

# Zastosowanie metody oceny cyklu życia (LCA) do oszacowania wpływu na środowisko górniczych materiałów wybuchowych ładowanych mechanicznie

Bożena KUKFISZ\* – Wydział Inżynierii Bezpieczeństwa Pożarowego, Szkoła Główna Służby Pożarniczej, Warszawa; Andrzej MARANDA – Wydział Nowych Technologii i Chemii, Wojskowa Akademia Techniczna, Warszawa

Prosimy cytować jako: CHEMIK 2014, 68, 1, 29–38

## Wstęp

Obserwowany obecnie postęp i rozwój technologiczny w obszarze zmiany technik, technologii i procesu produkcyjnego wymuszają względy głównie ekonomiczne, ale poprzez wprowadzane akty prawne w ostatnich latach znaczenia nabrały także względy ekologiczne. Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. – Prawo ochrony środowiska (Dz. U. Nr 62, poz. 627 z późn. zm.) określa zasady ochrony środowiska oraz warunki korzystania z jego zasobów, z uwzględnieniem wymagań zrównoważonego rozwoju, a w szczególności zasady ustalania warunków ochrony zasobów środowiska, warunków wprowadzania substancji lub energii do środowiska, kosztów korzystania ze środowiska, a także obowiązki organów administracji, ich odpowiedzialność i sankcje. Kolejnym obowiązującym dokumentem jest Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/98/WE z dnia 19 listopada 2008 r. w sprawie odpadów. Głównym celem tej dyrektywy jest zmniejszenie negatywnych skutków wytwarzania odpadów i gospodarowania nimi dla zdrowia ludzkiego i środowiska, zmierzanie do ograniczenia wykorzystania zasobów odnawialnych i nieodnawialnych oraz sprzyjanie praktycznemu zastosowaniu hierarchii postępowania z odpadami.

Po przystąpieniu Polski do Unii Europejskiej górnictwo musi sprostać wymaganiom środowiskowym nałożonym przez dyrektywy unijne i wpływ ten obserwuje się we współczesnej technice strzelniczej, w której, obok zapewnienia efektywności stosowanych materiałów wybuchowych (MW), niezbędnym staje się uwzględnienie wszystkich aspektów ich użycia. Związane jest to z zawartością w składzie preparatu materiałów niebezpiecznych, zapewnieniem bezpieczeństwa pracy, koniecznością minimalizacji szkodliwego wpływu na środowisko w obszarze prowadzonych prac, a także gospodarowania zasobami w sposób zrównoważony. Każda zmiana technologiczna uwzględniać musi aspekty bezpieczeństwa wytwarzania, stosowania oraz aspekty środowiskowe poprzez minimalizację ilości generowanych odpadów oraz brak negatywnego wpływu na środowisko. Ponadto wzmocnienie środków przeciwdziałające powstawaniu odpadów polega na wprowadzeniu podejścia uwzględniającego cały cykl życia produktów i materiałów, a nie tylko fazę odpadu, bo zmniejszanie oddziaływania na środowisko, jakie wywiera wytwarzanie odpadów i gospodarowanie nimi, powinno podnieść wartość ekonomiczną odpadów. Powinno to zachęcać do poddawania odpadów odzyskowi oraz wykorzystywania odzyskanych materiałów w celu ochrony zasobów naturalnych.

Rozwój analizy środowiskowej LCA ma sprzyjać szukaniu rozwiązań prowadzących do zmniejszenia obciążenia środowiska w górnictwie przez minimalizację poboru nośników energii i surowców naturalnych pod względem zmniejszenia emisji, w odniesieniu do efektu użytecznego materiałów wybuchowych i prowadzonych przy ich użyciu procesów urabiania górotworu (tzw. jednostki funkcjonalnej).

Autor do korespondencji:  
Dr inż. BOŻENA KUKFISZ, e-mail: bkukfisz@sgsp.edu.pl

Z analizy danych literaturowych wiadomo, że powszechne w Polsce jest urabianie złoża przy użyciu MW poprzez wiercenie otworów strzałowych, ładunek środków strzałowych i ich detonację. Górnictwo węgla kamiennego, rud cynku, ołowiu i miedzi w Polsce jest uznawane za jedno z najnowocześniejszych i najbezpieczniejszych na świecie. Z pewnością duże znaczenie ma tutaj fakt mechanizacji robót strzałowych w zakładach górniczych z zastosowaniem materiałów wybuchowych ładowanych luzem, co zdecydowanie skraca czas przebywania górników strzałowych w bezpośredniej strefie zagrożenia, jaką jest czoło przodka frontu eksploatacyjnego, oraz zmniejszenie obciążenia górników strzałowych pracą fizyczną. Nowe generacje MW umożliwiły proces mechanizacji, co stanowiło ogromne korzyści ekonomiczne i organizacyjne w odróżnieniu od dotychczas stosowanego ładunku ręcznego. Do nowej generacji MW można zaliczyć emulsyjne materiały wybuchowe (MWE) o obniżonej wrażliwości, optymalnych charakterystykach detonacyjnych i właściwościach użytkowych, a także materiały wybuchowe typu ANFO. Środowiskowa ocena cyklu życia w artykule została użyta do oceny wpływu górniczych materiałów wybuchowych, tj. saletrol i materiał wybuchowy emulsyjny. Materiały te są ładowane do górotworu w sposób mechaniczny.

