

Jolanta Biegańska

TECHNOLOGIA, BEZPIECZEŃSTWO WYTWARZANIA I STOSOWANIA MATERIAŁÓW WYBUCHOWYCH W GÓRNICTWIE W ASPEKCIE ODDZIAŁYWANIA NA ŚRODOWISKO

MONOGRAFIA - NR 13

**SERIA: INNOWACYJNE TECHNIKI
I TECHNOLOGIE MECHANIZACYJNE**



Gliwice 2012

Jolanta BIEGAŃSKA

**TECHNOLOGIA, BEZPIECZEŃSTWO
WYTWARZANIA I STOSOWANIA
MATERIAŁÓW WYBUCHOWYCH
W GÓRNICTWIE W ASPEKCIE
ODDZIAŁYWANIA NA ŚRODOWISKO**

Autor:

dr hab. inż. Jolanta Biegańska, prof. nadzw. w Politechnice Śląskiej -
Instytut Techniki Górniczej KOMAG

Recenzenci:

prof. dr hab. inż. Adam Klich – Instytut Techniki Górniczej KOMAG

prof. dr hab. inż. Andrzej Maranda – Wojskowa Akademia Techniczna

Redaktor techniczny:

mgr inż. Romana Zając

Copyright by

Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Gliwice

Praca naukowa finansowana ze środków na naukę.

ISBN 978-83-60708-63-7

Wydawca:

*Instytut Techniki Górniczej KOMAG
ul. Pszczyńska 37, 44-101 Gliwice*

Spis treści

	str.
1. WSTĘP	1
2. STAN ŚRODOWISKA	3
2.1. Perspektywa krótkoterminowa	4
2.2. Trendy na kolejne dziesięciolecia	6
3. ZARZĄDZANIE ŚRODOWISKIEM	9
4. WYDOBYCIE I PRZETWARZANIE SUROWCÓW	14
4.1. Wielkość zasobów	14
4.2. Czynniki degradacji środowiska	24
4.3. Bezpieczeństwo pracy i ochrona zdrowia – przepisy prawne	33
5. STOSOWANIE MATERIAŁÓW WYBUCHOWYCH I ICH KLASYFIKACJA	39
5.1. Górnictwo podziemne	46
5.2. Górnictwo odkrywkowe	48
6. SKŁADNIKI MATERIAŁÓW WYBUCHOWYCH – ZNACZENIE I ZAGROŻENIA	50
6.1. Azotan(V) amonu – utleniacz	60
6.2. Metale – paliwa w materiałach wybuchowych	63
6.3. Inne dodatki – stabilizatory	66
7. BEZPIECZEŃSTWO PRODUKCJI, TRANSPORTU I STOSOWANIA MATERIAŁÓW WYBUCHOWYCH	69
7.1. Tradycyjne materiały wybuchowe – produkcja w zakładach przemysłowych	102
7.2. Wytwarzanie w miejscu stosowania – materiały ekologiczne	105
8. SPOSOBY INICJOWANIA I ŚRODKI INICJUJĄCE	115
8.1. Nowoczesne środki inicjowania detonacji	117
8.2. Zdalne zarządzanie zakładem górniczym	121
9. POSTĘP TECHNICZNY I TECHNOLOGICZNY – ODDZIAŁYWANIE NA ŚRODOWISKO	131
10. PODSUMOWANIE	154
LITERATURA	158
STRESZCZENIE	173
SUMMARY	175

1. Wstęp

Postęp i rozwój technologiczny w wielu obszarach gospodarki dotyczy przede wszystkim głównych gałęzi przemysłu, które muszą jednocześnie sprostać wymaganiom środowiskowym. Zmiany technik, technologii i procesu produkcyjnego wymuszają głównie względy ekonomiczne, a w ostatnich latach również znaczenia nabrały czynniki ekologiczne. W przypadku polskiej gospodarki takie podejście zobligowało przystąpienie Polski do Unii Europejskiej. Dyrektywy unijne nałożyły obowiązek na nasz kraj dostosowania się do ram przyjętych za normy i opracowania aktów prawnych bądź implementacji tych, które obowiązują w Unii.

Aktem prawnym określającym ogólne zasady ochrony środowiska oraz warunki korzystania z poszczególnych jego komponentów jest obowiązująca, kilkakrotnie nowelizowana, od 1 października 2001 r. Ustawa z 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska (Dz. U. Nr 62, poz. 627 z późn. zm.). W wymiarze praktycznym ochrona środowiska sprowadza się do: przeciwdziałania zanieczyszczeniom, przywracania elementów przyrodniczych do stanu właściwego oraz gospodarowania zasobami zgodnie z zasadą zrównoważonego rozwoju i racjonalnego przekształcania środowiska. Z kolei Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/98/WE z dnia 19 listopada 2008 r. w sprawie odpadów „ustanawia środki służące ochronie środowiska i zdrowia ludzkiego poprzez zapobieganie i zmniejszanie negatywnego wpływu wynikającego z wytwarzania odpadów i gospodarowania nimi oraz przez zmniejszenie ogólnych skutków użytkowania zasobów i poprawę efektywności takiego użytkowania.” Chociaż Dyrektywa ta dotyczy odpadów to zwrócono w niej również uwagę na właściwe korzystanie z zasobów naturalnych.

