



Joanna KULCZYCKA*, Łukasz LELEK**, Anna LEWANDOWSKA***

Wpływ pochodzenia energii na efekt środowiskowy produkcji miedzi w Polsce

Streszczenie: Komisja Europejska kontynuuje prace nad europejską metodyką pomiaru efektywności środowiskowej. Celem tych prac jest stworzenie jednolitego systemu oceny wpływu produktów i organizacji (działalności instytucji, przedsiębiorstw itp.) na środowisko w UE w całym cyklu życia (*Life Cycle Assessment* – LCA). Jest to szczególnie istotne dla producentów energii, gdyż prowadzenie badania wpływu zużywanej energii metodą LCA (ilość i źródło) stanowi ważny element potencjalnego oddziaływania na środowisko. Dla krajów, w których udział np. energii pochodzącej z OZE jest wysoki. Może to być bardziej korzystne, gdyż wpływ ich produktów i organizacji na środowisko będzie niższy niż w Polsce, gdzie system energetyczny bazuje głównie na paliwach kopalnych. Motywacją do podjęcia działań na rzecz sformułowania wspólnych metod pomiaru efektywności środowiskowej było założenie, że nie istnieje szeroko akceptowana i naukowo poprawna definicja ekologicznych produktów oraz przedsiębiorstw.

W artykule dokonano oceny procesu produkcji miedzi w Polsce z wykorzystaniem metody LCA oraz zidentyfikowano wpływ energii elektrycznej pochodzącej z różnych źródeł, tj. biomasy, słońca oraz z sieci elektroenergetycznej. Biorąc pod uwagę przedstawione wyniki analiz, można stwierdzić, iż zużycie energii stanowi aspekt środowiskowy występujący w zasadzie w każdym etapie cyklu życia wytwarzanych w Polsce produktów, usług czy procesów. Dotyczy to w szczególności procesów energochłonnych, np. produkcji miedzi. Analizując dostępne dane zawarte w bazie Wspólnotowego Centrum Badawczego (*Joint Research Centre* – JRC) można zauważyć, iż wpływ na środowisko polskiego systemu energetycznego jest jednym z najwyższych w UE (w przeliczeniu na 1 MWh). Tak więc ocena wpływu na środowisko metodą LCA systemu wytwarzania i dystrybucji energii w Polsce powinna być prowadzona systematycznie na bazie rzeczywistych danych, uwzględniając zmiany i uwarunkowania technologiczne, przede wszystkim w zakresie planowanej redukcji energochłonności gospodarki, jak i wprowadzania technologii w zakresie czystych paliw węglowych.

Słowa kluczowe: Wspólnotowe Centrum Badawcze, ocena cyklu życia, produkt, organizacja, ślad środowiskowy

* Dr hab., ** Mgr inż., Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, Kraków;
e-mail: kulczycka@meeri.pl, lelek@meeri.pl

*** Dr hab. inż., prof. UEP, Katedra Towaroznawstwa i Ekologii Produktów Przemysłowych, Wydział Towaroznawstwa, Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu; e-mail: anna.lewandowska@ue.poznan.pl

The impact of used energy on environmental footprint of copper production in Poland

Abstract: The European Commission continues work on the European methodology of measuring environmental performance. The aim of this work is to create a uniform system for assessing the impact of products (or organization) on the environment in the EU throughout the entire life cycle (LCA). This is particularly important for energy producers because carrying out research using the LCA volume and source of energy is an important element of the potential impact. This can be an advantage for countries where e.g. the share of renewable sources in electricity generation structures is high, since the impact of their products and organization on the environment will be lower than in Poland, where the power system is based mainly on fossil fuels.

The motivation to take action to create common methods for measuring the environmental performance was the assumption that there is no widely accepted and scientifically correct definition of eco-friendly products and businesses, which the European Commission considers to be the cause of their low market share.

In the article, the assessment of copper production process in Poland using LCA was carried out. The share of electricity from different sources (power grid, biomass and photovoltaic panels) in the environmental impact was identified. Taking the results of the analysis into account, we can conclude that the energy consumption is an environmental aspect that occurs basically in every stage of the life cycle of manufactured products, services or processes. This applies in particular to energy-intensive industries as copper production. By analyzing the available data contained in the database of the JRC, it can be noted that the impact on the environment of Polish energy system is one of the highest in the EU (per 1 MWh). Therefore, the environmental impact assessment using the LCA of production and distribution energy systems in Poland should be carried out systematically on the basis of actual data, taking changes and technological conditions into account, primarily in terms of the reduction in the energy intensity of the economy and the introduction of new technologies e.g. clean coal fuels.