## Analiza cyklu życia

Analiza cyklu życia stanowi instrument polityki i zarządzania środowiskowego i dotyczy złożonych interakcji między wyrobami a środowiskiem [1 ÷ 4]. Aby skutecznie uporządkować problematykę zarządzania środowiskiem i zdefiniować jej zasady, ustanowiono szereg standardów zebranych w normy serii ISO 14000, które wprowadzono w Unii Europejskiej, a w Polsce jako normy PN-EN ISO [5 ÷ 7]. LCA jest przedmiotem dwóch poniższych norm:

- PN EN ISO 14040:2009 – Zarządzanie środowiskowe – Ocena cyklu życia – Zasady i struktura
  - PN EN ISO 14044:2009 – Zarządzanie środowiskowe – Ocena cyklu życia – Wymagania i wytyczne.
- Analiza LCA składa się z czterech etapów:
- określenie celu i zakresu LCA
  - inwentaryzacja zbioru wejść i wyjść w cyklu życia danego wyrobu LCI (ang. *Life Cycle Inventory*)
  - ocena potencjalnych wpływów cyklu życia związanych z tymi wejściami i wyjściami LCIA (ang. *Life Cycle Impact Assessment*)
  - faza interpretacji rezultatów analizy oraz faz oceny wpływu w odniesieniu do celów badań.

## Określenie celu i zakresu LCA

W pierwszym etapie analizy LCA definiowany jest system wyrobu, granice analizowanego systemu, jednostka funkcjonalna oraz przeznaczenie analizy. Dane do analizy mają charakter zarówno lokalny jak i krajowy, ze względu na fakt że informacje o produkcji pozyskiwane były w polskiej firmie produkującej MW. Bilans materiałowy średnich składów analizowanych MW przedstawiono w Tablicy 1.

Tablica I

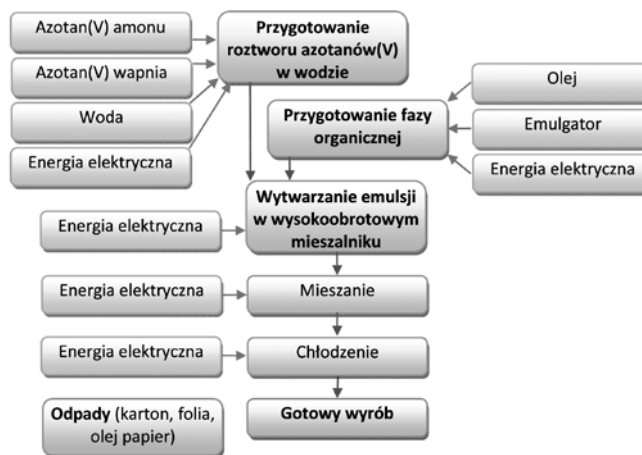
Średnie składy analizowanych MW

Nazwa materiału	Składnik	Zawartość %
Saletrol	azotan(V) amonu	94
	olej	6
Materiał wybuchowy emulsyjny luzem	azotan(V) amonu	60
	azotan(V) wapnia	20
	woda	13
	olej	5
	emulgator	2

Saletrol został wytypowany do analizy ze względu na dominujące wykorzystywanie w przemyśle wydobywczym w kopalniach odkrywkowych i w kopalniach podziemnych, jako konsekwencję łatwości przygotowania go w miejscu użycia oraz niską cenę surowców (saletra amonowa granulowana, olej). Dodatkowo, niska wrażliwość na bodźce mechaniczne umożliwiła mechanizację procesu załadunku do otworów strzałowych. Do analizy w pracy wybrano wytworzenie 1 Mg saletrolu w systemie mieszalniczo-załadoczym samojedźnego wozu strzelniczego typu SWS-11. Cała instalacja jest zbudowana na podwoziu typowego samochodu ciężarowego Renault Midlum i jest zasilana z silnika pojazdu. Instalacja składa się ze zbiorników na saletrę amonową granulowaną i olej napędowy oraz układu mieszania komponentów i mechanicznego załadunku otworów strzałowych. Ze względu na zintegrowany układ sterowania i zasilania produkcją, i wydawaniem saletrolu, proces otrzymywania gotowego produktu został uznany za bezodpadowy. Do obliczeń przyjęto zużycie paliwa podczas transportu na poziomie 32 dm<sup>3</sup>/100 km, a podczas mieszania i załadunku ANFO na poziomie 16 dm<sup>3</sup> na pełny główny zbiornik, tzn. na 3000 kg saletry amonowej i 420 dm<sup>3</sup> oleju napędowego. Średnia odległość, na jaką dostarczany jest produkt, wynosi 50 km. Norma emisji spalin dla Renault Midlum wynosi EURO-3. Analizowany saletrol posiada bilans tlenowy bliski zeru, warunkujący otrzymanie mieszaniny o maksymalnych parametrach energetycznych.