Dominacja węgla kamiennego i brunatnego przy braku własnych zasobów ropy naftowej i gazu ziemnego sprawia, że polityka ekologiczna w tym zakresie musi być bardziej restrykcyjna. Bardzo ważna staje się sprawa właściwego pozyskiwania tych surowców, których dostępność określana jest w zasobach światowych na 200 lat. Chociaż zasoby węgla są spore, to problemem jest sposób, w jaki gospodaruje się jego złożami. Według opinii naukowców tracone są zasoby węgla z powodu tzw. selektywnego wybierania (wybiera się węgiel dobry jakościowo z bezpiecznych miejsc) – rezygnuje się z cienkich pokładów, nieopłacalnych ekonomicznie.

W przypadku kilku innych surowców (miedź, srebro, siarka i sól), Polska jako producent ma znaczenie światowe. Miedź jest jednym z głównych polskich produktów eksportowych, sprzedawanym w ilości ponad 200 tys. Mg rocznie.

Ważnym czynnikiem przy wyborze techniki pozyskiwania (urabia-
nia) wyżej wymienionych surowców naturalnych jest ekonomia.

Do pozyskiwania węgla brunatnego stosowany jest sprzęt ciężki (eksploatacja najczęściej metodami odkrywkowymi), węgiel kamienny wydobywany jest przy zastosowaniu kombajnów i materiałów wybuchowych (MW), które stosowane są w drażeniu wyrobisk korytarzowych, a w górnictwie rud technika strzelnicza jest podstawowym systemem urabiania tego minerału.

Z powodu powszechności stosowania materiałów wybuchowych oraz skali produkcji (wielkość surowców do pozyskania oraz wielkość produkcji MW jako konsekwencja zasobów surowcowych), istotną sprawą jest wdrażanie nowoczesnych technologii w tym obszarze działania. Zmiany technologiczne uwzględniać muszą aspekty: bezpieczeństwa wytwarzania, stosowania oraz środowiskowe – nie powinny generować odpadów i wpływać negatywnie na środowisko.

W monografii przedstawiono krótką charakterystykę materiałów wybuchowych stosowanych w górnictwie węglowym, podziemnym niewęglowym oraz odkrywkowym, opisano zastosowane w polskim górnictwie zmiany, prowadzące do poprawy bezpieczeństwa robót strzałowych. Omówiono wprowadzone nowoczesne, bezpieczne i ekologiczne materiały wybuchowe, sposób wykonywania robót strzałowych przy użyciu tych materiałów. Zwrócono również uwagę na wpływ postępu technicznego i technologicznego na środowisko.

2. Stan środowiska

W ciągu ostatnich czterdziestu lat odnotowano bezprecedensowy wzrost gospodarczy i poprawę dobrobytu. Począwszy od 1970 r., wielkość światowej gospodarki zwiększyła się ponad trzykrotnie; liczba ludności wzrosła w tym okresie o ponad 3 miliardy. Rozwojowi temu towarzyszy jednak znaczne zanieczyszczenie środowiska oraz wyczerpywanie się zasobów naturalnych. Obecnie stosowany model wzrostu i błędne gospodarowanie zasobami naturalnymi mogą zagrozić dalszemu rozwojowi i przyczynić się do odmiennego biegu wydarzeń. Najbardziej niebezpieczne są tendencje „rabunkowej” gospodarki surowcami. W związku z tym podejmowane są inicjatywy na rzecz strategicznego znaczenia stabilnego zaopatrzenia Unii Europejskiej w surowce i to nie tylko dla przemysłu, ale również dla społeczeństwa. Powstało szereg dokumentów związanych z tą kwestią. Komisja Europejska zaproponowała inicjatywę na rzecz surowców [49] i wspieranie efektywnego gospodarowania zasobami oraz promowanie recyklingu [84]. Uznano, że recykling w dużym stopniu przyczynia się do zachowania zasobów przez stymulowanie projektowania przewidującego perspektywy demontażu i przetwarzania odpadów w produkty i materiały. Zastosowanie tej zasady do całego cyklu życia wyrobów i materiałów (zgodnie z hierarchią postępowania z odpadami określoną w Dyrektywie 2008/98/WE i w Dyrektywie 2006/21/WE w sprawie odpadów i w sprawie gospodarowania odpadami pochodzącymi z przemysłu wydobywczego) spowoduje, że w procesach produkcyjnych bardziej uwzględnia się zasady zrównoważonego rozwoju, aby możliwe było dojście do zrównoważonych modeli produkcji i konsumpcji.

