

Maciej DZIKUĆ\*, Joanna ZARĘBSKA\*\*

## Analiza porównawcza produkcji energii w Elektrociepłowni Legnica i Elektrociepłowni Lubin z wykorzystaniem metody LCA

**STRESZCZENIE.** W artykule zaprezentowano ocenę cyklu życia (LCA) jako instrument Zintegrowanej Polityki Produktowej (IPP) służący ekologicznej ocenie i porównaniu procesów wytwórczych. Wykazano przydatność LCA do oceny i porównania wpływu na środowisko wytwarzania energii w przedsiębiorstwach sektora energetycznego. Do oceny porównawczej procesów wytwórczych wybrano dwie elektrociepłownie opalane węglem kamiennym. Produkcja energii i ciepła pociąga za sobą wykorzystanie surowców nieodnawialnych (w tym przypadku węgla kamiennego) oraz degradację środowiska spowodowaną negatywnym oddziaływaniem produkcji, czyli emisją szkodliwych substancji pyłowych i gazowych, produkcją odpadów i ścieków. Wielkość tego negatywnego oddziaływania na poszczególne elementy ekosystemu oraz człowieka można określić za pomocą LCA. Ekologiczna ocena cyklu życia dla procesów wytwarzania energii w Elektrociepłowni Legnica i Elektrociepłowni Lubin została przeprowadzona za pomocą oprogramowania komputerowego SimaPro w wersji 7.1. z wykorzystaniem metody Ekowskaźnika 99. Program SimaPro oparty jest metodologicznie na normach Międzynarodowej Organizacji ds. Standaryzacji (ISO) serii 14040 dotyczących zarządzania środowiskowego. Jako jednostkę funkcjonalną, dla porównania wpływu na środowisko produkcji energii w obu elektrociepłowniach, wybrano wytworzenie 1 GJ energii. Końcowy wynik LCA został zaprezentowany z uwzględnieniem trzech kategorii szkód: zdrowia ludzkiego, jakości ekosystemu i surowców. Wynik ten uzyskuje się w ekopunktach (Pt), dzięki czemu możliwa jest analiza porównawcza dwóch lub

---

\* Dr inż. – Katedra Zarządzania Bezpieczeństwem, Wydział Ekonomii i Zarządzania, Uniwersytet Zielonogórski, Zielona Góra; e-mail: M.Dzikuc@wez.uz.zgora.pl

\*\* Dr inż. – Katedra Zarządzania Środowiskiem i Gospodarką Publiczną, Wydział Ekonomii i Zarządzania, Uniwersytet Zielonogórski, Zielona Góra; e-mail: J.Zarebska@wez.uz.zgora.pl

więcej procesów produkcyjnych i ich oddziaływanie na różne elementy ekosystemu. W artykule dokonano analizy LCA w celu porównania wpływu na środowisko wytwarzania energii w Elektrociepłowni Lubin oraz w Elektrociepłowni Legnica. Wskazano na różnicę w osiągniętych wynikach oraz omówiono przyczyny występowania wykazanych oddziaływań środowiskowych. Określono działania, których podjęcie przyczyni się do zmniejszenia wpływu wytwarzania energii na środowisko.

SŁOWA KLUCZOWE: Zintegrowana Polityka Produktowa, ocena cyklu życia, węgiel kamienny, ciepło