Materiały wybuchowe emulsyjne luzem są stosowane w zakładach odkrywkowych, a także podziemnych. W skład MW emulsyjnych wchodzi utleniacze, paliwa, woda, emulgatory, środki uczulające i modyfikujące. Najczęściej stosowanym utleniaczem jest azotan(V) amonu w mieszaninie z azotanem(V) sodu lub azotanem(V) wapnia. Zawartość utleniaczy dochodzi do 90%. Paliwem są organiczne ciecze tworzące lub nietworzące, z podstawowym składnikiem MWE wodą, roztworów. Materiały wybuchowe emulsyjne ze względu na brak w strukturze kancerogenów są umownie określane dla całej grupy jako ekologiczne [8, 9]. Proces technologiczny otrzymywania MWE składa się z kilku podstawowych operacji, tj. przygotowanie surowców (emulgatora, fazy organicznej, roztworu azotanów(V)), wytworzenia emulsji w wysokoobrotowym mieszalniku, a następnie dozowania surowców sypkich, wymieszania, uczulenia, nabożowania, chłodzenia i pakowania (w przypadku MWE nabożowanych). Dla MWE luzem po procesie mieszania następuje proces chłodzenia i załadunku do pojemników lub cystern. Rysunek 1 przedstawia diagramy procesu otrzymywania materiału wybuchowego emulsyjnego luzem.

Zmniejszona wrażliwość na bodźce mechaniczne, a także obniżona zawartość szkodliwych związków w gazach postrzałowych, czyni je bardziej bezpiecznymi i mniej uciążliwymi dla środowiska. Technologia otrzymywania MW emulsyjnych jest opisywana w literaturze jako całkowicie bezpieczna i praktycznie bezodpadowa, gdyż wszystkie media grzewcze krążą w obiegach zamkniętych.



Rys. 1. Diagram przepływu dla technologii wytwarzania materiału wybuchowego emulsyjnego luzem

Zakres czasowy analizy jest ten sam, tzn. odnosi się do aktualnie produkowanego asortymentu. Wszelkie ograniczenia i wyłączenia są analogiczne dla wszystkich zastosowanych materiałów, np. nie uwzględniono w analizie wpływu minimalnego wymaganego inicjatora, transport pozazakładowy ograniczono do odległości 100 km, nie analizowano sposobu magazynowania materiałów, ani ich czasów wpływających na przydatność do użycia. Jako końcowy sposób zagospodarowania analizowano zużycie w miejscu przeznaczenia, nie analizowano innego sposobu unieszkodliwiania. Produkty detonacji szacowano na podstawie kodów termochemicznych opracowanych w Zakładzie Materiałów Wybuchowych Wojskowej Akademii Technicznej w Warszawie. Nie wyłączano żadnego ze składników wyrobu na podstawie zależności masowych, np. zawartości poniżej 1%, gdyż mogłoby to prowadzić do przeoczeń, bo nawet bardzo mała ilość składnika może być bardzo agresywna dla środowiska. Zatem wszystkie wymienione i niewymienione w kartach charakterystyki substancji niebezpiecznych składniki zostały w analizie uwzględnione. Gromadzenie danych odbywało się poprzez osobiste zbieranie danych w miejscu produkcji oraz wywiad z technologami. Aby analizą objąć całe cykle życia wyrobów, tzn. od momentu wydobycia surowców, pobierano je z bazy danych zawartej w programie SimaPro 7.2 Phd.

W analizie zastosowano właściwą dla producentów jednostkę funkcjonalną 1 Mg wyrobu dostarczonego do kopalni i zdetonowanego. Wybór jednostki funkcjonalnej ma znaczenie w przypadku materiałów wybuchowych o znacznej różnicy parametrów detonacyjnych [10]. Dodatkowo, w analizach uwzględniono modularne podejście, tzn. odniesienie do poszczególnych etapów cyklu życia. W tym celu wyodrębniono następujące etapy cyklu życia:

- A1 – pozyskanie surowców
- A2 – transport wewnątrzzakładowy
- A3 – produkcja
- B1 – transport do użytkownika
- B2 – załadunek
- C1 – detonacja MW.