Keywords: Life Cycle Assessment, product, organization, environmental footprint

Wprowadzenie

Komisja Europejska kontynuuje prace nad europejską metodyką pomiaru efektywności środowiskowej. Ich celem jest stworzenie jednolitego systemu oceny wpływu wytwarzanych produktów i organizacji (działalności instytucji, przedsiębiorstw itp.) na środowisko w UE w całym cyklu życia (*Life Cycle Assessment – LCA*). Metodyka ta w przyszłości może stać się częścią obowiązującego prawa dotyczącego norm dla produktów ekologicznych. Możliwe jest uwzględnienie proponowanych zmian również w regulacjach dotyczących prawa zamówień publicznych, pomocy publicznej, ochrony środowiska itp., np. poprzez wprowadzenie zielonego VAT dla produktów przyjaznych dla środowiska w cyklu życia (*New green... 2013*).

Jednym z analizowanych obecnie sektorów jest produkcja miedzi, dla której opublikowany został dokument roboczy, pt. *Organisation Environmental Footprint Sector Rules in the Pilot Phase Sector: Copper Production Draft version 1.0 for public stakeholder consultation*. Przedstawiono w nim wytyczne dotyczące oceny efektywności środowiskowej organizacji sektora miedziowego (produkcja anod i katod miedziowych) w całym cyklu życia. W artykule dokonano oceny procesu produkcji miedzi metodą LCA i zidentyfikowano wpływ na środowisko wynikający ze zużycia energii elektrycznej (scenariusz bazowy – średni mix energetyczny dla UE 27). Ponadto dokonano analizy wariantowej uwzględniając różne źródła energii, w tym z sieci elektroenergetycznej w Polsce, z biomasy oraz paneli fotowoltaicznych.

1. Działania KE na rzecz identyfikacji i promocji efektywności środowiskowej

W 2013 r. Komisja Europejska (KE) opublikowała zalecenie dotyczące stosowania wspólnych metod pomiaru efektywności środowiskowej w cyklu życia produktów i organizacji oraz informowania o niej, co stanowiło efekt podjęcia inicjatywy mającej na celu stworzenie jednolitego europejskiego rynku dla produktów ekologicznych (Komunikat 2013). Motywacją do podjęcia działań na rzecz sformułowania wspólnych metod pomiaru efektywności środowiskowej było założenie, że nie istnieje szeroko akceptowana i naukowo poprawna definicja ekologicznych produktów oraz przedsiębiorstw. Produkty ekologiczne wykazują niższe negatywne oddziaływanie na środowisko w cyklu ich życia, w porównaniu do produktów należących do tej samej kategorii produktowej. Podobnie w przypadku przedsiębiorstw ekologicznych, które działają z korzyścią dla środowiska poprzez poprawę swej efektywności środowiskowej dzięki uwzględnianiu perspektywy cyklu życia wytwarzanych produktów. Podstawą sprawnego funkcjonowania rynku produktów i przedsiębiorstw ekologicznych jest ujednoczenie metodyki kwantyfikowania, weryfikowania oraz komunikowania efektywności środowiskowej. Wobec dużej liczby istniejących systemów etykietowania środowiskowego oraz związanych z nimi kryteriów środowiskowych, konsumenci mają prawo czuć się zdezorientowani. Aspekty środowiskowe bywają trudniejsze w odbiorze dla przeciętnego konsumenta niż informacje dotyczące użytkowych atrybutów produktu (np. składu, wartości odżywczych, daty ważności, energochłonności, wodochłonności). Obliczając efektywność środowiskową, dokonuje się oceny potencjalnego oddziaływania na środowisko dla całego cyklu życia produktu w ujęciu wieloaspektowym, tzn. obejmującym różne problemy środowiskowe (tzw. kategorie wpływu), np. globalne ocieplenie, zakwaszenie, tworzenie smogu fotochemicznego, eutrofizacja wód.

Od 1 listopada 2013 r. na zlecenie KE realizowana jest faza pilotażowa projektu dotyczącego stosowania wspólnych metod pomiaru efektywności środowiskowej w cyklu życia produktów i organizacji, która ma na celu opracowanie dokumentów przewodnich. Będą one zawierały dla każdej kategorii produktowej lub organizacyjnej zbiór wytycznych (*Category Rules*) dotyczących obliczania, weryfikowania i komunikowania efektywności środowiskowej czyli tzw. śladów środowiskowych produktów i organizacji tzw. *Product Environmental Footprint* (PEF) oraz *Organisation Environmental Footprint* (OEF). Ze względu na fakt, że nie wyklucza się, iż pomiar oraz komunikowanie efektywności środowiskowej produktów i organizacji stanie się w przyszłości obligatoryjne, kluczowym pytaniem pozostaje kwestia wpływu takiego działania na konkurencyjność produktów i organizacji poszczególnych krajów członkowskich.