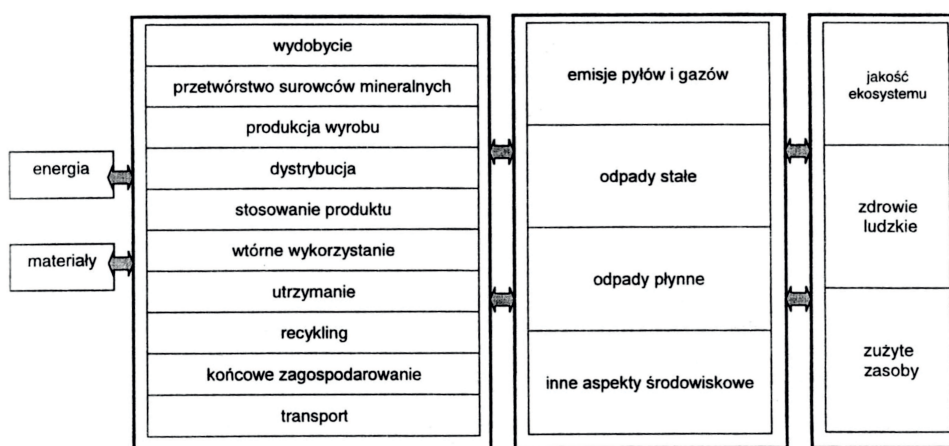
## Wprowadzenie

Każdy proces produkcyjny generuje emisje, które negatywnie oddziałują na środowisko przyrodnicze. Dotyczy to szczególnie procesów wytwarzania energii i ciepła, na które obserwuje się rosnący popyt. Analiza ekologiczna wytwarzania produktu z uwzględnieniem całego cyklu życia jego życia bądź analiza samego procesu produkcyjnego z oceną pojedynczych procesów jest obecnie priorytetowym narzędziem ZPP – Zintegrowanej Polityki Produktowej (IPP – *Integrated Product Policy*). Celem ZPP jest poprawa efektywności wykorzystania zasobów odnawialnych i nieodnawialnych, lepsze zarządzanie surowcami, energią i odpadami, ograniczenie presji na środowisko oraz doprowadzenie do zrównoważenia produkcji (*sustainable production*) i konsumpcji przy zachowaniu wysokiego tempa wzrostu gospodarczego. Cele te szczegółowo zostały opisane w *VI Programie Działań Wspólnoty na rzecz środowiska* przyjętym w 2001 roku na Szczycie Rady Unii Europejskiej w Göteborgu. Mają one szczególne znaczenie w przypadku wytwarzania energii i ciepła w elektrowniach i elektrociepłowniach węglowych, które od momentu powstania negatywnie wpływały i wpływają na środowisko (EDF Polska... 2008).

Wraz ze wzrostem zanieczyszczeń wynikających z produkcji energii i ciepła, które są następstwem wzrostu zapotrzebowania na omawiane produkty, można zaobserwować coraz intensywniejsze poszukiwanie nowych, innowacyjnych możliwości ograniczania tych negatywnych oddziaływań (Kowalik i Zajemska 2013; Sowiński 2010). Jednym z narzędzi, które pozwala na ocenę i porównanie wpływu na środowisko różnych sposobów wytwarzania energii jest ocena cyklu życia (LCA – *Life Cycle Assessment*) metodologicznie oparta na normach Międzynarodowej Organizacji ds. Standaryzacji ISO serii 14040. W artykule – z uwagi na rosnące znaczenie problematyki efektywnego wykorzystania energii i ciepła – zostały przedstawione wyniki LCA przeprowadzone dla dwóch elektrociepłowni (EC Legnica i EC Lubin) wytwarzających energię elektryczną i ciepłą, które są opalane węglem kamiennym.

# 1. Podstawy ekologicznej oceny cyklu życia (LCA)

Definicja oceny cyklu życia ulegała przez wiele lat modyfikacjom, aż w roku 1995 przyjęto ogólnie obowiązującą definicję, zgodnie z którą *to technika mająca na celu ocenę zagrożeń środowiskowych związanych z systemem wyrobu lub działaniem, zarówno przez identyfikowanie oraz ocenę ilościową zużytych materiałów i energii, odpadów wprowadzanych do środowiska, jak i ocenę wpływu tych materiałów, energii i odpadów na środowisko. Ocena dotyczy całego okresu życia wyrobu lub działania począwszy od wydobycia i przetwórstwa surowców mineralnych, proces produkcji wyrobu, dystrybucji, stosowania, wtórnego wykorzystania, utrzymania, recyklingu i końcowego zagospodarowania oraz transportu. LCA ukierunkowuje badanie wpływu na środowisko systemu wyrobu w obszar ekosystemu, zdrowia ludzkiego oraz zużytych zasobów* (patrz rys. 1) (Kowalski i in. 2007; PN-EN ISO 14050:2010).



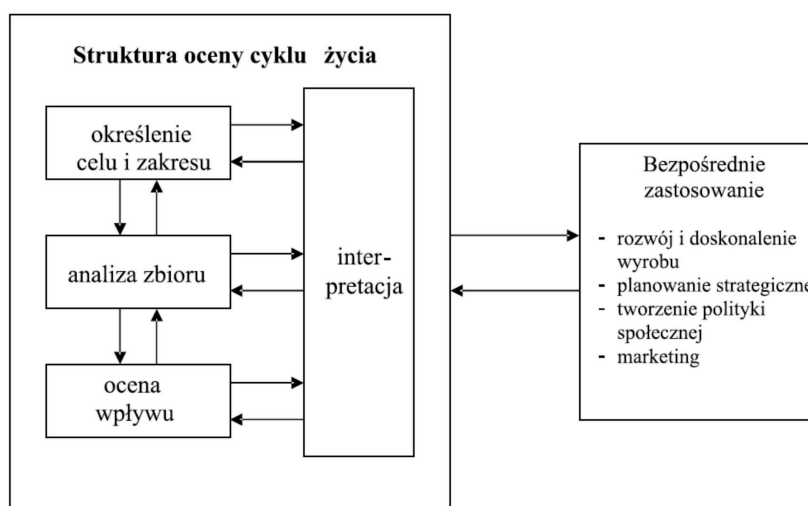
Rys. 1. Definicja ekologicznej oceny cyklu życia  
Źródło: Kulczycka red. 2001, s. 9