Znaczenie korzystania z zasobów podkreślono również w projekcie [48] przewodnim w sprawie przejścia do Europy zasobooszczędnej. Umożliwi to osiągnięcie płynnego i ambitnego oddzielenia wzrostu gospodarczego od emisji i wykorzystania zasobów. Potrzebna jest realistyczna strategia długoterminowa w celu stymulowania inwestycji na rzecz niskoemisyjności, efektywności energetycznej oraz efektywnego gospodarowania zasobami w całym przemyśle. W dokumentach tych jasno przedstawiono nowe wyzwania i zagrożenia związane z niedoborami zaopatrzeniowymi i nieefektywnym korzystaniem z zasobów, przed jakimi stanęła Unia Europejska w związku z narastającą globalną konkurencją dotyczącą surowców.

2.1. Perspektywa krótkoterminowa

Wpływ postępu i rozwój gospodarczy, a przede wszystkim dążenie do osiągania jak największych zysków powoduje istotne następstwa, których skutki widoczne są obecnie, a ich zasięg jest długoterminowy. Dotyczy to przede wszystkim życia i zdrowia ludzi a przyczyną jest degradacja środowiska.

Dzięki nowoczesnym technikom i instrumentom badawczym można łatwo i to z dużym prawdopodobieństwem prognozować wpływ działalności przemysłowej na różne obszary środowiska. Perspektywa krótkoterminowa (do roku 2030) dotyczy wyzwań ekologicznych w następujących obszarach środowiska:

- zmiany klimatyczne,
- bioróżnorodność i odnawialne zasoby naturalne,
- woda,
- jakość powietrza,
- odpady i niebezpieczne substancje chemiczne.

Przegląd OECD dotyczący ochrony środowiska naturalnego do roku 2030 [119]

Tabela 1

	 [zielone światło]	 [żółte światło]	 [czerwone światło]
Zmiany klimatyczne		Malejąca emisja gazów cieplarnianych na jednostkę PKB	- Globalna emisja gazów cieplarnianych - Rosnąca liczba dowodów na zmiany klimatyczne
Bioróżnorodność i odnawialne zasoby naturalne	Obszary zalesione w krajach OECD	- Gospodarka leśna - Obszary chronione	- Stan ekosystemów - Wymieranie gatunków - Inwazyjne gatunki obce - Lasy tropikalne - Nielegalna wycinka drzew - Fragmentacja ekosystemów
Woda	Zanieczyszczenie miejscowe wody w krajach OECD (przemysł, obszary miejskie)	Jakość wód powierzchniowych oraz oczyszczanie ścieków	- Niedobory wody - Jakość wód gruntowych - Wykorzystanie wody w rolnictwie i zanieczyszczenie wody przez sektor rolny
Jakość powietrza	Emisja dwutlenku siarki i tlenków azotu w krajach OECD	- Cząstki stałe i ozon przy powierzchniowy - Emisja zanieczyszczeń przez transport drogowy	Jakość powietrza miejskiego
Odpady i niebezpieczne substancje chemiczne	- Gospodarka odpadami w krajach OECD - Emisja chlorofluorowęglodorów przez kraje OECD	- Powstawanie odpadów miejskich - Emisja chlorofluorowęglodorów przez kraje rozwijające się	- Gospodarka odpadami niebezpiecznymi i ich transport - Gospodarka odpadami w krajach rozwijających się - Substancje chemiczne w środowisku naturalnym i w produktach

Zagadnienia w każdym z wymienionych elementów środowiskowych mają zasięg globalny i można pogrupować je zgodnie ze schematem [119] zawartym w tabeli 1.

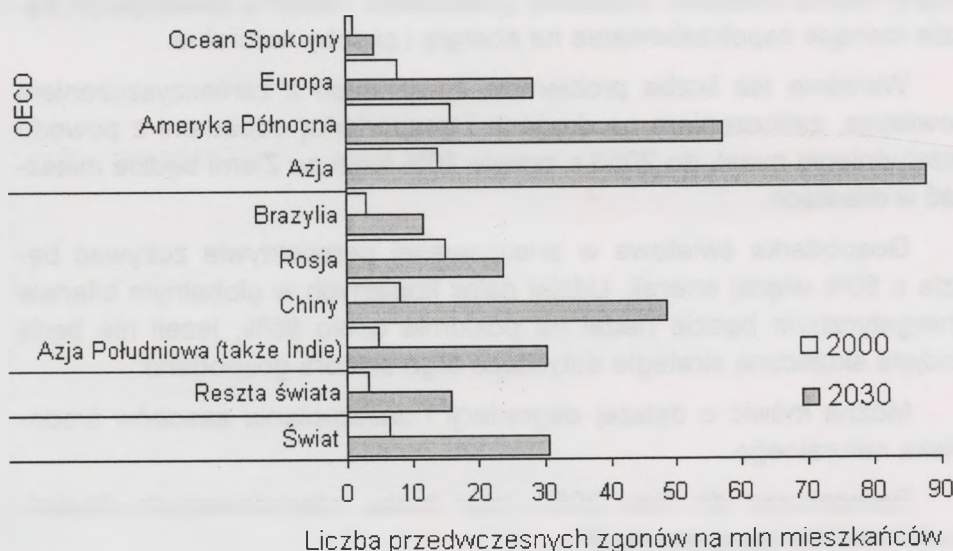
Zielone światło – kwestie związane z ochroną środowiska, które zostały opanowane, lub takie, które w ostatnich latach są coraz lepiej kontrolowane, ale nadal wymagają uwagi.