W Zaleceniu Komisji z dnia 9 kwietnia 2013 r. w sprawie stosowania wspólnych metod pomiaru efektywności środowiskowej w cyklu życia produktów i organizacji oraz informowania o niej stwierdza się, że „Ostatecznym celem inicjatywy jest przewyższenie rozdrobnienia rynku wewnętrznego w odniesieniu do różnych dostępnych metod pomiaru efektywności środowiskowej”. Komisja uważa, że zanim zostanie nałożony obowiązek ich stosowania, konieczne jest dalsze ulepszenie tych metod w celu zminimalizowania obciążeń administracyjnych. Podobnie jak w przypadku każdej nowej metody należy liczyć się z koniecznością poniesienia kosztów początkowych. Komisja zaleca zatem, aby przedsiębiorstwa, które zdecydują się na stosowanie tej metodyki na zasadzie dobrowolności, przeprowadziły

najpierw staranną ocenę wpływu na swoją konkurencyjność i podobnie państwa członkowskie stosujące tę metodykę powinny ocenić koszty i korzyści dla MŚP (Zalecenie 2013). Powinno to zmniejszyć bariery handlowe i wzmocnić konkurencję na jednolitym rynku, jednak, aby faktycznie ocenić wpływ wprowadzenia takiego obowiązku, należy przeanalizować główne założenia zawarte w dokumentach przewodnich (*Category Rules*) i odnieść je do warunków krajowych. Jest to szczególnie istotne dla producentów energii, gdyż prowadząc badania metodą LCA produktów uwzględnia się ilość (źródło) i rodzaj energii, z jakiej się korzysta. Dla produktów, w których udział energii pochodzącej z OZE jest wyższy, może to być korzystne, gdyż ich wpływ na środowisko jest znacznie niższy niż systemu wytwarzania energii w Polsce. Krajowy system bazuje głównie na węglach ma jeden z najwyższych wskaźników wpływu na środowisko w UE.

W Zaleceniu Komisji (Zalecenie 2013) zawarto standardowy wykaz kategorii oddziaływania śladu środowiskowego (kategorii wpływu) oraz powiązanych modeli oceny i wskaźników, jakie należy stosować w badaniach śladu środowiskowego produktów i organizacji. Jest on zgodny z ILCD 2011 Midpoint. Została ona opracowana w ramach inicjatywy tworzenia Międzynarodowego Referencyjnego Systemu Danych dotyczących cyklu życia produktów (*International Reference Life Cycle Data System*) przez Instytut ds. Środowiska i Zrównoważonego Rozwoju (*Institute for Environment and Sustainability – IES*) Wspólnotowego Centrum Badawczego (*Joint Research Centre – JRC*, <https://ec.europa.eu/jrc/en/research/crosscutting-activities/impact-assessment>). W ramach prac JRC IES przeanalizowano różne metody oceny wpływu. Metoda ILCD stanowi efekt konsensusu i jest rekomendowana do stosowania jako reprezentatywna metoda LCIA (*Life Cycle Impact Assessment*) dla warunków europejskich. W metodzie ILCD określono 15 kategorii wpływu (tab. 1), których wartości wyrażone są w różnych jednostkach obliczanych poprzez współczynniki charakterystyki (np. *Global Warming Potential* dla 1 kg metanu = 25_{eq} CO₂).

2. Ocena wpływu systemów energetycznych poszczególnych krajów UE na środowisko metodą LCA

Analizując dostępne dane zawarte w bazie JRC (Baza ELCD v.3.2. dostępna na <http://ep.lca.jrc.ec.europa.eu/ELCD3/processList.xhtml>) można zauważyć, iż wpływ na środowisko polskiego systemu energetycznego jest jednym z najwyższych w UE (w przeliczeniu na 1 MWh). Na rysunku 1 przedstawiono wyniki LCA dla produkcji i dystrybucji energii elektrycznej dla Polski i innych państw UE. Wysoki wskaźnik śladu środowiskowego niewątpliwie spowodowany jest tym, iż system wytwarzania energii w Polsce wciąż bazuje głównie na węglu kamiennym i brunatnym (dane porównawcze z 2008 r.).