Fig. 1. Definition of ecological life cycle assessment

Ekologiczna ocena cyklu życia (LCA) jest techniką, która ma na celu rozpoznanie, inwentaryzację i ocenę zagrożeń środowiskowych wynikających na przykład z analizy danego procesu produkcyjnego. Analiza ta opiera się na identyfikacji i określeniu ilości zużytych materiałów, energii oraz ilości emisji i odpadów wprowadzanych do środowiska, a następnie na ocenie wpływu tych elementów na środowisko (Kowalski i in. 2007; Kulczycka i in. 2008). Technika ta, określana również metodą badawczą, stwarza podstawy do identyfikacji tych elementów i ustaleniu sposobów poprawy jakości środowiska. Jednym z głównych zadań oceny LCA jest określenie wpływu procesu wytwórczego na środowisko z podziałem na poszczególne procesy jednostkowe (moduły). Istotną cechą LCA jest możliwość badania wpływu na środowisko „od kołyski aż po grób”, czyli w całym okresie

życia produktu. Dzięki LCA możliwe jest poznanie wpływu danego produktu na środowisko nie tylko w czasie produkcji, czy pozyskiwania surowców, ale również podczas użytkowania i utylizacji. Pozwala również określić korzyści środowiskowe wynikające z recyklingu materiałowego lub energetycznego materiałów przeznaczonych do utylizacji. Dzięki temu LCA pozwala wspomóc efektywne gospodarowanie ograniczonymi zasobami (szczególnie nieodnawialnymi), ponieważ opiera się na rzeczywistych danych wejściowych i wyjściowych danego procesu.

Międzynarodowa Organizacja ds. Standaryzacji ISO definiuje LCA jako technikę oceny aspektów środowiskowych i potencjalnych wpływów związanych z wyrobem (PN-EN ISO 14040:2009; PN-EN ISO 14044:2009), która składa się z czterech faz. Rysunek 2 prezentuje kolejność i powiązania czterech faz oceny cyklu życia oraz sposób ich bezpośredniego zastosowania.



Rys. 2. Fazy oceny cyklu życia  
 Źródło: PN-EN ISO 14040:2009, s. 26.

Fig. 2. Phaze of life cycle assessment

Analizę LCA znacznie ułatwia specjalistyczne oprogramowanie komputerowe, takie jak SimaPro, ECO-it opracowane przez PRe Consultans B.V. w Holandii, Umberto opracowane w Instytucie Energii i Badań Środowiskowych w Heidelbergu czy GaBi, EuroMat, EcoPro, Chalmers, EDIP i inne (Zarębska 2013; Zarębska i Lewandowska 2010). W artykule posłużono się programem SimaPro w wersji 7.1, który wykorzystuje do oceny środowiskowej wskaźnik Eco-Indyikator 99 (Ekowskaźnik 99). Zaletą Ekowskaźnika 99 jest fakt, iż ujmuje on problem zmniejszenia zasobów surowcowych, co jest bardzo istotne w przypadku badania wpływu na środowisko wytwarzania energii cieplnej na bazie nieodnawialnych surowców energetycznych (Dzikuć 2013a; Dzikuć 2013b; Dzikuć i Piwowar 2013; Zarębska 2011). Ekowskaźnik ten można rozpatrywać z uwagi na trzy „archetypy”: H (*Hierarchist*), I (*Individualist*) oraz E (*Egalitarian*). (Eco-indicator 99. Manual for

Designers... 2000). W tym przypadku Ekowskażnik 99 (I) jest optymalny, gdyż ocenie porównawczej poddano dwa zakłady, a dane inwentarzowe z produkcji są z konkretnych dwóch lat (rok 2010 i 2011). Ocena przeprowadzona zgodnie z wyżej przytoczoną procedurą pozwala na zobrazowanie wyników wpływu na środowisko w odniesieniu do jedenastu kategorii oddziaływań: związki kancerogenne, związki organiczne i związki nieorganiczne wpływające na układ oddechowy człowieka, zmiany klimatu, promieniowanie, zubożenie warstwy ozonowej, ekotoksyczność, zakwaszenie i eutrofizacja, zagospodarowanie terenu, minerały, paliwa kopalne oraz trzech kategorii szkód, do których zalicza się: zdrowie ludzkie (*Human Health*), jakość ekosystemu (*Ecosystem Quality*) i surowce naturalne (*Resources*). Przedstawienie wyników oceny LCA wyrażone jest w punktach ekowskażnika – Pt (oraz jego podwielokrotnościach np. mili-punktach – mPt), w przypadku których 1 Pt to wartość jednej tysięcznej rocznego obciążenia środowiska przypadająca na jednego mieszkańca Europy (Adamczyk 2004; Dzikuć 2013c; Urban i Dzikuć 2013; Zarębska 2013).