Żółte światło – kwestie trudne do rozwiązania, ale coraz lepiej kontrolowane, lub takie, których obecny stan jest niepewny. Również są to te kwestie, które zostały już opanowane w przeszłości, a obecnie poziom kontroli nad nimi uległ pogorszeniu.

Czerwone światło – kwestie, które nie są obecnie odpowiednio kontrolowane, bądź takie, których status jest zły lub się pogarsza. Wymagają natychmiastowej reakcji.

Pilne kwestie (czerwone światło) wymagają natychmiastowych działań i dotyczą wszystkich obszarów środowiska. Zgodnie z prognozą (do roku 2030) liczba przedwczesnych zgonów związanych z gromadzeniem się ozonu w warstwie przy powierzchniowej wzrośnie czterokrotnie (rys. 1), a zgonów spowodowanych zanieczyszczeniem cząstkami stałymi – ponad dwukrotnie.

Obecnie obserwuje się, że ilość substancji chemicznych wytwarzanych w krajach nie należących do OECD gwałtownie rośnie. Jednak pełna ocena ryzyka związanego z substancjami chemicznymi zagrażającymi środowisku naturalnemu nie jest możliwa ze względu na niewystarczającą ilość danych.



Rys.1. Liczba przedwczesnych zgonów spowodowanych wysokim stężeniem ozonu w strefach miejskich, lata 2000 i 2030 [117]

Największe szkody środowiskowe odczuwają kraje rozwijające się, które nie są przygotowane do rozwiązywania problemów i dostosowania się do zmian.

Nastąpił czas na podejmowanie planów strategicznych, w celu rozwiązania najważniejszych problemów ochrony środowiska oraz wypracowania koncepcji zrównoważonego rozwoju. Podejmowane decyzje inwestycyjne powinny zmierzać w kierunku poprawy stanu środowiska naturalnego z myślą o przyszłych pokoleniach, zwłaszcza w odniesieniu do energetyki, infrastruktury związanej z transportem, gromadzenia zasobów zasobów naturalnych oraz poprawą zarządzania ochroną środowiska w skali międzynarodowej. Działania te muszą być prowadzone na rzecz zwalczania problemów ekologicznych występujących w skali globalnej.

2.2. Trendy na kolejne dziesięciolecia

Perspektywy demograficzne i ekonomiczne na kolejne (cztery) dziesięciolecia obejmują [120] następujące obszary: zmiany klimatyczne, bioróżnorodność, zasoby wodne i oddziaływanie zanieczyszczeń na zdrowie człowieka.

Według szacunków liczba mieszkańców Ziemi zwiększy się, do roku 2050, z 7 do ponad 9 miliardów. Spodziewany jest niemal czterokrotny wzrost wielkości światowej gospodarki, któremu towarzyszyć będzie rosnące zapotrzebowanie na energię i zasoby naturalne.

Wzrośnie też liczba problemów związanych z zanieczyszczeniem powietrza, zatłoczeniem na drogach i gospodarką odpadami z powodu przeludnienia miast; do 2050 r. prawie 70% ludzi na Ziemi będzie mieszkać w miastach.

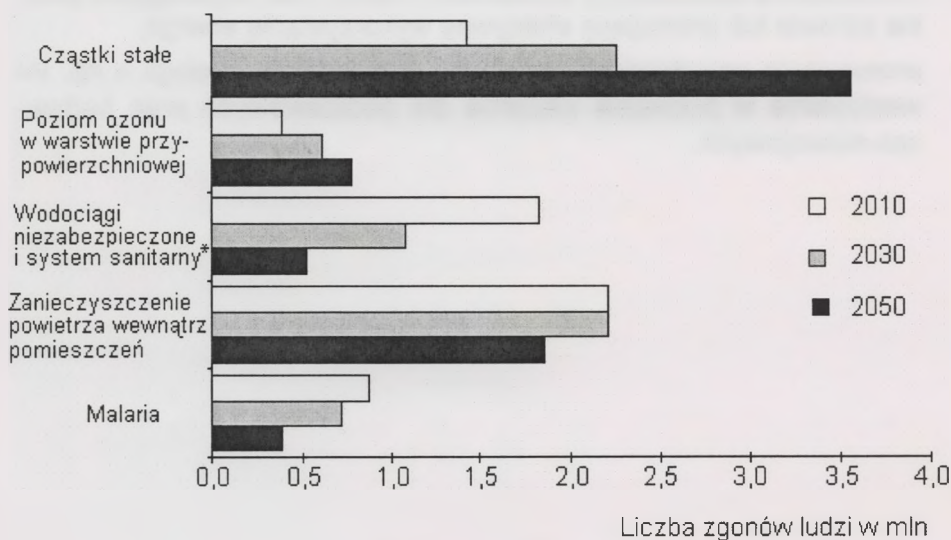
Gospodarka światowa w analizowanej perspektywie zużywać będzie o 80% więcej energii. Udział paliw kopalnych w globalnym bilansie energetycznym będzie nadal na poziomie około 85%, jeżeli nie będą podjęte skuteczne strategie dotyczące tego sektora gospodarki.