W związku z tym w procesie podejmowania decyzji strategicznych i inwestycyjnych niezbędne wydaje się przeprowadzenie analizy wpływu zużywanej energii na różne produkty wytwarzane w Polsce. Udział energii w całkowitym oddziaływaniu na środowisko danego produktu lub organizacji zależy od wielu czynników, do których przykładowo zaliczyć można: rodzaj samego wyrobu, zakres cyklu życia objęty analizą oraz sposób realizacji poszczególnych procesów (rozwiązania technologiczne). Ten sam wyrób (produkowany w tym samym miejscu i czasie), ale użytkowany w różnych regionach i krajach, może posiadać inny wpływ na środowisko mierzony w perspektywie całego cyklu życia. Zatem np. miedź

TABELA 1. Kategorie oddziaływania i ich jednostki w metodzie ILCD

TABLE 1. Impact categories and its unit in ILCD method

| Lp. | Kategorie oddziaływania | | Jednostka |
|-----|----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| 1. | Zmiana klimatu | <i>Climate change</i> | kg CO ₂ eq. |
| 2. | Zubożenie warstwy ozonowej | <i>Ozone depletion</i> | kg CFC – 11 eq. |
| 3. | Działanie toksyczne dla ludzi – działanie rakotwórcze | <i>Human toxicity, cancer effects</i> | CTUh ¹ |
| 4. | Działanie toksyczne dla ludzi – działanie inne niż rakotwórcze | <i>Human toxicity, non– cancer effects</i> | CTUh |
| 5. | Cząstki stałe | <i>Particulate matter</i> | kg PM 2,5 eq. |
| 6. | Promieniowanie jonizujące – skutki dla zdrowia człowieka | <i>Ionizing radiation HH</i> | kBq U235 eq. |
| 7. | Fotochemiczne powstawanie ozonu | <i>Photochemical ozone formation</i> | kg NMVOC eq |
| 8. | Zakwaszenie | <i>Acidification</i> | mol H + eq. |
| 9. | Eutrofizacja lądowa | <i>Terrestrial eutrophication</i> | mol N eq. |
| 10. | Eutrofizacja wodna – woda słodka | <i>Freshwater eutrophication</i> | kg P eq. |
| 11. | Eutrofizacja wodna – woda morska | <i>Marine eutrophication</i> | kg N eq. |
| 12. | Użytkowanie gruntów | <i>Land use</i> | kg C deficyt |
| 13. | Ekotoksyczność dla wody słodkiej | <i>Freshwater ecotoxicity</i> | CTUe ² |
| 14. | Wyczerpywanie zasobów – zasoby wodne | <i>Water resource depletion</i> | kg woda eq.* m ³ woda eq.** |
| 15. | Wyczerpywanie się zasobów – surowce mineralne, surowce kopalne | <i>Mineral, fossil & ren resource depletion</i> | kg Sb eq. |

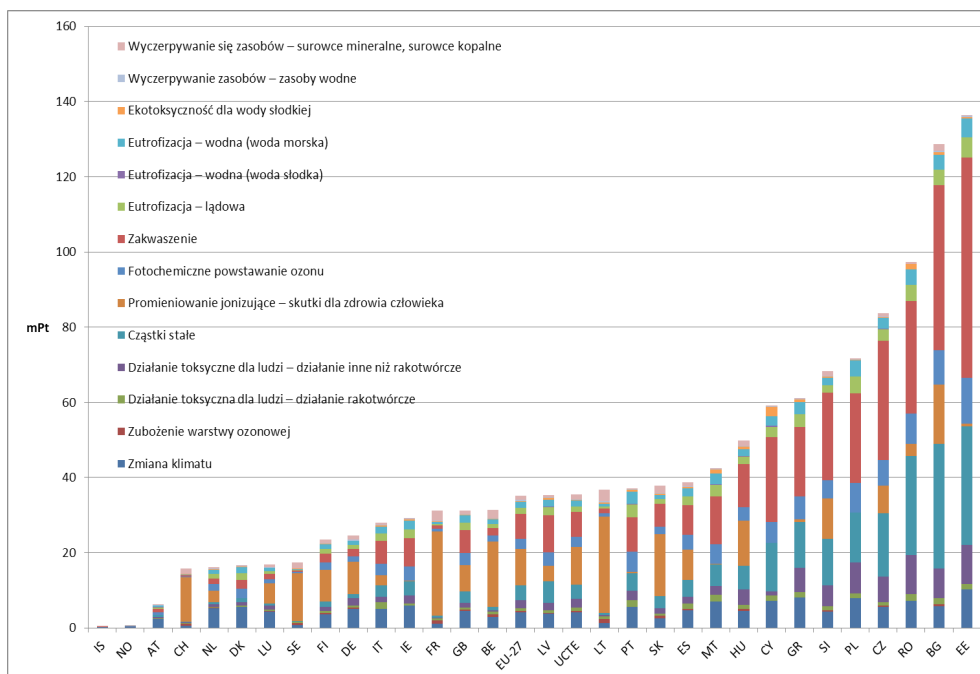
¹ *Comparative Toxic Unit for humans* (CTUh) – porównawcza jednostka toksyczności w odniesieniu do ludzi wyrażająca oszacowany wzrost śmiertelności w całkowitej populacji ludzkiej (liczba przypadków na 1 kg emitowanej substancji).