**Inwentaryzacja zbioru wejść i wyjść**

W ramach etapu drugiego zidentyfikowano i skwantyfikowano dane, począwszy od pozyskania surowców energetycznych i nieenergetycznych, strumieni zanieczyszczeń (gazowych, ciekłych i stałych) odprowadzanych do środowiska w pełnym cyklu istnienia wyrobu, procesu, usługi. Etap drugi, nazywany analizą inwentarzową, oparty był na bilansie materiałowym i energetycznym wszystkich wejść i wyjść analizowanego systemu wyrobu.

**Ocena potencjalnych wpływów cyklu życia**

W etapie trzecim wykonano ilościową i jakościową ocenę obciążeń środowiska z punktu widzenia wykorzystania zasobów natural-

nych oraz odprowadzanych do środowiska zanieczyszczeń w związku z wytwarzaniem danego materiału lub wyrobu. Przeprowadzono klasyfikację danych pochodzących z inwentaryzacji w poszczególne kategorie wpływu na środowisko poprzez przydzielenie poszczególnych emisji do kategorii.

W tym celu wykorzystano metody wskaźnikowe opisujące wpływ na środowisko naturalne, wykorzystując obliczone wskaźniki, które są tworzone dla różnych kategorii wpływu. Do modeli tego typu zaliczyć można metodologię Ekowskażnik 99, w której wszystkie wskaźniki poszczególnej kategorii wpływu są przeliczane na jedną jednostkę, np. dla kategorii wpływu zdrowie ludzkie, jest to jednostka DALY (ang. *Disability Adjusted Life Years*), a następnie przeliczane na jedną kategorię generalnej uciążliwości wyrażonej w punktach ekowskażnika (Pt). W metodzie Ekowskażnik profil środowiskowy odnoszony był do 11. kategorii wpływu modelujących wpływ środowiskowy na poziomie punktów końcowych mechanizmu środowiskowego. Wszystkie kategorie wpływu oceniane były w odniesieniu do trzech głównych kategorii szkód, tj. zdrowie człowieka, skutki ekologiczne i zużycie zasobów. Główne kategorie szkody i wpływu w metodzie Ekowskażnik 99 przedstawiono w Tabelcy 2.

Tabelca 2

**Główne kategorie szkody i kategorie wpływu w metodzie Ekowskażnik**

Kategoria oddziaływania	Jednostka parametru charakteryzowania	Nazwa kategorii oddziaływania (j.pol.)
Zdrowie ludzkie	DALY	Rakotwórczość
	DALY	Układ oddechowy (zw. nieorganiczne)
	DALY	Układ oddechowy (zw. organiczne)
	DALY	Zmiany klimatyczne
	DALY	Promieniowanie
	DALY	Warstwa ozonowa
Jakość ekosystemu	PDF*m <sup>2</sup> *rok	Ekotoksyczność
	PDF*m <sup>2</sup> *rok	Zakwaszenie / Eutrofizacja
	PDF*m <sup>2</sup> *rok	Zagospodarowanie terenu
Zmniejszenie zasobów	MJ	Zasoby surowców mineralnych
	MJ	Zasoby paliw kopalnych

W metodzie Ekowskażnik 99 dokonano obliczeń ważonych wartości wskaźników kategorii oddziaływania na środowisko w celu ustalenia wagi poszczególnych aspektów środowiskowych i przybliżenia możliwości ich porównania. Ważenie prowadzi najczęściej do znacznie mniejszej liczby wskaźników kategorii (w tym przypadku trzech), a nawet do jednej wartości wskaźnika (łączna wartość ekowskażnika – Pt), co ułatwia dokonywanie porównania. Odbyna się to przez ustalenie wartości mnożników wagowych dla określonych znormalizowanych wskaźników kategorii oddziaływania na środowisko.

W metodzie Ekowskażnik wyniki wskaźników kategorii szkody są normalizowane, ważone i grupowane w końcowy ekowskażnik, czyli oceny oddziaływania na środowisko prowadzą do określenia oddziaływania w postaci jednej liczby wyrażającej ilość punktów ekowskażnika. Wprowadzenie metod wskaźnikowych było zdecydowanym krokiem naprzód, bo umożliwiło faktyczne wyeliminowanie procesów, które stanowią duże zagrożenie dla środowiska. Współcześnie jest wiele wdrożonych i wykorzystywanych na szeroką skalę narzędzi oceny i w zasadzie wszystkie wykorzystują podejście LCA, które stało się standardem wszystkich ocen [12].

W metodzie punktów końcowych mechanizmu środowiskowego reprezentowanego przez metodę Ekowskażnik 99 podjęto kroki obo-

wiązkowe, tj. wybór kategorii wpływu, wskaźników i modeli charakteryzowania, klasyfikowanie oraz charakteryzowanie, a także nieobowiązkowe, tzn. normalizowanie, ważenie oraz grupowanie.