Można mówić o dalszej degradacji i uszczuplaniu zasobów środowiska naturalnego.

Perspektywa do roku 2050, przy braku zdecydowanych działań, może mieć następujące skutki:

- utrwalenie się destrukcyjnych zmian klimatycznych (szacowany wzrost globalnej emisji gazów cieplarnianych o 50%),

- dalsze zmniejszanie się bioróżnorodności (różnorodność gatunków lądowych w skali światowej zmaleje o kolejne 10%, zasoby słodkowodne ulegną dalszemu zmniejszeniu). Dotyczyć to będzie zwłaszcza Azji, Europy i Afryki Południowej.
- przedwczesna umieralność [118] związana z czynnikami środowiskowymi (zanieczyszczenie powietrza) (rys. 20). Liczba przedwczesnych zgonów z powodu zanieczyszczeń pyłami może wzrosnąć ponad dwukrotnie, osiągając globalny poziom 3,6 mln rocznie (większość zgonów będzie miała miejsce w Chinach i Indiach).



Rys.2. Zgon spowodowany czynnikami środowiskowymi [118]

* Tylko śmiertelność dzieci

Na całym świecie wzrasta zagrożenie chorobami związanymi z kontaktem z niebezpiecznymi substancjami chemicznymi. Dotyczy to w większej mierze krajów spoza OECD – środki bezpieczeństwa chemicznego są tam wciąż niewystarczające. Prognozowany jest nadal wzrost produkcji chemikaliów. Wiedza na temat bezpiecznego postępowania z wytwarzanymi substancjami oraz ich wpływu na zdrowie człowieka jest ograniczona.

W związku z czyhającymi zagrożeniami, podstawowym wyzwaniem jest podjęcie niezwłocznych działań, które mają uzasadnienie ekologiczne i ekonomiczne.

Prowadzona polityka proekologiczna zakłada [119] wspólne kierunki działania:

- zwiększenie kosztów emisji zanieczyszczeń w porównaniu do kosztów alternatywnych rozwiązań ekologicznych – np. przez wprowadzenie podatków ekologicznych i handlu uprawnieniami do emisji gazów,
- oszacowanie i wycena zasobów naturalnych oraz usług ekosystemowych – np. opłaty za wstęp do parków przyrodniczych itp.,
- wyeliminowanie dotacji prowadzących do szkodliwych skutków dla środowiska,
- opracowanie skutecznych przepisów i norm – np. chroniących ludzkie zdrowie lub promujące efektywne wykorzystanie energii,
- promowanie nowatorskich rozwiązań w dziedzinie ekologii – np. inwestowanie w publiczne wsparcie dla podstawowych prac badawczo-rozwojowych.

3. Zarządzanie środowiskiem

Zgodnie z podstawowymi założeniami zarządzania środowiskiem, identyfikacja aspektów środowiskowych ma na celu poprawę relacji między środowiskiem naturalnym a skutkami działalności człowieka. Utrzymanie w nim równowagi wymaga jednolitego zarządzania dostępem do zasobów środowiskowych, eliminacji negatywnych efektów działalności gospodarczej i racjonalnego użytkowania zasobów naturalnych. Powszechnie stosowanym standardem jest system zarządzania środowiskowego oparty o zapisy norm ISO 14000 [116] lub/i rozporządzenia unijnego EMAS [61]. Rozporządzenie EMAS określa (załącznik VI) dwa rodzaje aspektów środowiskowych: bezpośrednie i pośrednie.

W grupie aspektów bezpośrednich wymienia się:

- emisje do powietrza i uwalnianie do wód,
- generowanie, recykling i usuwanie odpadów,
- korzystanie z gruntów i ich zanieczyszczanie,
- korzystanie z zasobów naturalnych i surowców (w tym energii),
- problemy lokalne:
 - hałas,
 - wibracje,
 - pył,
 - efekt wizualny,
 - nieprzyjemne zapachy,
- oddziaływanie wywołane przez środki transportu,
- zagrożenie środowiskowe powodowane awariami (np. wypadki, uwolnienie substancji toksycznych, pożar),
- wpływ na bioróżnorodność.