## 2. Analiza LCA produkcji energii w Elektrociepłowni Legnica i Elektrociepłowni Lubin

Elektrociepłownia Legnica (dalej EC Legnica) oraz Elektrociepłownia Lubin (dalej EC Lubin) wchodzi w skład przedsiębiorstwa „Energetyka” sp. z o.o., które zajmuje się wytwarzaniem ciepła oraz energii elektrycznej. Właścicielem „Energetyka” sp. z o.o. ze stu-procentowym udziałem jest KGHM Polska Miedź S.A. Według danych o produkcji uzyskanych z „Energetyka” sp. z o.o., EC Legnica wytworzyła w 2010 roku 1 025 460 GJ energii cieplnej brutto, a w 2011 roku produkcja zmalała do 811 215 GJ. Natomiast EC Lubin wytworzyła w 2010 roku 1 095 171 GJ energii cieplnej brutto (852 726 GJ energii do sieci ciepłowniczej) i 45 246 MWh energii elektrycznej, a w 2011 roku produkcja wzrosła do 1 354 593 GJ i 52 821,7 MWh. Obie elektrociepłownie są zasilane węglem kamiennym.

Celem artykułu jest ustalenie i porównanie wpływu obu elektrociepłowni na środowisko (przy uwzględnieniu wytwarzania energii cieplnej i elektrycznej na bazie węgla kamiennego) za pomocą oceny LCA, przy wykorzystaniu programu komputerowego SimaPro 7.1. Jako jednostkę funkcjonalną, czyli jednostkę odniesienia opisującą efekt systemu wyrobu, przyjęto 1 GJ wytworzonej energii. W ocenie LCA granice systemu ograniczono ze względu na brak szczegółowych danych do systemu procesu produkcji energii w wybranych elektrociepłowniach oraz transport surowca do EC.

Dane, które posłużyły do badań pochodzą z lat 2010 i 2011, i obejmują elementy wchodzące do systemu czyli wykorzystywane są w produkcji energii cieplnej i elektrycznej – są to: węgiel kamienny, woda (woda zmięczona i nośnik ciepła plus woda zdeminieralizowana), energia elektryczna (w przypadku EC Lubin to jeszcze niewielkie ilości biomasy) oraz elementy wychodzące z systemu produkcyjnego, czyli: ilość produkowanej energii elektrycznej i cieplnej oraz wszelkie powstające w czasie produkcji zanieczyszczenia

(gazy, pyły, ścieki, odpady). W badaniach uwzględniono również średnią kaloryczność węgla wykorzystywanego do produkcji energii, odległość miejsca wydobycia węgla od elektrociepłowni oraz sposób transportu surowca energetycznego. Dane potrzebne do analizy LCA pochodzą z badanych elektrociepłowni Legnica i Lubin. Dokonując analizy LCA nie brano pod uwagę wpływu na środowisko budowy elektrociepłowni oraz produkcji węgla, z uwagi na niedostępność danych potrzebnych do badań.

Wyniki ekologicznej oceny cyklu życia (LCA) dla obu elektrociepłowni zestawione w tabeli 1 i na rysunku 3 w odniesieniu do trzech kategorii szkód pokazują, że największym wpływem na środowisko w badanych elektrociepłowniach cechuje się kategoria „surowce”, przy czym większy wpływ ma wytwarzanie energii w EC Legnica (3,54 Pt w 2011) niż w EC Lubin (3,43 Pt). Kolejnym istotnym czynnikiem negatywnie wpływającym na środowisko w odniesieniu do trzech kategorii szkód jest kategoria „zdrowie ludzkie”. Jednak w przypadku tej kategorii szkód, większy negatywny wpływ na zdrowie ludzkie ma wytwarzanie energii w EC Lubin (w 2010 – 1,12 Pt; w 2011 – 0,92 Pt). Z kolei w odniesieniu do kategorii „jakość ekosystemu”, wpływ na środowisko wytwarzania energii jest większy w przypadku produkcji energii w EC Legnica (w 2010 r. – 0,07 Pt a w 2011 r. – 0,06 Pt).

