sposobem produkcji energii elektrycznej oraz cieplnej w danym regionie, a także w miejscach wydobywania surowców. Jednocześnie można powiedzieć, że obranie kierunku wytwarzania energii elektrycznej z czystych źródeł odnawialnych przyniesie niejako automatyczną poprawę oddziaływania produkcji badanego urządzenia oraz wielu innych produktów. Oczywiście poprawi również wskaźniki mocno oddziałującej na środowisko fazy użytkowania. Dodatkowo udział metali z recyklingu powinien dopełnić poprawy efektów środowiskowych badanych procesów wytwarzania. Dokładne wartości poprawy oddziaływań po modyfikacji wymienionych czynników można wyznaczyć na drodze dalszych badań. Struktura dotychczasowych wyników pozwala spodziewać się, w niektórych kategoriach środowiskowych, poprawy wyników o mniej więcej 30% udziału wybranych emisji (podobnie Rychwalski, 2014). Tak znaczące pole poprawy można wykorzystać przez oznaczenie wyrobu etykietami środowiskowymi (Wojnarowska, 2012), tak jak to ma miejsce w przypadku innych produktów badanych pod kątem środowiskowym (Adamczyk i in., 2013).

Przypisy/Notes

[1] Zasilacz o sprawności 95% w stosunku do 65% sprawności.

Bibliografia/References

Adamczyk, W., Nitkiewicz, T. (2008). DEA-Based Supporting Methods for Using LCA Results in Decision-Making Process in Companies. W: Y. -H. Lee, H. Shin (red.), *Achieving Commodity and Service Excellence in the Age of Digital Convergence: Proceedings*, Vol. 2, (606–610), Suwon: University of Suwon.

Adamczyk, W., Nitkiewicz, T., Rychwalski, M. (2013). Wykorzystanie metody LCA do ekologicznej oceny opon samochodowych. *Gospodarka Materiałowa i Logistyka*, (3), 7–15.

Ciroth, A., Franze, J. (2011). *LCA of an Ecolabeled Notebook, Consideration of Social and Environmental Impacts Along the Entire Life Cycle*. Berlin: GreenDeltaTC.

Czaplicka, K., Bojarska-Kraus, M., Świądrowski, J. (2002). *Analiza cyklu życia (LCA) odbiornika telewizyjnego*. Materiały konferencyjne — II Krajowa Konferencja Naukowo-Techniczna „Ekologia w Elektronice" (98–105). Warszawa: Przemysłowy Instytut Elektroniki.

Goedkoop, M., Oele, M., Leijting J., Ponsioen, T., Meijer, E. (2013). *Introduction to LCA with SimaPro*. Netherlands: Pré Consultants.

Jeszka, A. (2014). *Logistyka zwrotna, potencjał, efektywność, oszczędności*. Poznań: Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu.

Jolliet, O., Margni, M., Charles, R., Humbert, S., Payet, J., Rebitzer, G., Rosenbaum, R. (2003). IMPACT 2002+: A New Life Cycle Impact Assessment Methodology. *The International Journal of Life Cycle Assessment, 8*(6), 324–330. https://doi.org/10.1007/BF02978505.

Lysenko-Ryba, K. (2015). Logistyka zwrotna jako źródło korzyści konkurencyjnych. *Zeszyty naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach*, (249).

Nitkiewicz, T. (2011). Integrating Environmental Aspects into Decision-Making Process in Companies — Hybrid LCA Approach. W: R. Oczkowska, B. Mikuła (red.), *Knowledge, Economy, Society: Challenges of the Contemporary World* (469–486). Kraków: Foundation of the Cracow University of Economics.

Puzio, E. (2018). The significance of reverse logistics for the waste management system. *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Gdańskiego*, (78).

Rychwalski, M. (2013). Modelowanie cech ekologicznych wyrobów i usług. W: W. Adamczyk (red.), *Działania ekologiczne w polityce produktowej przedsiębiorstw* (167–171). Kraków: Wydawnictwo Naukowe „Akapit".

Rychwalski, M. (2014). Computer-Aided Life Cycle Analysis for a Metal Container. W: A. Cholewa-Wójcik, A. Kawecka (red.), *Innovations in Product Development and Packaging* (165–177), Cracow: Polish Society of Commodity Science, Cracow University of Economics.

Rychwalski, M. (2019). Rozwój jakości środowiskowej wyrobu z uwzględnieniem wpływu przepisów bezpieczeństwa na przykładzie zasilacza komputerowego. *Gospodarka Materiałowa i Logistyka*, (7), 8–19.

Rychwalski, M. (2020). *Analiza cyklu życia w zarządzaniu produktem*. Kraków: Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie.

Wawak, S. (2004). Zarządzanie przez jakość. W: M. Romanowska, M. Jarosiński, G. Gierszewska, Z. Janowska, B. Nogalski, A. Stabryła, M. Trocki, B. Wawrzyniak, Z. Dworzecki, A. Fornalczyk, J. Jeżak, J. Cygler, E. Kuczmera-Ludwiczyńska, G. Leśniak-Łebkowska, W. Rogowski, A. Sopińska, P. Wachowiak (red.), *Leksykon zarządzania*. Warszawa: Difin.