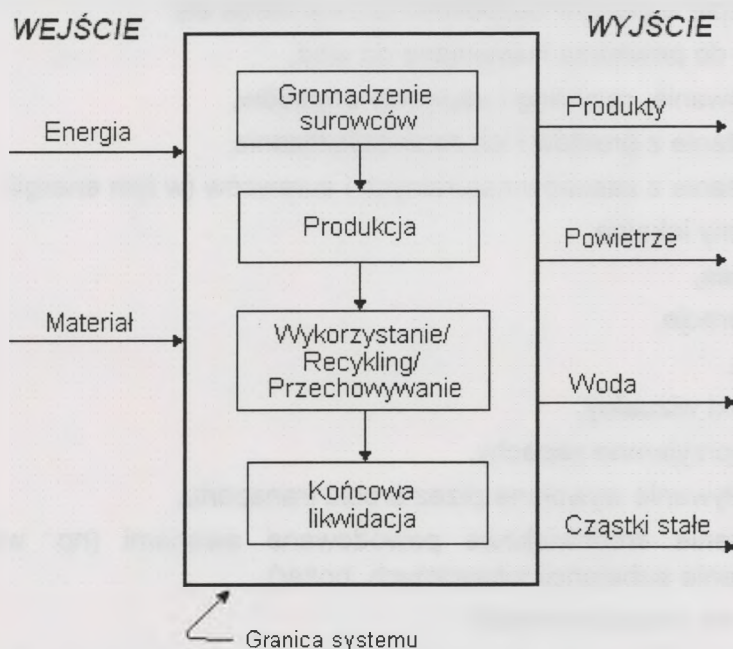
Pośrednie aspekty środowiskowe – to np. poczynania firmy, jej wyroby i usługi mogące skutkować znaczącymi aspektami środowiskowymi, pozostającymi poza pełną kontrolą zarządczą firmy.

W grupie aspektów pośrednich wymienia się:

- zagadnienia dotyczące wyrobów (projekt, rozwój, opakowanie, transport, wykorzystanie oraz odzysk/usuwanie odpadów),
- inwestycje kapitałowe, udzielanie pożyczek, świadczenie usług ubezpieczeniowych,
- nowe rynki zbytu,

- wybór i strukturę usług (np. transport),
- zagadnienia administracyjne i planistyczne,
- strukturę oferty wyrobów,
- efekty działalności środowiskowej oraz praktyki środowiskowe wykonawców, podwykonawców i dostawców.

Ważne jest zidentyfikowanie wszystkich aspektów, gdyż ma to istotne znaczenie dla funkcjonowania systemu zarządzania środowiskowego. Typową metodą identyfikacji aspektów jest wstępny przegląd środowiskowy [163] – wstępna kompleksowa analiza zagadnień związanych ze środowiskiem, wpływu na środowisko oraz efektów działalności środowiskowej związanych z funkcjonowaniem firmy.

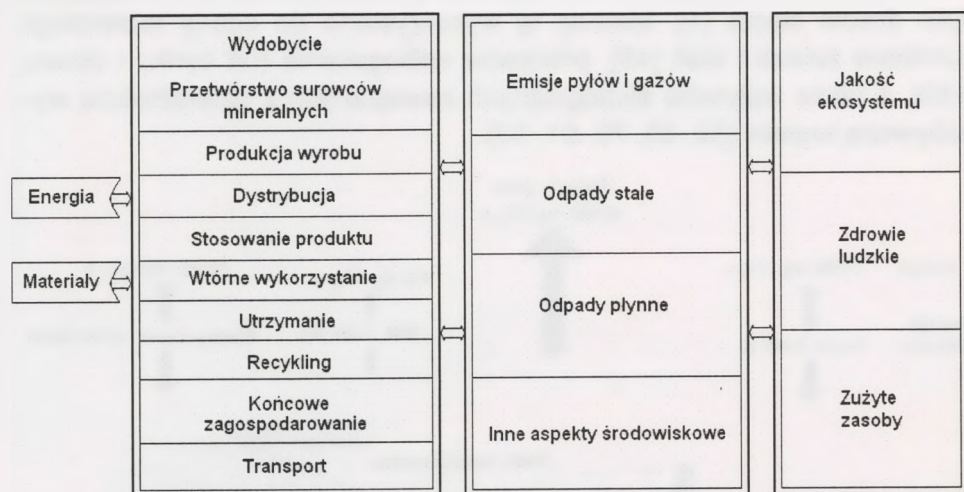


Rys.3. Cykl życia. Ocena obejmuje cztery powiązane etapy życia produktu od pozyskania surowca przez produkcję, wykorzystanie i ostateczne pozbycie się (usunięcie) [50]

Zarządzanie środowiskiem to zarządzanie tymi działaniami firmy, które mają, miały lub mogą mieć wpływ na środowisko. Taki sposób działalności firm zaznacza się wyraźnie w ostatnich latach. Opracowano wiele metod ułatwiających identyfikację aspektów środowiskowych. Rozpowszechnioną metodą oceny jest analiza cyklu życia produktów – Life Cycle Assessment (LCA) [51]. Jest to technika takiego zarządzania środowiskiem, w której ocenia się zagrożenia środowiskowe związane

z wyrobem w całym okresie życia. Dzięki temu nie zostaje pominięty żaden aspekt wytwarzania, funkcjonowania i likwidacji wyrobu. LCA pomaga ocenić interakcje pomiędzy np. wydobywaniem surowców z ziemi (surowiec, dystrybucja energii,), przez produkcję, wykorzystanie/ponowne zastosowanie i ostateczne zarządzanie produktem (rys. 3) [50].