TABELA 1. Skumulowane wyniki LCA według trzech kategorii szkód

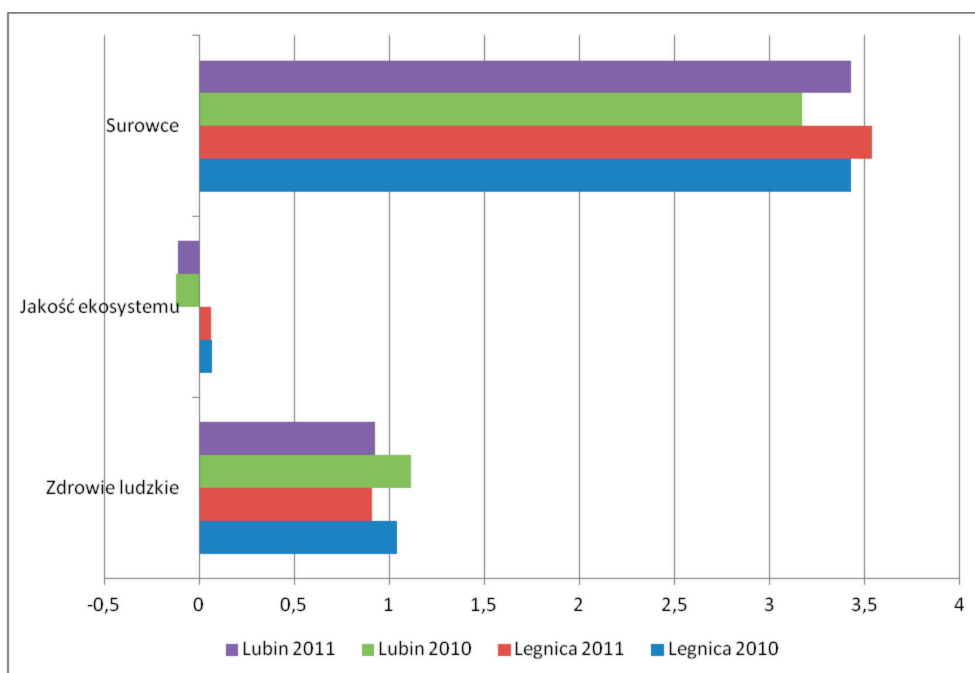
TABLE 1. Results accumulated the LCA according to three damages categories

Kategorie szkód	Jednostka	EC Legnica		EC Lubin	
		2010 rok	2011 rok	2010 rok	2011 rok
Zdrowie ludzkie	Pt	1,04	0,91	1,12	0,92
Jakość ekosystemu	Pt	0,07	0,06	-0,12	-0,11
Surowce	Pt	3,43	3,54	3,17	3,43
Total	Pt	4,54	4,51	4,17	4,24

Źródło: opracowanie własne na podstawie programu SimaPro 7.1.

Elektrociepłownia Lubin osiągnęła ujemny wynik w kategorii szkód „jakość ekosystemu” (-0,11 Pt), co należy interpretować jako korzyść środowiskową. Korzyść środowiskowa jest premią za wykorzystanie wysokosprawnej technologii pozwalającej uniknąć wyemitowania nadmiernej ilości zanieczyszczeń pyłowych i gazowych do atmosfery, a przede wszystkim wykorzystanie do produkcji surowców odnawialnych – biomasy oraz zwiększenia się kaloryczności wykorzystywanych surowców do produkcji.

W EC Legnica nastąpił spadek skumulowanego ekowskaźnika z 4,54 Pt na 4,51 Pt, który prawdopodobnie również jest wynikiem wykorzystania wysokosprawnej technologii pozwalającej uniknąć nadmiernej ilości zanieczyszczeń pyłowych i gazowych do atmosfery (przykładowo emisja CO<sub>2</sub> pomiędzy rokiem 2010 a 2011 spadła o 22 872 Mg, SO<sub>x</sub> o 159 566 Mg). Wzrost skumulowanego wyniku w EC Lubin pomiędzy 2010 a 2011 rokiem (z 4,17 Pt na 4,24 Pt) spowodowany jest prawdopodobnie wykorzystaniem do produkcji biomasy o mniejszej kaloryczności oraz wzrostem emisji pyłowych i gazowych w stosunku



Rys. 3. Skumulowane wyniki LCA według trzech kategorii szkód (wyniki w punktach ekowskaźnika -Pt)  
 Źródło: opracowanie własne na podstawie programu SimaPro 7.1

Fig. 3. Results accumulated the LCA according to three damages categories (results in eco-points Pt)

do roku poprzedniego czyli 2010. Pomimo wzrostu skumulowanego wyniku w EC Lubin z 2010 na 2011 rok, to i tak wynik końcowy LCA w EC Lubin jest niższy niż w EC Legnica.

Analizując wyniki LCA w odniesieniu do jedenastu kategorii oddziaływań (tab. 2 i rys. 4) należy zauważyć, że zdecydowanie największy wpływ na środowisko ma kategoria „paliwa kopalne” zarówno w przypadku EC Legnica jak i EC Lubin. Głównym czynnikiem wpływającym na ostateczny wynik jest wykorzystanie do produkcji energii surowca naturalnego nieodnawialnego, jakim jest węgiel kamienny.

Całkowity wpływ na środowisko wytworzenia 1 GJ energii w przypadku EC Legnica jest wyższy od wpływu na środowisko przy wytworzeniu 1 GJ w przypadku EC Lubin, ponieważ w pierwszej instalacji nie stosuje się kogeneracji (współwytworzenia) przy wytwarzaniu energii. EC Legnica wytwarza tylko energię ciepłą. EC Lubin z uwagi na wykorzystywanie kogeneracji osiąga niższy wynik w kategorii szkód „surowce”, który w największym stopniu wpływa na całkowite obciążenie środowiskowe (tab. 1 i 2). W przypadku kategorii szkód „zdrowie ludzkie” zarówno EC Legnica jak i EC Lubin osiągnęły podobne wyniki, co jest spowodowane wykorzystaniem podobnych technologii oczyszczania spalin w badanych elektrociepłowniach. Ostatnią kategorią szkód, która w najmniejszym stopniu obciąża środowisko jest kategoria „jakość ekosystemu”. Wartości ujemne osiągnięte w przypadku EC Lubin należy interpretować jako korzyść środowiskową, która nie oznacza jednak, że wytwarzanie ciepła pozytywnie wpływa na środowisko, lecz wskazuje na wykorzystywanie



