

Projekt badawczy własny
Nr N N209 4408/B/H03/2010/39 pt.: „Parametryczna ocena cyklu życia materiałów
wybuchowych górniczych”
Instytut Przemysłu Organicznego, Warszawa

Kierownik projektu: **dr Tadeusz Piotrowski** e-mail: piotrowski@ipo.waw.pl

Termin rozpoczęcia realizacji projektu: **22.09.2010 r.**

Termin zakończenia realizacji projektu: **21.09.2013 r.**

Słowa kluczowe: **ocena cyklu życia, LCA, LCI, LCAI, ekowskaźnik 99, zrównoważony rozwój, materiały wybuchowe górnicze, ochrona środowiska**

W latach 2010 – 2011 wykonano poniżej przedstawione zadania realizowane w ramach kooperacji ze współwykonawcami (Wojskowa Akademia Techniczna, Politechnika Radomska):

1. Analiza standardów środowiskowych i metod otrzymywania materiałów wybuchowych górniczych

1.1. Analiza rodzajów procesów produkcji materiałów wybuchowych górniczych uwzględniająca: zużycie energii, wykorzystanie materiałów, koszty i sposoby recyklingu odpadów poużytkowych i poprodukcyjnych (WAT), oddziaływanie na środowisko (Politechnika Radomska) .

1.2. Przeprowadzenie analizy obecnych standardów środowiskowych oraz opracowanie w analizie rodzajów procesów produkcji materiałów wybuchowych górniczych specjalistycznego segmentu uwzględniającego oddziaływanie na środowisko (Politechnika Radomska)

1.3. Zakup programu SimaPro Professional/PhD 7 do analizy cyklu życia obiektu (WAT, Polit. Radomska 2011 r., IPO zakup 03-2012 r.) i udział w szkoleniu specjalistycznym dotyczącym użytkowania programu SimaPro Professional/PhD 7 (IPO, WAT, Polit. Radomska)

2. Analiza cyklu życia obiektu

2.1. Opracowanie propozycji dla wyboru obiektu do oceny i ustalenia schematu jego cyklu życia (WAT, IPO, Polit. Radomska)

2.2. Wybór obiektu do oceny i ustalenia schematu jego cyklu życia (IPO, WAT, Polit. Radomska)

Saletrole zostały wstępnie wytypowane do analizy LCA ze względu na dominujące ich wykorzystywanie w przemyśle wydobywczym w kopalniach odkrywkowych i także obecne w kopalniach podziemnych, jako konsekwencję łatwości ich przygotowania w miejscu użycia oraz niską cenę surowców obejmującą saletrę amonową granulowaną i olej. Dodatkowo niska wrażliwość na bodźce mechaniczne umożliwiła mechanizację procesu załadunku do otworów strzałowych.

Metanity specjalne zostały wstępnie wytypowane do analizy LCA ze względu na dominację ich zużycia w podziemnych zakładach górniczych uwarunkowaną spełnianiem przez grupę tych MW wyższych wymagań bezpieczeństwa wobec mieszanin pyłu węglowego z powietrzem oraz możliwość stosowania także w warunkach zagrożenia wybuchowego metanem. Należą one do grupy sypkich MW amonowosaletrzanych stosowanych w górnictwie węglowym. Sensybilizowane są nitroestrami w ilości do 10% i zawierają chlorek sodu w ilości około 30%.

Dynamity należą do grupy MW bardzo często stosowanych głównie w górnictwie podziemnym i nieznacznie w odkrywkowym i dlatego zostały wstępnie wytypowane do analizy LCA. Podstawową zaletą są wysokie parametry detonacyjne predysponujące do stosowania w urabianiu skał zwięzłych oraz wodoodporność umożliwiająca wykorzystanie tego typu MW w otworach zawodnionych. Nie jest on przeznaczony do załadunku otworów metodą mechaniczną czy pneumatyczną ze względu na wysoką wrażliwość na bodźce mechaniczne, zwłaszcza uderzenie. Te mieszaniny wybuchowe plastyczne uczulane są najczęściej mieszaniną nitrogliceryny i nitroglikolu w ilości powyżej 10%.