Wojnarowska, M. (2018). Etykietowanie środowiskowe w Gospodarce w Obiegu Zamkniętym. W: W. Wasiak (red.), *Transformacja przemysłu opakowań w kierunku gospodarki o obiegu zamkniętym: wybrane problemy* (62–73). Warszawa: Polska Izba Opakowań.

Dr Marcin Rychwalski

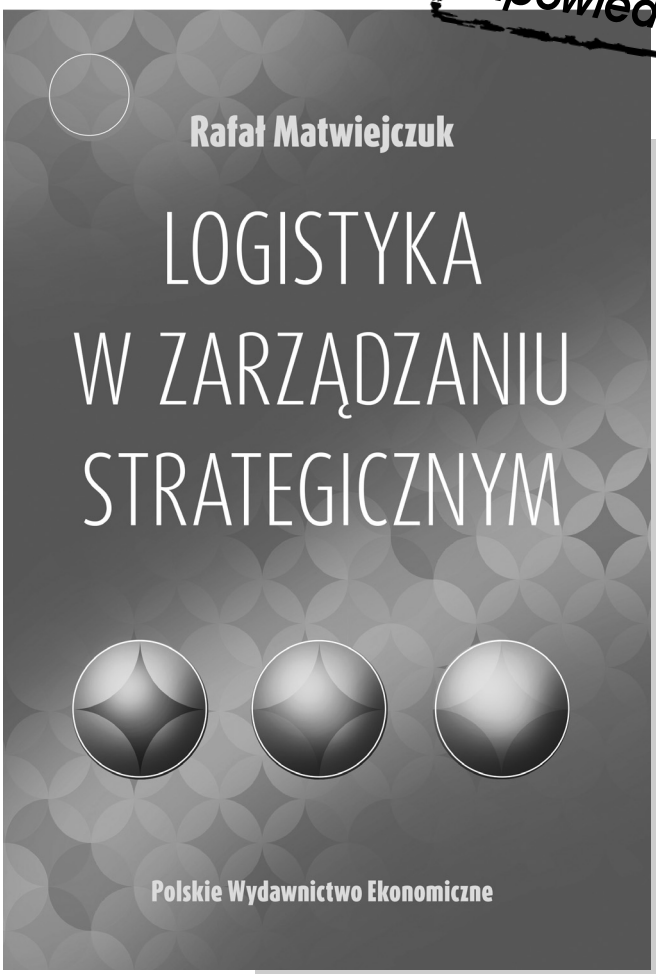
Pracownik naukowy Katedry Zarządzania Jakością na Uniwersytecie Ekonomicznym w Krakowie z ponad 10-letnim doświadczeniem. Autor wielu publikacji na temat oceny środowiskowej produktów, w tym m.in. monografii *Analiza cyklu życia w zarządzaniu produktem*. Zainteresowania naukowe koncentruje na możliwościach modelowania jakości środowiskowej produktów, procesów i technologii za pomocą analitycznych metod oceny cyklu życia. Prowadzi liczne badania związane z możliwościami optymalizacji środowiskowej produktów, których efektem są rekomendacje mające na celu zmniejszenie wywieranych presji środowiskowych.

Dr Marcin Rychwalski

Researcher at the Quality Management Department at the Cracow University of Economics with over 10 years of experience. Author of many publications on the subject of environmental assessment of products, including monograph *Life Cycle Analysis in Product Management*. His scientific interests focus on modeling possibilities of the products environmental quality using life cycle assessment methods. He has conducted many studies related to the optimization of product manufacturing, which results in recommendations for reducing the environmental impacts.

PWE poleca

zapowiedź



Począwszy od lat 90. XX wieku w zarządzaniu strategicznym coraz większą rolę pełni nurt zasobowy. W ramach tego nurtu kluczowe znaczenie w tworzeniu przewagi konkurencyjnej przedsiębiorstwa przypisywane jest tzw. potencjałom strategicznym przedsiębiorstwa, obejmującym zasoby, zdolności i kompetencje. Wymienione potencjały strategiczne stanowią podstawę osiągania sukcesu przez przedsiębiorstwo i z tego względu określane są mianem potencjałów sukcesu przedsiębiorstwa. Obok nich w zasobowym nurcie zarządzania strategicznego ważne miejsce zajmują tzw. wyznaczniki sukcesu przedsiębiorstwa, będące przejawami (symptomami) sukcesu osiąganego przez przedsiębiorstwo. Wyznacznikami tymi są efekty rynkowe i efekty ekonomiczne uzyskiwane przez przedsiębiorstwo. Efekty te stanowią podstawę tworzenia trwałej, długofalowej przewagi konkurencyjnej przedsiębiorstwa. W procesie tworzenia przewagi konkurencyjnej ważne miejsce zajmuje logistyka. Postępujący rozwój logistyki przyczynia się w coraz większym stopniu do jej postrzegania jako koncepcji zarządzania przepływami materiałów, towarów i informacji w skali przedsiębiorstwa, a nawet całego łańcucha dostaw.

Księgarnia internetowa Polskiego Wydawnictwa Ekonomicznego **www.pwe.com.pl**
zaprasza na zakupy **z rabatem 15%**