**Analiza wyników**

Cykl życia I Mg saletrolu w metodzie Ekowskażnika 99 oceniono na 4341,80 Pt, z czego 70,62% tej wartości wpływa na kategorię szkody zdrowie człowieka, 29,22% na jakość środowiska, a tylko 0,15% zubaża zasoby odnawialne i nieodnawialne. Wartości ekowskażników dla saletrolu przedstawiono w Tabelcy 3.

Tabelca 3

**Procentowe i liczbowe wartości ekowskażnika dla cyklu życia I Mg saletrolu**

Kategoria obciążenia środowiska		Wartość ekowskażnika Pt	Wartość ekowskażnika %
Zdrowie człowieka	Rakotwórczość	1,02	0,02
	Problemy oddechowe-org.	2,40	0,06
	Problemy oddechowe-nieorg.	571,21	13,16
	Zmiany klimatyczne	2491,12	57,38
	Radioaktywność	0,04	0,00
	Warstwa ozonowa	0,47	0,01
<b>Zdrowie człowieka</b>		<b>3066,26</b>	<b>70,62</b>
Skutki ekologiczne	Ekotoksyczność	1,37	0,03
	Zakwaszenie/eutrofizacja	1267,35	29,19
	Wykorzystanie gruntu	0,14	0,00
<b>Skutki ekologiczne</b>		<b>1268,86</b>	<b>29,22</b>
Wykorzystanie zasobów	Minerały	0,00	0,00
	Paliwa kopalne	6,68	0,15
<b>Wykorzystanie zasobów</b>		<b>6,68</b>	<b>0,15</b>
<b>Razem</b>		<b>4341,80</b>	<b>100</b>

W Tabelcy 4 przedstawiono wartości procentowe poszczególnych etapów cyklu życia saletrolu na poziomie ekowskażnika w odniesieniu do całkowitej wartości ekowskażnika.

Tabelca 4

**Wartości procentowe poszczególnych etapów cyklu życia saletrolu na poziomie ekowskażnika, w odniesieniu do całkowitej wartości ekowskażnika**

Wartości procentowe poszczególnych etapów cyklu życia na poziomie ekowskażnika Pt	Wartości procentowe poszczególnych etapów cyklu życia na poziomie ekowskażnika Pt						Suma %
	A1 <sub>MWE</sub>	A2 <sub>MWE</sub>	A3 <sub>MWE</sub>	B1 <sub>MWE</sub>	B2 <sub>MWE</sub>	C1 <sub>MWE</sub>	
Rakotwórczość	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,02
Zapylenie organiczne	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,06
Zapylenie nieorganiczne	2,19	0,00	0,00	3,83	0,00	7,13	13,16
Zmiany klimatu	3,30	0,00	0,00	2,18	0,00	51,89	57,38
Promieniowanie	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Niszczenie warstwy ozonowej	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01
Ekotoksyczność	0,02	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,03
Zakwaszenie/eutrofizacja	0,28	0,00	0,00	0,24	0,00	28,67	29,19
Wykorzystanie terenu	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Paliwa	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15
Suma	5,96	0,00	0,00	6,35	0,00	87,69	100

Cykl życia I Mg MWE luzem w metodzie Ekowskażnika 99 oceniono na 3603,62 Pt, z czego ok. 78% wpływa na kategorię szkody zdrowie człowieka, ok. 22% na jakość środowiska, a tylko 0,12% zużycia zasoby odnawialne i nieodnawialne. Wartości ekowskażników dla MWE luzem przedstawiono w Tablicy 5.

Tablica 5

Procentowe i liczbowe wartości ekowskażnika dla cyklu życia I Mg MWE luzem

Kategoria obciążenia środowiska		Wartość ekowskażnika Pt	Wartość ekowskażnika %
Zdrowie człowieka	Rakotwórczość	2,04	0,06
	Problemy oddechowe-org.	0,31	0,01
	Problemy oddechowe-nieorg.	83,22	2,31
	Zmiany klimatyczne	2734,04	75,87
	Radioaktywność	0,01	0,00
	Warstwa ozonowa	0,06	0,00
<b>Zdrowie człowieka</b>		<b>2819,68</b>	<b>78,25</b>
Skutki ekologiczne	Ekotoksyczność	2,82	0,08
	Zakwaszenie/eutrofizacja	775,97	21,53
	Wykorzystanie gruntu	0,89	0,02
<b>Skutki ekologiczne</b>		<b>779,68</b>	<b>21,64</b>
Wykorzystanie zasobów	Minerały	0,00	0,00
	Paliwa kopalne	4,26	0,12
<b>Wykorzystanie zasobów</b>		<b>4,26</b>	<b>0,12</b>
<b>Razem</b>		<b>3603,62</b>	<b>100</b>