Materiały wybuchowe emulsyjne (MWE) są obecnie numerem jeden pod względem ilości produkcji i użycia w zakładach górniczych niewęglowych i dlatego także zostały wstępnie wytypowane do analizy LCA. Jest wiele odmian tego MW. W Polsce produkowane są MW emulsyjne nabożowane stosowane głównie w zakładach górniczych podziemnych i MW emulsyjne luzem

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 przekracza 90%. Paliwem są organiczne ciecz tworzące lub nietworzące, z podstawowym składnikiem MWE wodą, roztworów. Proces technologiczny otrzymywanie MWE składa się z kilku podstawowych operacji tj. przygotowanie surowców (emulgatora, fazy organicznej, roztworu azotanów(V)), wytworzenia emulsji, dozowania surowców stałych, wymieszania, uczulenia, nabojuwania, chłodzenia i pakowania w przypadku nabojuowanych. Dla MWE luzem po procesie mieszania następuje proces chłodzenia i załadunku do pojemników. Zmniejszona wrażliwość na bodźce mechaniczne, a także obniżona zawartość szkodliwych związków w gazach postrzałowych, czyni je bardziej bezpiecznymi i mniej uciążliwymi dla środowiska.

Jedną z najczęściej obecnie stosowanych technik, umożliwiających ocenę oddziaływania wytwarzania wyrobów i usług na środowisko, jest Ocena Cyklu Życia (skrót ang. - LCA). Jest to technika wiążąca ocenę zagrożeń środowiskowych z systemem wyrobu lub jego działaniem, zarówno poprzez identyfikowanie oraz ocenę ilościową zużytych materiałów i energii, oraz 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, przez produkcję energii i materiałów pomocniczych, przez proces produkcji wyrobu, jego dystrybucji, stosowania, wtórnego wykorzystywania i końcowego zagospodarowania oraz transportu aż do końcowej likwidacji (tzw. „od kołyski do grobu”). LCA przyporządkowuje badanie wpływu na środowisko do trzech obszarów szkód: jakość ekosystemu, zdrowie człowieka oraz zużycie zasobów. Aspekty i wpływy ekonomiczne i społeczne są zazwyczaj w badaniu pomijane.

Aktualnie w Polsce problematyka LCA jest ujęta w trzech dokumentach normatywnych:

1. Norma PN-EN ISO 14040:2009 przewiduje cztery fazy badania LCA: określenie celu i zakresu, analizę zbioru wejść i wyjść (skrót ang. - LCI), ocenę wpływu i interpretację. Badania LCI obejmują jedynie trzy fazy spośród wymienionych, pomijają ocenę wpływu. W normie określono wymagania ogólne dotyczące: granic systemu oraz analizy zbioru wejść i wyjść.

Ponieważ samo gromadzenie danych, z uwagi na znaczne nakłady, może być procesem wymagającym ograniczeń, zaleca się aby praktyczne ograniczenia w gromadzeniu danych były uwzględnione w zakresie badań i udokumentowane w raporcie.

2. Norma PN-EN ISO 14044:2009 jest polską wersją Normy Europejskiej EN ISO 14044:2006, która zastąpiła cztery wcześniejsze dokumenty normalizacyjne: EN ISO 14040:1997, EN ISO 14041:1998, EN ISO 14042:2000 oraz EN ISO 14043:2000. W normie określono wymagania i podano wytyczne dotyczące oceny cyklu życia (LCA), obejmujące:

1. określenie celu i zakresu LCA,
2. fazę analizy zbioru wejść i wyjść cyklu życia (LCI),
3. fazę oceny wpływu cyklu życia (LCIA),
4. fazę interpretacji cyklu życia,
5. raportowanie i przegląd krytyczny LCA,
6. ograniczenia LCA,
7. powiązania pomiędzy fazami LCA,
8. warunki stosowania wybranych wartości oraz elementów opcjonalnych.

Norma obejmuje badania oceny cyklu życia (LCA) oraz badania zbioru wejść i wyjść cyklu życia (LCI). Norma zawiera także słownik terminologiczny (46 terminów) tożsamy z zamieszczonym w PN-EN ISO 14040:2009.