TABELA 2. Skumulowany wyniki LCA wg jedenastu kategorii oddziaływania

TABLE 2. Results accumulated the LCA according to eleven influence categories

Lp.	Kategorie oddziaływania	Jednostka	EC Legnica		EC Lubin	
			2010 rok	2011 rok	2010 rok	2011 rok
1	Związki kancerogenne	Pt	0,03	0,03	-0,15	-0,14
2	Związki organiczne	Pt	0,00	0,00	0,00	0,00
3	Związki nieorganiczne	Pt	0,54	0,41	0,79	0,69
4	Zmiany klimatu	Pt	0,47	0,47	0,48	0,37
5	Radiacja	Pt	0,00	0,00	0,00	0,00
6	Dziura ozonowa	Pt	0,00	0,00	0,00	0,00
7	Ekotoksyczność	Pt	0,02	0,02	-0,11	-0,10
8	Zakwaszenie/ Eutrofizacja	Pt	0,05	0,04	-0,01	-0,01
9	Użytkowanie ziemi	Pt	0,00	0,00	0,00	0,00
10	Minerały	Pt	0,00	0,00	0,00	0,00
11	Paliwa kopalne	Pt	3,43	3,54	3,17	3,43
12	Razem	Pt	4,54	4,51	4,17	4,24

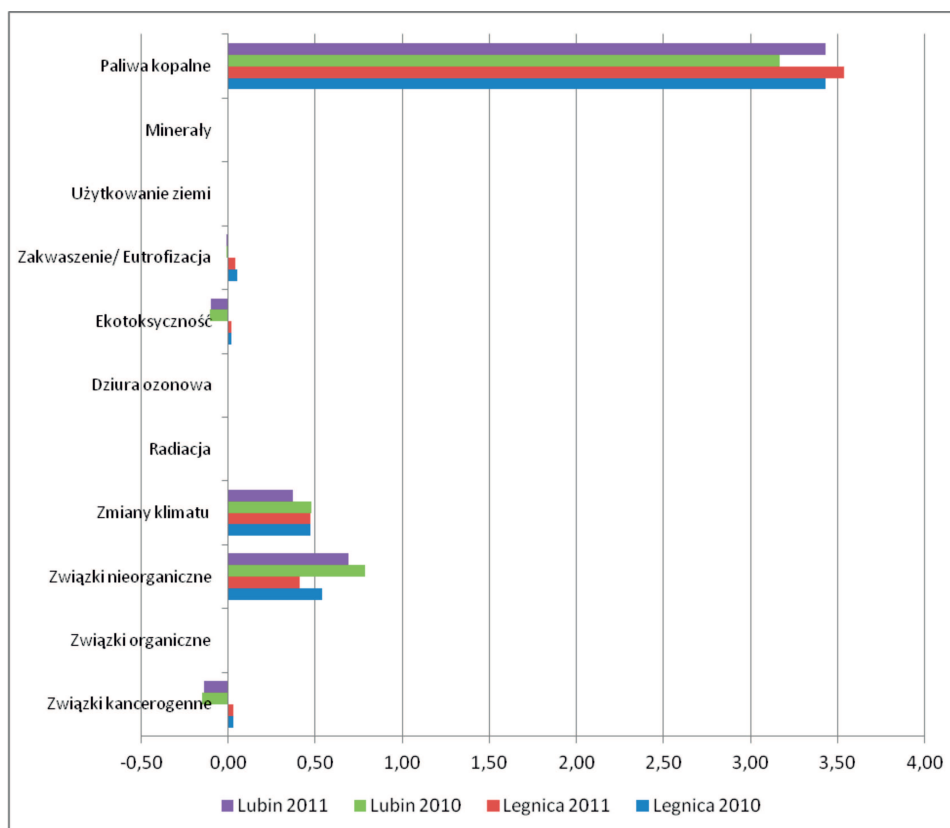
Źródło: opracowanie własne na podstawie programu SimaPro 7.1.

wysoko sprawnych technologii wytwarzania energii oraz biomasy jako surowca odnawialnego.

W przypadku analizy wyników kategorii wpływu, najwyższym negatywnym oddziaływaniem cechuje się kategoria „paliwa kopalne”, która wraz z kategorią „minerały” składa się na kategorię szkód „surowce” (tab. 2 i rys. 4). Zauważalnym wpływem cechują się również kategorie „związki nieorganiczne” i „zmiany klimatu”. Wyraźnie wyższym oddziaływaniem na środowisko cechuje się, w przypadku kategorii „związki nieorganiczne”, EC Lubin i najprawdopodobniej wynika to ze znacznych emisji pyłowych i gazowych do atmosfery, o których wspomniano już wcześniej omawiając tabelę 1. Pozostałe kategorie oddziaływania mają niewielki wpływ na ostateczny wynik oceny LCA.