Rozbudowując wyżej wymieniony model LCA można przedstawić go w ujęciu ekologicznym zgodnie ze schematem pokazanym na rysunku 4 [92].



Rys.4. Definicja ekologicznej oceny cyklu życia [92]

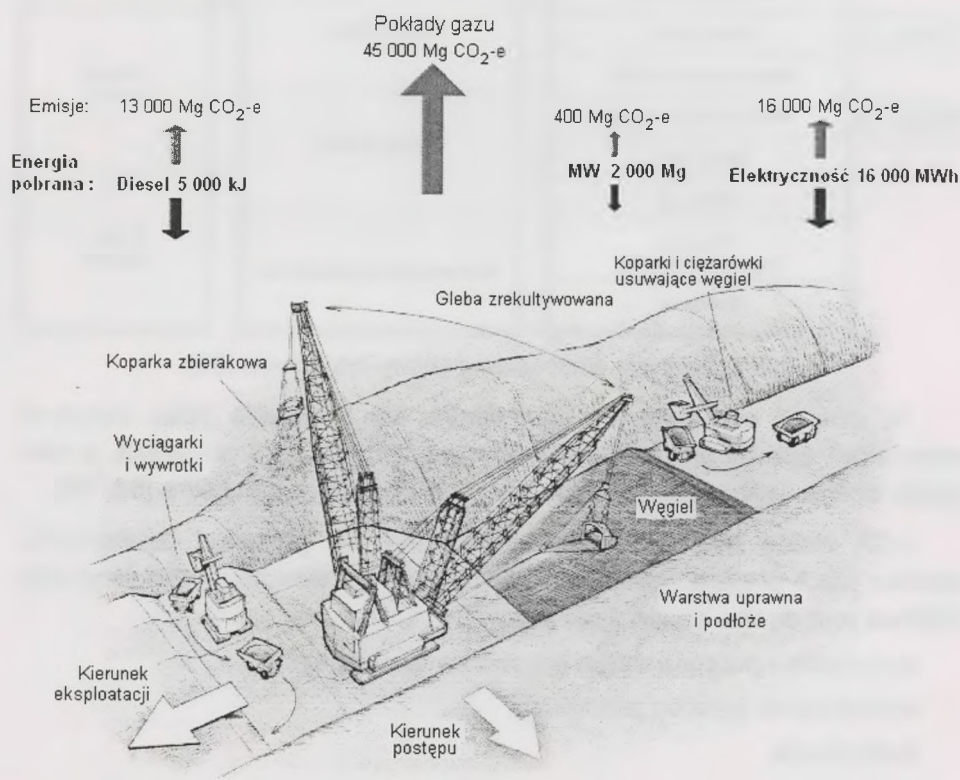
W ocenie ekologicznej identyfikuje się i określa ilość zużytych materiałów, energii oraz odpadów wprowadzanych do środowiska, a następnie ocenia wpływ tych elementów na środowisko naturalne [68, 88].

LCA może być również zastosowane do procesu, działalności, serwisu jak i procesu produkcji. W przypadku procesu produkcyjnego możliwa jest ocena obejmująca [2]:

- wydobywanie i przetwarzanie surowców mineralnych,
- wytwarzanie (proces produkcji),
- dystrybucja,
- transport,
- użytkowanie,
- powtórne użycie,
- recykling,
- ostateczne unieszkodliwianie odpadów.

Analiza LCA umożliwia poprawę aspektów środowiskowych. Dotyczy to wyrobów, procesów wytwórczych i usług w różnych fazach ich cyklu życia. Można dzięki temu podejmować decyzje w przemyśle i organizacjach (rządowych i pozarządowych), przy ustalaniu priorytetów – szczególnie w zakresie ochrony środowiska. Możliwe jest też dokonywanie zmian w określonych sferach działań, np. w zakresie ekologicznej polityki państwa [58, 139].

Opracowano analizy LCA najbardziej popularnych, konwencjonalnych źródeł ciepła [1]. Metodę tę wykorzystano do oceny technologii hutnictwa żelaza i stali [46], procesów wzbogacania rud cynku i ołowiu [169], a także wpływów ekologicznych związanych z działalnością wydobywczą kopalni [52, 53, 70, 91, 93].



Rys.5. Rozkład energii i emisji (na mln Mg węgla) w operacjach wydobywania [151]

Przeprowadzono [99] ocenę górniczych materiałów wybuchowych w oparciu o etap analizy zbioru wejść i wyjść. Przeanalizowano wytwarzanie materiałów wybuchowych, takich jak: saletrol (Ammonium Nitrate

Fuel Oil – ANFO), dynamit, metanit oraz materiał wybuchowy emulsyjny (MWE), uwzględniając na etapie produkcji: zużycie energii, wykorzystanie materiałów, koszty oraz sposoby recyklingu materiałów poużytkowych i poprodukcyjnych.