Raport techniczny PKN-ISO/TR 14047:2006 - „Zarządzanie środowiskowe – Ocena wpływu cyklu życia – Przykłady stosowania ISO 14042” prezentuje 8 przykładów dotyczących oceny wpływu cyklu życia (norma ISO 14042 została w 2009 r. wycofana przez PKN, zastąpiły ją dwie powyżej

wymienione normy). Raport jest tłumaczeniem bez jakichkolwiek zmian angielskiej wersji Raportu Technicznego ISO/TR 14047:2003. Przedstawiono w nim przykłady mające na celu zilustrowanie aktualnych praktyk w prowadzeniu oceny wpływu cyklu życia zgodnie z ISO 14042. Przykłady są często niekompletne, brakuje danych dotyczących procesów produkcji wyrobów. Można je niekiedy znaleźć w niewłaściwych miejscach, na przykład w raporcie końcowym. Pierwsze pięć przykładów dotyczy elementów obowiązkowych oceny wpływu cyklu życia, pozostałe opcjonalnych.

W przypadku materiałów wybuchowych dla górnictwa skalnego wybór granic systemu jest problemem złożonym, zwłaszcza gdy celem jest porównywanie wpływów środowiskowych różnych materiałów. Interesujące jest podejście technologiczne (od bramy do bramy) umożliwiające ocenę skutków środowiskowych użytych surowców i materiałów oraz operacji jednostkowych na poszczególnych etapach procesu wytwarzania. W analizie rodzajów procesów produkcji materiałów wybuchowych górniczych, w części obejmującej analizę wejść i wyjść dla wybranych obiektów na etapie produkcji wytypowano do analizy LCA w niniejszym projekcie cztery materiały wybuchowe: metanit specjalny, dynamit, emulsyjny materiał wybuchowy wytwarzany luzem, emulsyjny materiał wybuchowy wytwarzany w postaci nabojów.

Metanit zostały wytypowany ze względu na dominujące wykorzystywanie w podziemnych zakładach górniczych. Proces technologiczny otrzymywania metanitu polega, w głównej mierze, na dokładnym wymieszaniu składników. Parametrem krytycznym jest energochłonność przygotowania poszczególnych składników, które muszą być rozdrobnione, przesiane i wysuszone. Produkcji 1 Mg metanitu towarzyszy wytworzenie 4,606 kg odpadów stałych, z czego 20,6% stanowią odpady chemiczne.

Dynamity należą do grupy MW bardzo często stosowanych w górnictwie podziemnym i tylko nieznacznie w odkrywkowym. Technologia otrzymywania tych klasycznych MW także w głównej mierze polega na dokładnym wymieszaniu składników, w trakcie którego nie zachodzą przemiany chemiczne. Powstające odpady: 6,218 kg/Mg dynamitu, to w głównej opakovania (makulatura i tworzywa sztuczne), odpady typowo chemiczne stanowią jedynie 15,2%.

MWE są powszechnie stosowane w zakładach górniczych niewęglowych. W kopalniach podziemnych stosowane są MWE nabojowane, podczas gdy w zakładach odkrywkowych – MWE luzem. Proces technologiczny ich produkcji składa się z operacji przygotowania surowców (emulgatora, fazy organicznej, roztworu azotanów) wytworzenia emulsji, dozowania składników stałych, wymieszania, uczulenia, nabojowania, chłodzenia i pakowania w przypadku MWE nabojowanych. Ponieważ MWE nie zawierają w swoim składzie substancji kancerogennych są określane umownie jako „ekologiczne”. Technologia produkcji MWE jest opisywana jako całkowicie bezpieczna i praktycznie bezodpadowa.

Produkcja materiałów tradycyjnych (metanit i dynamit), obciąża środowisko 2-3 krotnie większą ilością odpadów w porównaniu do MWE, z tym że w każdym przypadku, masa wytwarzanych odpadów jest niska, na poziomie kilku kilogramów na 1 Mg MW. Poważniejsze różnice w oddziaływaniu na środowisko są związane z technologicznym zużyciem energii. Wytwarzanie MWE jako bardziej energochłonnych będzie zatem mniej korzystne środowiskowo.

Materiały wybuchowe, podobnie jak paliwa ciekłe, należą do grupy produktów, których wykorzystanie zgodne z przeznaczeniem, jest związane z przekształceniem praktycznie całej masy użytego produktu w substancje gazowe emitowane do atmosfery. Oczywiście pełny zakres oddziaływań towarzyszących detonacji obejmuje również hałas, drgania, wypadki oraz zanieczyszczenie wód podziemnych powodowane infiltracją wód opadowych zanieczyszczonych produktami detonacji oraz pozostałościami niespalonego materiału wybuchowego. Wydaje się jednak, że decydujące znaczenie dla oddziaływania środowiskowego mają emisje do atmosfery.