W 2010 roku do produkcji energii w EC Legnica zużyto 53285,8 Mg węgla kamiennego, a w 2011 roku – 43504,3 Mg. Natomiast w przypadku EC Lubin w 2010 roku zużyto 59074,86 Mg węgla kamiennego, a w 2011 roku – 75142,09 Mg, co stanowi niewielki procent zasobów tego surowca w Polsce. Tak więc, pomimo wyraźnego wpływu na środowisko produkcji energii cieplnej i w skojarzeniu z węglem kamiennym, to z uwagi na koszt wytworzenia energii przy wykorzystaniu innych surowców lub pozyskiwania energii z odnawialnych źródeł, nie należy się spodziewać znaczącego ograniczenia wytwarzania energii elektrycznej i cieplnej w elektrowniach i elektrociepłowniach węglowych. Również





Rys. 4. Skumulowany wyniki LCA według jedenastu kategorii oddziaływania (wyniki w punktach ekowskaźnika – Pt)

Źródło: opracowanie własne na podstawie programu SimaPro 7.1

Fig. 4. Results accumulated the LCA according to eleven influence categories (results in eco-points Pt)

znaczne zasoby węgla kamiennego na terenie Polski nie motywują do szybkiego wycofania się z produkcji energii przy użyciu tego surowca energetycznego.

Należy podkreślić, że przedstawiony w artykule wpływ produkcji energii w wybranych elektrociepłowniach, dotyczy wpływu na środowisko wytworzenia 1 GJ energii, co oznacza, że aby obliczyć roczny wpływ na środowisko danej instalacji uzyskany wynik należy przemnożyć przez ilość wytworzonej energii w danej elektrociepłowni.

## Wnioski

W obecnym stanie polskiego sektora energetycznego, cele unijne dotyczące wdrożenia Pakietu energetyczno-klimatycznego są trudne do osiągnięcia. Potrzeba nowych inwestycji

pociąga za sobą wzrost cen detalicznych energii, a to byłoby posunięcie drastyczne dla przeciętnego gospodarstwa domowego. Jednak biorąc pod uwagę konieczność ponoszenia przez Polskę od początku 2013 roku opłat związanych z emisjami szkodliwych substancji do atmosfery wykorzystywanie węgla do wytwarzania energii cieplnej lub elektrycznej będzie coraz mniej opłacalne lub będzie musiała wzrosnąć cena energii wytwarzana przy użyciu tego surowca. Zanim to jednak nastąpi Polska z dużymi zasobami węgla kamiennego i brunatnego jeszcze przez długi czas będzie swoją gospodarkę energetyczną opierała na tych surowcach nieodnawialnych. Stąd też konieczność ciągłego monitorowania wpływu tego sektora na środowisko.

Zastosowanie oceny cyklu życia (LCA) do oceny produkcji energii w EC Lubin i EC Legnica jest zasadne, gdyż pokazuje w jakim stopniu i na jakie elementy środowiska oddziałuje proces produkcji energii cieplnej i elektrycznej. Wytwarzanie energii w badanych elektrociepłowniach pokazuje np. korzyść środowiskową, którą można osiągnąć poprzez zastosowanie kogeneracji/ współwytwarzanie energii elektrycznej i cieplnej. Współwytwarzanie powoduje mniejsze zapotrzebowanie na surowce energetyczne, obniżając negatywny wpływ na środowisko. Dodatkowym atutem jest również wykorzystanie biomasy do produkcji energii i innowacyjnych instalacji do odpylania oraz eliminacji emisji gazowych.