Tablica 6

Wartości procentowe poszczególnych etapów cyklu życia MWE luzem na poziomie ekowskażnika w odniesieniu do całkowitej wartości ekowskażnika

Wartości procentowe poszczególnych etapów cyklu życia na poziomie ekowskażnika, Pt							
	A1 <sub>SL</sub>	A2 <sub>SL</sub>	A3 <sub>SL</sub>	B1 <sub>SL</sub>	B2 <sub>SL</sub>	C1 <sub>SL</sub>	Suma
Rakotwórczość	0,02	0,00	0,03	0,01	0,00	0,00	<b>0,06</b>
Zapylenie organiczne	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	<b>0,01</b>
Zapylenie nieorganiczne	1,71	0,00	0,11	0,46	0,00	0,02	<b>2,31</b>
Zmiany klimatu	2,56	0,00	0,07	0,26	0,00	72,97	<b>75,87</b>
Promieniowanie	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,00</b>
Niszczanie warstwy ozonowej	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,00</b>
Ekotoksyczność	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,08</b>
Zakwaszenie/eutrofizacja	0,41	0,00	0,00	0,03	0,00	21,09	<b>21,53</b>
Wykorzystanie terenu	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,02</b>
Paliwa	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	<b>0,12</b>
<b>Suma</b>	<b>4,91</b>	<b>0,00</b>	<b>0,23</b>	<b>0,77</b>	<b>0,01</b>	<b>94,08</b>	<b>100</b>

W Tablicy 6 przedstawiono wartości procentowe poszczególnych etapów cyklu życia materiału wybuchowego emulsyjnego luzem na poziomie ekowskażnika w odniesieniu do całkowitej wartości ekowskażnika.

### Interpretacja

W etapie czwartym, prowadzi się interpretację wyników oraz analizę wielu możliwych rozwiązań, które mogłyby wpłynąć na zmniejszenie uciążliwości ekologicznej rozpatrywanego wyrobu.

Na podstawie wyników analizowanych z poziomu ekowskażnika można stwierdzić, że saletrol ma potencjalnie większy niekorzystny wpływ środowiskowy, aniżeli materiał wybuchowy emulsyjny luzem oraz że istnieje niewielka liczba głównych źródeł oddziaływania, które są odpowiedzialne za niemal cały wpływ na środowisko z punktu widzenia zarówno całego cyklu życia jak i poszczególnych jego etapów. W przypadku każdego analizowanego MW jest to proces detonacji i w nieznacznym stopniu proces pozyskania surowców, przy czym proces pozyskania surowców w analizie, to całokształt procesów – od wydobycia surowców do produkcji danego wyrobu, substratu w reakcji lub wyrobów wchodzących jako wejścia materiałowe. Dla analizowanych MW przedstawia się to następująco:

- saletrol – 87,69% C1, 5,96% A1, 6,35% B1
- MWE luzem – 94,08% C1, 4,91% A1.

W pełnym cyklu życia analizowanych materiałów wybuchowych wyróżnić można pewną grupę dominujących kategorii wpływu MW i należą do nich zmiany klimatyczne, problemy oddechowe nieorganiczne oraz zakwaszenie i eutrofizacja. Zmiany klimatyczne, zgodnie z Modelem Międzynarodowego Zespołu ds. Zmian Klimatu IPCC (ang. *Intergovernmental Panel on Climate Change*) służy do oceny kategorii wpływu w metodzie Ekowskażnik poprzez potencjały globalnego ocieplenia GWP (ang. *Global Warming Potential*) wyrażone w kg ditlenku węgla na kg emisji na podstawie modelu FUND (ang. *The Climate Framework for Uncertainty, Negotiation and Distribution*) opracowanej przez Tola [13], który został dostosowany do LCA. Badania miały na celu określenie wpływu emisji gazów cieplarnianych na zdrowie człowieka, w szczególności wzrostu liczby zachorowań i zgonów, zmiany w zasięgach chorób rozprzestrzenianych przez infekcje oraz zwiększenie ryzyka chorób infekcyjnych. Badania Tola, zakładały że gazy z czasem życia poniżej 20. lat zachowują się, tak jak metan; gazy z czasem życia 20–110 lat zachowują się, tak jak ditlenek węgla; a gazy z czasem życia powyżej 110. lat zachowują się, tak jak tlenek diazotu. W przeprowadzonej analizie w fazie detonacji dominujący wpływ w ocenie środowiskowej stanowi ilość powstającego ditlenku węgla, zatem ilość ditlenku węgla ma decydujący wpływ na efekt cieplarniany potencjalnie najbardziej niekorzystnego etapu cyklu życia materiałów wybuchowych. Warto dodać, iż rodzaj gazów postrzałowych, w oparciu o wytyczne normy PN-EN 13631-16:2006 [14], ma istotne znaczenie w dopuszczeniu MW w górnictwie podziemnym w kraju, ale odnosi się do tlenków azotu i tlenku węgla, a nie uwzględnia ditlenku węgla.