² *Comparative Toxic Unit for ecosystems* (CTUe) – porównawcza jednostka toksyczności wobec ekosystemów wyraża oszacowaną frakcję gatunków potencjalnie dotkniętą stresem środowiskowym (PAF *potentially affected fraction of species*) [PAF m³ year].

produkowana w Polsce i ta produkowana przy wykorzystaniu takiej samej technologii np. w Szwecji – może generować odmienne (jakościowo i ilościowo) oddziaływania środowiskowe. Jest to szczególnie istotne dla dużych producentów miedzi, np. KGHM Polska Miedź SA, który jest drugim w kraju konsumentem energii elektrycznej zużywając około 2,5 TWh energii elektrycznej (ok. 2% rocznego zużycia Polski).

3. Wpływy procesu produkcji miedzi na środowisko

Według raportu Europejskiego Instytutu Miedzi ([Spojrzenie... 2012](#)) największy wpływ na środowisko w całym cyklu eksploatacji katody miedzi mierzony metodą LCA ma etap wydobywania i przeróbki miedzi. Zależy to od zawartości miedzi w rudzie – zazwyczaj od



Rys. 1. Potencjalny wpływ na środowisko (LCA) procesu produkcji i dystrybucji energii elektrycznej w poszczególnych krajach Europy, wyrażony w punktach końcowych Pt
 Źródło: obliczenia własne na podstawie bazy ELCD v.3.2.

Fig. 1. LCA of energy production and distribution in EU27, in Pt

0,2 do 2,5% Cu, oraz udziału współwystępujących metali szlachetnych lub innych surowców towarzyszących. Wpływ na środowisko jest uzależniony bezpośrednio od technologii, zezwoleń wymaganych przez władze lokalne oraz własnych standardów przedsiębiorstwa. Zależy on również od źródła energii dostarczanej do zakładu produkcyjnego. Wielkość zużycia energii zmniejsza się wraz z zastosowaniem nowoczesnych technik wydobywania i przerobu. Optymalne wykorzystanie energii w procesach produkcji pozwala na zmniejszenie strat i poprawę uzysku, przez co zmniejsza się też oddziaływanie na środowisko w całym łańcuchu wartości. Według analiz LCA Europejskiego Instytutu Miedzi znaczący wpływ na środowisko produkcji katod odnotowano w kategorii zmiany klimatu i zapotrzebowania na energię pierwotną. Takie wyniki zostały potwierdzone w pracach prowadzonych przez Komisję Europejską, która opracowała już wstępne wytyczne dla organizacji zajmujących się dokumentu *Organisation Environmental Footprint Sector Rules in the Pilot Phase Sector: Copper Production Draft version 1.0 for public stakeholder consultation*.

W artykule przedstawiono potencjalny wpływ na środowisko produkcji katody miedziowej (dane pobrano z bazy Ecoinvent v.3.1). Przyjętą jednostką funkcjonalną jest 1 kg katody miedziowej, wytworzonej w technologii pirometalurgicznej. W modelowaniu wykorzystano różne scenariusze dla zużywanej bezpośrednio energii elektrycznej podczas wydobywania, przeróbki i procesów hutniczych. Do analizy scenariuszowej wykorzystano następujące dane:

- uśredniony europejski miks energetyczny dla energii elektrycznej. Dane pobrano z bazy ELCD (*Electricity mix, AC, consumption mix, at consumer, 1kV – 60kV EU–27 S*) – scenariusz bazowy (Cu_energia_EU27) – zgodnie ze strukturą przedstawioną w tabeli 2,
- dla energii elektrycznej wyprodukowanej w warunkach polskich. Opracowany na bazie danych sprawozdawczych GUS i ARE na 2014 rok (Cu_energia_GUS) – zgodnie ze strukturą przedstawioną w tabeli 2 (Lelek i in. 2016),
- dla energii elektrycznej z biomasy. Dane pobrano z bazy Ecoinvent v.3.1. (*Electricity, high voltage (PL) heat and power co-generation, wood chips, 6667 kW, state-of-the-art 2014, Alloc Def, U*). Profil reprezentuje produkcję energii w instalacji kogeneracyjnej zasilanej zrębkami drzewnymi, o mocy zainstalowanej w granicach 6,5 MW (CU_energia_biomasa),
- dla energii elektrycznej z paneli fotowoltaicznych. Dane pobrano z bazy Ecoinvent v.3.1. (*Electricity, low voltage (DE), electricity production, photovoltaic, 570kWp open ground installation, multi-Si, Alloc Def, U*). Profil reprezentuje produkcję energii w naziemnej instalacji fotowoltaicznej o mocy zainstalowanej 570 kWp, wykorzystującej moduł z ogniw zbudowanych z krzemu polikrystalicznego. Średnioroczna wydajność produkcji została założona dla Europy Środkowej, a dokładnie uśrednionych warunków pogodowych (nasłonecznienia) panujących w Niemczech (Cu_energia_PV).

TABELA 2. Struktura wytwarzania energii elektrycznej w Polsce i UE [%]

TABLE 2. Structure of electricity generation in Poland (2014) and EU27 [%]

| Źródło energii | Cu_energia_EU27 | Cu_energia_GUS |
|---------------------|-----------------|----------------|
| Paliwo nuklearne | 31,7 | 0,0 |
| Węgiel kamienny | 11,3 | 46,4 |
| Węgiel brunatny | 18,3 | 32,7 |
| Gaz ziemny | 17,0 | 7,2 |
| Ciężki olej opałowy | 6,0 | |
| Energia odnawialna | 13,3 | 11,9 |
| → wodna | 11,1 | 1,6 |
| → wiatrowa | 1,1 | 4,7 |
| → biomasa i biogaz | 1,1 | 5,6 |
| Pozostałe | 2,4 | 1,8 |
| Razem | | 100,0 |

Źródło: Baza danych ELCD v.3.2, Polityka 2009, Polityka 2015, Rocznik 2014

Potencjalny wpływ na środowisko związany z wyprodukowaniem 1 kg katody miedzi z uwzględnieniem różnych źródeł energii zaprezentowano w tabeli 3 (etap charakteryzowania). Wyniki wskaźników zestawiono dla 15 kategorii oddziaływania.

Dla scenariusza Cu_energia_GUS stwierdzono podwyższenie wyników (w odniesieniu do scenariusza bazowego) wskaźników dla 9 kategorii oddziaływania:

- zmiany klimatu (ang. *Climate changes*),
- działanie toksyczne dla ludzi – rakotwórcze (ang. *Human toxicity, cancer effects*),
- działanie toksyczne dla ludzi – inne niż rakotwórcze (ang. *Human toxicity, non-cancer effects*),
- fotochemiczne powstawanie ozonu (ang. *Photochemical ozone formation*),
- eutrofizacja lądowa (ang. *Terrestrial eutrophication*),
- eutrofizacja wód słodkich (ang. *Freshwater eutrophication*),
- eutrofizacja wód morskich (ang. *Marine eutrophication*),
- użytkowanie gruntów (ang. *Land use*),
- wyczerpywanie zasobów wodnych (ang. *Water resource depletion*).

W większości różnica pomiędzy scenariuszem bazowym a tym wykorzystującym średni mix energetyczny dla Polski jest niewielka i nie przekracza 3,5%. Jedynie dla zmian klimatycznych wykazuje wyższy wpływ o 13,5%, co związane jest z strukturą produkcji energii w Polsce (tab. 2). Natomiast niższy wpływ odnotowano w kategoriach zubożenia warstwy ozonowej oraz promieniowania jonizującego. W przypadku warstwy ozonowej zmiana ta wynika z niższych emisji CFC – 114 (1,2– dichloro– 1,1,2,2– tetrafluoro– etan) oraz CFC – 11 (trichlorofluorometan). Z kolei wyższe promieniowanie jonizujące dla EU27 jest efektem emisji węgla – 14 oraz radonu – 222. Powstają one np. w procesie produkcji energii elektrycznej w reaktorach jądrowych oraz na etapie zagospodarowania odpadów radioaktywnych. W związku z tym, iż w Polsce nie wytwarza się energii na bazie paliw jądrowych emisje tych związków są znacznie niższe.