## Literatura

- ADAMCZYK, W. 2004. *Ekologia wyrobów*. PWE, Warszawa.
- DZIKUĆ, M. 2013a. Bezpieczeństwo energetyczne miast i wsi województwa lubuskiego. *Rynek Energii* nr 1(104), pp. 56–61.
- DZIKUĆ, M. 2013b. Zastosowanie analizy cyklu życia (LCA) do oceny wpływu wytwarzania energii elektrycznej na środowisko. *Przegląd Elektrotechniczny* nr 4, ss. 33–36.
- DZIKUĆ, M. 2013c. Applying the life cycle assessment method to an analysis of the environmental impact of heat generation. *International Journal of Applied Mechanics and Engineering* vol. 18, nr 4, ss. 1275–1281.
- DZIKUĆ, M. i PIWOWAR, A. 2013. LCA analysis as a tool to assess the impact of electricity production on the environment. *Management* vol. 17, nr 1, ss. 382–392.
- Eco-indicator 99. Manual for Designers. A damage oriented method for Life Cycle Impact Assessment 2000*, Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment, The Netherlands; [http://www.pre-sustainability.com/download/manuals/EI99\\_Manual.pdf](http://www.pre-sustainability.com/download/manuals/EI99_Manual.pdf)
- EDF Polska, 2008 – Wkład w przygotowanie programu modernizacji i rozwoju polskiego sektora energetycznego do 2030 roku. *Energetyka*, Zeszyt tematyczny nr XVI, Warszawa.
- KOWALIK, M. i ZAJEMSKA, M. 2013. Spalanie węgla kamiennego w powietrzu wzbogaconym tlenem a zanieczyszczenia. *Polityka Energetyczna* t. 16, z. 2, s. 85–101.
- KOWALSKI i in. 2007 – KOWALSKI, Z., KULCZYCKA, J. i GÓRALCZYK, M. 2007. *Ekologiczna ocena cyklu życia procesów wytwórczych (LCA)*. PWN, Warszawa.
- KULCZYCKA, J. (red.), 2001. *Ekologiczna ocena cyklu życia (LCA) nową techniką zarządzania środowiskowego*. Wyd. IGSMiE PAN, Kraków.
- KULCZYCKA, J. i in. 2008. *Opracowanie metodyki LCA dla oceny projektów infrastrukturalnych*. Kraków, s. 138–150, [http://www.ewaluacja.gov.pl/Wyniki/Documents/rimi\\_017.pdf](http://www.ewaluacja.gov.pl/Wyniki/Documents/rimi_017.pdf) (data dostępu: 28.06.2013).

- PN-EN ISO 14040:2009, Zarządzanie środowiskowe – Ocena cyklu życia – Zasady i struktura, Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa.
- PN-EN ISO 14044:2009, Zarządzanie środowiskowe – Ocena cyklu życia – Wymagania i wytyczne, Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa.
- PN-EN ISO 14050:2010 U; Zarządzanie środowiskowe – terminologia. Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa.
- SOWIŃSKI, J. 2010. Analiza wpływu na polski system energetyczny propozycji Dyrektywy IED w sprawie zintegrowanego zapobiegania zanieczyszczeniom i ich kontroli. *Polityka Energetyczna* t. 13, z. 2, s. 401–410.
- URBAN, S. i DZIKUĆ, M. 2013. Wpływ na środowisko wytwarzania energii elektrycznej w elektrowniach opalanych węglem kamiennym. *Ekonomia i Środowisko* nr 2, ss. 84–92.
- ZARĘBSKA, J. 2013. *Ekologiczne i ekonomiczne aspekty gospodarki odpadami opakowaniowymi w województwie lubuskim*. Oficyna Wyd. Uniwersytetu Zielonogórskiego, Zielona Góra.
- ZARĘBSKA, J. i LEWANDOWSKA, A. 2010. Life Cycle Assessment (LCA) as a tool for creating a proecological image of the companies. *Management* Vol. 14, No. 1, University of Zielona Góra, s. 306-317.
- ZARĘBSKA, J. 2011. *Recykling jako źródło surowców*. [W:] Zrównoważona produkcja i konsumpcja surowców mineralnych, red. J. Kulczycka, E. Pietrzyk-Sokulska, H. Wirth, Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, Kraków, s. 65–75.

Maciej DZIKUĆ, Joanna ZARĘBSKA

## The comparative analysis of energy production in the Legnica Power Plant and Lubin Power Plant with the use of LCA

### Abstract

This paper presents a Life Cycle Assessment (LCA) as a tool for Integrated Product Policy (IPP) for environmental assessment and comparison processes. The paper also demonstrated the usefulness of LCA in the evaluation and comparison of the environmental impact of energy production in the energy sector enterprises. The comparative assessment of manufacturing processes selected two coal-fired power plants. Heat and energy production implies the use of non-renewable resources (in this case coal), and environmental degradation caused by the negative impact of the production, the issue of harmful dust and gas, production of waste and sewage. The size of the negative impact on the individual elements of the ecosystem and human can be determined by Life Cycle Assessment. Environmental Life Cycle Assessment for energy production in Legnica Power Plant and Lubin Power Plant was performed using SimaPro software version 7.1. using the method of Eco Indicator 99. The SimaPro is methodologically based on International Organization for Standardization (ISO) 14040 series of environmental management. As the functional unit, to compare the effects on the environment in both energy production plants, selected to produce 1 GJ. The final result of the LCA was

presented with regard to the three categories of damages: human health, ecosystem quality and resources. This result is obtained in the so-called Ecopoints (Pt) thus providing a comparative analysis of two or more production processes and their impact on the various components of the ecosystem. In addition, the article analyzes using Life Cycle Assessment to compare the environmental impact of energy production in Lubin Power Plant and Legnica Power Plant. Pointed to the difference in the results obtained and discusses the causes of the reported environmental impacts. Identified measures which will help to reduce the impact of energy production on the environment.

**KEY WORDS:** Integrated Product Policy, Life Cycle Assessment, coal, heat