W pracy Alverbro i współl. „A life cycle assessment of destruction of ammunition” J. Hazard. Mat., 2009, 170, 1101, autorzy zwracają uwagę na decydującą rolę emisji do powietrza w procesie detonacji. Można więc oczekiwać, że analogiczna sytuacja będzie odnosić się do materiałów wybuchowych użytkowanych w górnictwie skalnym. Poszerzony zakres porównywania uwzględni również to, że detonacja MWE nie generuje tak znacznych ilości tlenków węgla i azotu w porównaniu z gazami postrzałowymi pochodzącymi od pozostałych MW.

Po analizie zdecydowano się na przyjęcie zaproponowanych przez zespół realizatorów projektu z WAT granic systemu, obejmujących dostarczanie surowców, materiałów i energii

wykorzystywanych do produkcji materiałów wybuchowych, procesu otrzymywania i dostarczenia na miejsce ich wykorzystania oraz procesu detonacji i utylizacji powstających odpadów (typ LCA „od kołyski do grobu”). W przypadku MWE granice systemu powinny obejmować udział systemów mieszalniczo-załadowniczych. Takie podejście stanie się zobiektywizowanym ujęciem ilościowym oddziaływań środowiskowych i umożliwi nadanie obiektywnej wartości informacyjnej terminowi „ekologiczny materiał wybuchowy”.

WYKAZ PRAC PRZYJĘTYCH DO DRUKU LUB OPUBLIKOWANYCH W WYNIKU REALIZACJI PROJEKTU

1. Świetlik R., Molik A., Piotrowski T. – „Ocena cyklu życia – znormalizowana technika zarządzania środowiskowego.” *Ekologia i Technika*, Vol. XIX, nr 6, 2011, 310-318.
2. B. Kuczyńska, A. Maranda, *Analiza zbioru wejść i wyjść (LCI) procesów produkcji wybranych górniczych materiałów wybuchowych*, Materiały wysokoenergetyczne, Praca zbiorowa pod red. A. Maranda, T. Sałaciński, A. Lewandowska, Wyd. Instytutu Przemysłu Organicznego, Warszawa 2011.
3. B. Kuczyńska, A. Maranda, *Toksyczne oddziaływanie wybranych materiałów wybuchowych na organizmy żywe*, Materiały wysokoenergetyczne, Praca zbiorowa pod red. A. Maranda, T. Sałaciński, A. Lewandowska, Wyd. Instytutu Przemysłu Organicznego, Warszawa 2011.

INNE FORMY UPOWSZECHNIENIA WYNIKÓW

1. B. Kuczyńska, A. Maranda, *Evaluation of explosives life cycle assessment* Conference Proceedings Blasting Techniques 2010, Stara Leśna, 20-21.05.2010.
2. A. Maranda, B. Kuczyńska – „Toksyczność wybranych materiałów wybuchowych”, VII Międzynarodowa Konferencja Naukowa IPOEX 2010 „Badania-Zastosowania-Bezpieczeństwo”, Ustroń-Zawodzie, 7-9 czerwca 2010 r.
3. A. Maranda, B. Kuczyńska – „Ekologiczna analiza procesów produkcji wybranych górniczych materiałów wybuchowych”, VIII Międzynarodowa Konferencja Naukowa IPOEX 2011 „Badania-Zastosowania-Bezpieczeństwo”, Ustroń-Zawodzie, 6-8 czerwca 2011 r.
4. T. Piotrowski, R. Świetlik, A. Molik, B. Kuczyńska – „Parametryczna ocena cyklu życia materiałów wybuchowych górniczych. Cz. 1. Prezentacja projektu i analiza standardów związanych z oceną cyklu życia produktu”, VIII Międzynarodowa Konferencja Naukowa IPOEX 2011 „Badania-Zastosowania-Bezpieczeństwo”, Ustroń-Zawodzie, 6-8 czerwca 2011 r.

W komputerowych prezentacjach konferencyjnych referatów zawsze podawano na końcowym slajdzie następującą informację: „Praca wykonana w ramach realizacji projektu badawczego Nr NN209 440839 p.t.: „Parametryczna ocena cyklu życia materiałów wybuchowych górniczych” – finansowanego ze środków na naukę”