Wykorzystanie energii bazującej na odnawialnych źródłach, w tym biomase i energii słonecznej przyczynia się do redukcji wskaźników głównie w trzech kategoriach, tj. zmiany klimatu, zubożenia warstwy ozonowej oraz promieniowania jonizujące. Natomiast znaczący wzrost wskaźników zauważyć można w kategorii użytkowanie gruntów, co związane jest z gospodarką leśną, z której pochodzi paliwo w postaci biomasy do oraz z gruntami niezbędnymi do budowy odpowiedniej instalacji fotowoltaicznej (tab. 3).

Wnioski

Pomimo iż coraz więcej OZE jest w strukturze wytwarzania energii w Polsce, to ze względu na bezpieczeństwo energetyczne i posiadaną bazę zasobową można spodziewać się, iż udział węgla w produkcji energii pozostanie znaczący. W sytuacji, gdy producent korzysta z krajowego systemu energetycznego do wytwarzania produktów dostarczana z sieci energia przekłada się bezpośrednio na efektywność środowiskową wytwarzanych produktów. Ponadto biorąc pod uwagę przedstawione wyniki analiz, kluczowe znaczenie energii w analizach LCA można zreasumować następująco:

- zużycie energii stanowi aspekt środowiskowy występujący w zasadzie w każdym etapie cyklu życia wytwarzanych w Polsce produktów, usług czy procesów. Dotyczy to w szczególności procesów energochłonnych np. produkcji miedzi,
- w przypadku produkcji miedzi stosowanie energii z biomasy i energii słonecznej ma znacząco mniejszy wpływ na środowisko w 3 kategoriach wpływu, tj. zmiany klimatu i zubożenia warstwy ozonowej (ale jedynie w porównaniu do danych EU27) oraz promieniowania jonizujące. Natomiast w kategorii użytkowania gruntów jest wyższe,

TABELA 3. Potencjalne oddziaływanie na środowisko produkcji 1 kg katody miedzi w scenariuszach wykorzystujących różne nośniki energii

TABLE 3. Potential impact of 1 kg of copper production in different energy carrier scenarios

| Kategorie oddziaływania | Jednostka | Charakteryzowanie wyniku wskaźnika | | | |
|----------------------------------------------------------------|------------------------|----------------------------------------|----------------|--------------------|---------------|
| | | Cu_energia_UE27 (scenariusz bazowy) | Cu_energia_GUS | Cu_energia_biomasa | Cu_energia_PV |
| Zmiana klimatu | kg CO ₂ eq | 2,507 | 2,856 | 1,684 | 1,755 |
| <i>porównanie do scenariusza bazowego</i> | [%] | 100 | 114 | 67 | 70 |
| Zubożenie warstwy ozonowej | kg CFC- 11 eq | 4,02E-07 | 1,91E-07 | 3,08E-07 | 2,12E-07 |
| <i>porównanie do scenariusza bazowego</i> | [%] | 100 | 48 | 77 | 53 |
| Działanie toksyczne dla ludzi – działanie rakotwórcze | CTUh | 1,56E-06 | 1,57E-06 | 1,56E-06 | 1,58E-06 |
| <i>porównanie do scenariusza bazowego</i> | [%] | 100 | 101 | 100 | 101 |
| Działanie toksyczne dla ludzi – działanie inne niż rakotwórcze | CTUh | 4,18E-05 | 4,19E-05 | 4,19E-05 | 4,19E-05 |
| <i>porównanie do scenariusza bazowego</i> | [%] | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Cząstki stałe | kg PM2.5 eq | 0,008 | 0,007 | 0,008 | 0,007 |
| <i>porównanie do scenariusza bazowego</i> | [%] | 100 | 88 | 100 | 88 |
| Promieniowanie jonizujące – skutki dla zdrowia człowieka | kBq U235 eq | 0,434 | 0,184 | 0,176 | 0,193 |
| <i>porównanie do scenariusza bazowego</i> | [%] | 100 | 42 | 41 | 44 |
| Fotochemiczne powstawanie ozonu | kg NMVOC eq | 0,026 | 0,026 | 0,025 | 0,024 |
| <i>porównanie do scenariusza bazowego</i> | [%] | 100 | 100 | 96 | 92 |
| Zakwaszenie | molc H ⁺ eq | 0,081 | 0,079 | 0,076 | 0,075 |
| <i>porównanie do scenariusza bazowego</i> | [%] | 100 | 98 | 94 | 93 |
| Eutrofizacja lądowa | molc N eq | 0,114 | 0,115 | 0,119 | 0,109 |
| <i>porównanie do scenariusza bazowego</i> | [%] | 100 | 101 | 104 | 96 |
| Eutrofizacja wodna – woda słodka | kg P eq | 0,023 | 0,023 | 0,023 | 0,023 |
| <i>porównanie do scenariusza bazowego</i> | [%] | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Eutrofizacja wodna – woda morska | kg N eq | 0,216 | 0,216 | 0,217 | 0,216 |
| <i>porównanie do scenariusza bazowego</i> | [%] | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Ekotoksyczność dla wody słodkiej | CTUe | 940,246 | 940,401 | 942,078 | 946,535 |
| <i>porównanie do scenariusza bazowego</i> | [%] | 100 | 100 | 100 | 101 |
| Użytkowanie gruntów | kg C deficyt | 10,071 | 10,419 | 16,614 | 21,772 |
| <i>porównanie do scenariusza bazowego</i> | [%] | 100 | 103 | 165 | 216 |
| Wyczerpywanie zasobów – zasoby wodne | m ³ woda eq | 0,013 | 0,013 | 0,012 | 0,014 |
| <i>porównanie do scenariusza bazowego</i> | [%] | 100 | 100 | 92 | 108 |
| Wyczerpywanie się zasobów – surowce mineralne, surowce kopalne | kg Sb eq | 0,004 | 0,004 | 0,004 | 0,004 |
| <i>porównanie do scenariusza bazowego</i> | [%] | 100 | 100 | 100 | 100 |