### Literatura:

1. Huppel G., Simonis U. E., *Environmental Policy Instruments in a new era*. CML-SSP Working Paper 2000.002, Leiden 2000.
2. Folmer H., Gabel L., Opschoor H.: *Ekonomia Środowiska i Zasobów Naturalnych*. Wydawnictwo Krupski i S-ka, Warszawa 1996.
3. Guinee J. B., Gorree M., Heijungs R., Kleijn R., De Koning A., Van Oers L., Wegener Sleeswijk A., Suh S., Udo de Haes H. A., De Bruijn H., Huijbregts M. A. J., Lindeijer E., Roorda A. A. H., Van der Ven B. L., Weidema B. P.: *Handbook on Life Cycle Assessment; operational guide to the ISO standards*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht 2001.
4. Goedkoop M., Spriensma R., *Eco-indicator 99 methodology report*. Pré Consultants B.V., Amersfoort, The Netherlands 2000.



5. PN-EN ISO 14044:2009. *Zarządzanie środowiskowe – Ocena cyklu życia – Wymagania i wytyczne*. Wyd. Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa 2009.
6. PN-EN ISO 14040:2009. *Zarządzanie środowiskowe – Ocena cyklu życia – Zasady i struktura*. Wyd. Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa 2009.
7. Gruszka A., Niegowska E., *Zarządzanie środowiskowe. Komentarz do norm serii ISO 14000*. Wyd. Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa 2007.
8. Maranda A.: *Przemysłowe materiały wybuchowe*. Wydawnictwo Wojskowej Akademii Technicznej, Warszawa 2010.
9. Maranda A., Gołąbek B., Kasperski J.: *Materiały wybuchowe emulsyjne*. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 2008.
10. Kukfisz B., Maranda A.: *Ekologiczna analiza cyklu życia wybranych górniczych materiałów wybuchowych wykorzystujących technologie mechanicznego załadunku*. Materiały konferencyjne 8th International Conference IPOEX 2012 Explosives Research Application Safety, Ustroń Zawodzie, 4-6.06.2012.
11. Kukfisz B., Maranda A.: *Analiza oceny cyklu życia wybranych materiałów wybuchowych z zastosowaniem różnych jednostek funkcjonalnych*. Materiały konferencyjne 10th International Conference IPOEX 2013 Explosives Research Application Safety, Ustroń Zawodzie, 3-5.06.2012.
12. Curran M. A.: *Life Cycle Assessment, Encyclopedia of Ecology*. Oxford, Academic Press 2008.
13. Tol R. S. J., *Time Discounting and Optimal Control of Climate Change: An Application of FUND*. Climatic Change 1999, 41, 3-4.
14. Norma PN-EN 13631-1:2006. *Materiały wybuchowe do użytku cywilnego. Materiały wybuchowe kruszące. Wymagania*.

\* Dr inż. BOŻENA KUKFISZ ukończyła studia na Wydziale Inżynierii Bezpieczeństwa Pożarowego Szkoły Głównej Służby Pożarniczej w Warszawie w specjalności inżynieria bezpieczeństwa pożarowego (2005), Wydział Nowych Technologii i Chemii Wojskowej Akademii Technicznej w Warszawie w specjalności materiałów niebezpiecznych i ratownictwa chemicznego (2006) oraz doktoryzowała się na Wydziale Nowych Technologii i Chemii Wojskowej Akademii Technicznej w Warszawie w specjalności inżynieria materiałowa (2012). Stopień naukowy uzyskała w Głównym Instytucie Górniczym w Katowicach (2013). Obecnie jest adiunktem w Zakładzie Teorii Procesów Spalania, Wybuchu i Gaszenia Szkoły Głównej Służby Pożarniczej. Zainteresowania naukowe obejmują inżynierię bezpieczeństwa przemysłowego, rozpoznawanie zagrożeń pożarowych i wybuchowych oraz inżynierię środowiska z wykorzystaniem analiz LCA.  
e-mail: bkukfisz@sgsp.edu.pl, bkukfisz@onet.pl, tel. 607 634 559.