Źródło: obliczenia własne z wykorzystaniem metody ILCD 2011 Midpoint

- co związane jest z gospodarką leśną, z której pochodzi paliwo w postaci biomasy oraz z gruntami niezbędnymi do budowy odpowiedniej instalacji fotowoltaicznej,
- ocena wpływu na środowisko metodą LCA systemu wytwarzania i dystrybucji energii w Polsce powinna być prowadzona systematycznie na bazie rzeczywistych danych, uwzględniając zmiany i uwarunkowania technologiczne, przede wszystkim w zakresie planowanej redukcji energochłonności gospodarki jak i wprowadzania technologii w zakresie czystych paliw węglowych,
 - istotne jest, aby zarówno podmioty gospodarcze, jak i władze centralne aktywnie uczestniczyły w prowadzonych przez KE konsultacjach dotyczących efektywności środowiskowej produktów i organizacji.

Literatura

- Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego i Rady, Tworzenie jednolitego rynku dla produktów ekologicznych Poprawa sposobu informowania o efektywności środowiskowej produktów i organizacji, COM(2013) 196, Bruksela 2013.
- Lelek i in. 2016 – Lelek, L., Kulczycka, J., Lewandowska, A. i Zaremska, J. 2016. A Life Cycle Assessment of energy generation in Poland. *International Journal of Life Cycle Assessment* Vol. 21, s. 1–14.
- New green VAT system proposed to encourage sustainable consumption and production, Newsletter, Komisja Europejska, Issue 350, 2013. [Online] Dostępne w: http://ec.europa.eu/environment/integration/research/newsalert/pdf/350na4_en.pdf [Dostęp: 1.03.2016].
- Polityka energetyczna Polski do 2030 r., Ministerstwo Gospodarki i Pracy, Zespół do spraw polityki energetycznej; Warszawa, styczeń 2009 r.
- Organisation Environmental Footprint Sector Rules in the Pilot Phase Sector: Copper Production Draft version 1.0 for public stakeholder consultation. [Online] Dostępne w: <https://webgate.ec.europa.eu/fpfis/wikis/display/EUENVFP/OEFRS+Pilot%3A+Copper+production> [Dostęp: 1.03.2016].
- Prognoza zapotrzebowania na paliwa i energię do 2030 roku, Załącznik 2 do Polityki energetycznej Polski do 2030 roku, Ministerstwo Gospodarki, Warszawa, 2009 r.
- Projekt Polityki energetycznej Polski do 2050 roku – wersja 0.6, Ministerstwo Gospodarki, Warszawa, sierpień 2015 r.
- Rocznik Statystyka elektroenergetyki polskiej, ARE, 2014. [Online] Dostępne w: <https://www.are.waw.pl/index.php?dzid=300&did=1875> [Dostęp: 1.03.2016].
- Spojrzenie poza granice, Profil środowiskowy produkcji, eksploatacji i utylizacji produktów miedzianych, Polskie Centrum Promocji Miedzi, Copper Alliance, 2012.
- Zalecenie 2013/179/UE Komisji z dnia 9 kwietnia 2013 r. w sprawie stosowania wspólnych metod pomiaru efektywności środowiskowej w cyklu życia produktów i organizacji oraz informowania o niej (Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej L 124 4.5.2013).