Prof. dr hab. inż. Andrzej MARANDA ukończył studia w roku 1971 Wydział Chemiczny Politechniki Warszawskiej. Obecnie pracuje w Wojskowej Akademii Technicznej oraz w Instytucie Przemysłu Organicznego w Warszawie. Zainteresowania naukowe: chemia i technologia materiałów wybuchowych, ochrona środowiska. Jest autorem i współautorem pięciu monografii, 20. patentów oraz ponad 500. publikacji zamieszczonych w czasopiśmie naukowych oraz prezentowanych na krajowych i zagranicznych konferencjach naukowych.  
e-mail: amaranda@wat.edu.pl, tel. 22 683 75 41

## Aktualności z firm

### News from the Companies

dokończenie ze strony 28

#### Złoty medal EUREKA!

Złoty medal z wyróżnieniem na Belgijskich i Międzynarodowych Targach Innowacji Technologicznych EUREKA! (Bruksela, 10 listopada 2013 r.) uzyskał wspólny wynalazek INS i ZA PUŁAWY SA: Sposób oczyszczania płynów z odsiarczania spalin od związków fluoru oraz urządzenie do realizacji tego sposobu (twórcy: P.M. Synowiec, B. Bunikowska, B. Pisarska, C. Możeński, S. Jaworski, M. Stechman – INS, T. Pepliński, T. Krupa, R. Jarosz – ZA PUŁAWY SA). (kk)

(<http://www.ins.pulawy.pl>, 13.12.2013)

#### KONKURSY, STYPENDIA, STAŻE

##### Patent Plus

Program ma na celu wsparcie finansowe jednostek naukowych oraz przedsiębiorców w procesie ubiegania się o europejską i międzynarodową ochronę patentową dla uzyskanych przez nich wyników badań naukowych lub prac rozwojowych. Wsparcie w programie może zostać udzielone na pokrycie kosztów m.in. analizy zasadności ekonomicznej objęcia wynalazku ochroną patentową, badanie stanu techniki w zakresie objętym treścią zgłoszenia wynalazku, przygotowanie strategii komercjalizacji wynalazku czy zgłoszenia wynalazku do ochrony (w tzw. procedurze międzynarodowej EPC albo w trybie PCT). Nabór wniosków jest jednoetapowy i prowadzony będzie w terminie od 13 stycznia 2014 r. do 11 lutego 2014 r. (em)

(<http://www.ncbir.pl/programy-krajowe/patent-plus/>, 3.01.2014 r.)

##### Konkurs dla młodych liderów polskiej nauki

Już po raz piąty młodzi naukowcy mogą się ubiegać o środki w wysokości nawet 1,2 mln PLN na prowadzenie własnego projektu badawczego. Rusza nabór wniosków w kolejnym konkursie programu Lider, w ramach którego Narodowe Centrum Badań i Rozwoju sfinansowało już 141 projektów badawczych o wartości 141 mln PLN.

Program Lider ma na celu wspieranie rozwoju kompetencji młodych naukowców w planowaniu, zarządzaniu oraz kierowaniu własnym zespołem badawczym. Znacząca jest w programie współpraca młodych naukowców z przedsiębiorstwami oraz zwiększanie mobilności wewnątrz sektora nauki oraz nauki i przemysłu. Budżet piątej edycji programu to 40 mln PLN.

Nabór wniosków w konkursie trwa od 2 stycznia do 3 marca 2014 r. O środki mogą ubiegać się osoby do 35 roku życia, które posiadają stopień doktora, nie dłużej niż 5 lat i są autorami publikacji w renomowanych czasopiśmie naukowych bądź posiadają patenty lub wdrożenia. (kk)

(<http://www.ncbir.pl>, 2.01.2014)

##### Go\_Global.pl

Firmy, które chcą wprowadzać wyniki badań naukowych i prac rozwojowych na rynki światowe mogą wziąć udział w pilotażowym przedsięwzięciu Go\_Global.pl. Narodowe Centrum Badań i Rozwoju uruchomiło trzecią edycję konkursu, na który przeznaczy 5 mln zł.

W Go\_Global.pl przedsiębiorcy mogą uzyskać dofinansowanie kosztów przygotowania strategii wejścia na rynki światowe oraz dopasowanie swoich produktów do specyficznych wymagań konkretnego regionu. Dofinansowanie będzie można przeznaczyć także na rozwój i weryfikację strategii w relacjach z potencjalnymi inwestorami międzynarodowymi. Program jest skierowany do firm rozwijających produkty z branż wysokich i średnio-wysokich technologii.

Przedsięwzięcie jest realizowane z partnerami umożliwiającymi dostęp do inwestorów wspierających innowacyjne firmy na światowych rynkach.

Nabór w ramach trzeciego konkursu jest ciągły i odbywać się będzie w trzech turach, których zakończenie przypada na: 24 stycznia, 24 lutego i 31 marca 2014 r. Maksymalna wartość dofinansowania dla jednego projektu wynosi 200 tys. zł. (em)

(<http://www.naukawpolsce.pap.pl/aktualnosci/news,398397,5-mln-zl-na-miedzynarodowa-ekspansje-innowacji.html>, 12.12.2013)