Zauważono [151], że górnictwo jest emitерem gazów cieplarnianych a stosowanie materiałów wybuchowych do urabiania skał powoduje emisję ditlenku węgla. Wynikiem emisji jest detonacja materiałów wybuchowych – stanowi zaledwie 5% całkowitej emisji w analizie cyklu życia materiału wybuchowego. Ostateczny skład gazów emitowanych do atmosfery podczas detonacji MW jest trudny do ustalenia. Teoretyczne stężenie gazów w wyidealizowanych warunkach może być obliczone z tzw. kodów detonacji IDEX [45]; zakładają równowagę chemiczną i ograniczone spektrum produktów.

Typowy rozkład emisji ditlenku węgla w procesie wydobywczym przedstawiono [151] na rysunku 5.

Emisja ditlenku węgla w wyniku detonacji materiałów wybuchowych wynosi poniżej 1%. W przypadku stosowania materiałów wybuchowych luzem może być mniejsza o połowę. Zatem wpływ emisji z tego źródła byłby rzędu 0,5% lub mniejszy.

4. Wydobycie i przetwarzanie surowców

Surowce mineralne są gwarancją zaspokojenia zapotrzebowania na energię, materiały budowlane i inne produkty, które stanowią podstawę przemysłu i kształtują jego kierunki rozwoju.

Dzięki dostępności do surowców państwo może mieć zapewniony wysoki poziom rozwoju technologicznego. W związku z rosnącym zapotrzebowaniem na energię i wobec zmniejszających się zasobów najważniejszego nośnika energii, w polityce energetycznej naszego kraju, zrównoważony rozwój użytkowania surowców mineralnych jest priorytetowym zapisem. Do głównych zadań, stawianych przed przemysłem wydobywczym w Polsce, należą:

- opracowanie innowacyjnych metod wykorzystania surowców,
- uwzględnienie ograniczenia niekorzystnego wpływu eksploatacji na środowisko naturalne.

Przemysł wydobywczy – niezależnie od jego rodzaju stanowi negatywne źródło oddziaływania na środowisko. Pozyskiwanie surowców odbywa się metodami odkrywkowymi lub podziemnymi systemami wydobywania.

4.1. Wielkość zasobów

Baza surowców w Polsce [155] jest zróżnicowana i kształtuje się według znaczenia przemysłowego w kolejności:

- surowce energetyczne: węgiel kamienny i węgiel brunatny (zasoby są największe na terenie Polski i Niemiec),
- surowce metaliczne: złoża miedzi (Polska jest jednym z największych producentów tego metalu na świecie),
- surowce chemiczne: złoża soli kamiennej, soli potasowo-magnezowej oraz znaczne zasoby siarki (wydobycie ograniczone),
- surowce skalne: piaski i żwiry, kamienie łamane, bloczne oraz wapnie i margle.

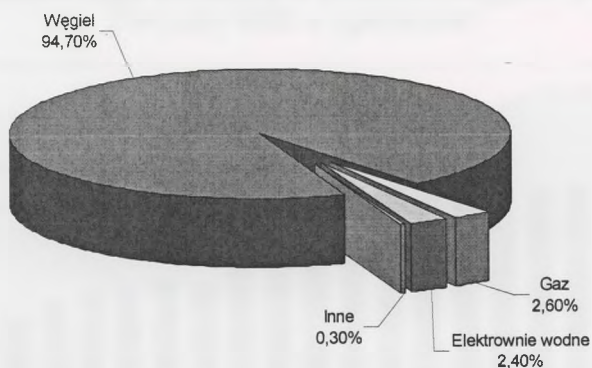
Węgiel kamienny jest najcenniejszym surowcem energetyczno-chemicznym pochodzenia naturalnego. Należy do węgli humusowych, niejednorodnych w swej strukturze, stanowiących mieszaninę kilku odmian petrograficznych (różniących się twardością i połyskiem), tworzących pojedyncze pasma.

Jego skała zawiera: 78 - 92% pierwiastka węgla (antracyt zawierający do 97% węgla to też węgiel kamienny), 2,5 - 5,5% wodoru, 2,5 - 18% tlenu,

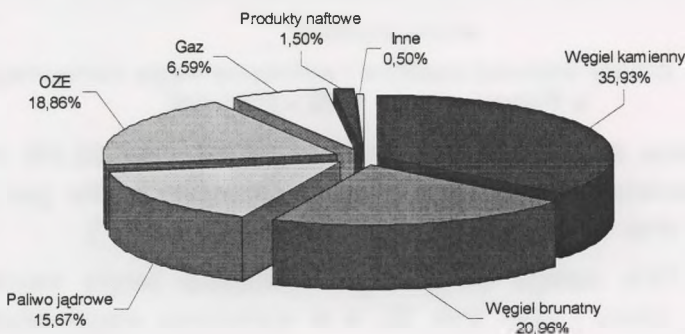
siarkę, azot i inne składniki mineralne w mniejszej ilości, oraz 1 - 8% wody.

Antracyt jest odmianą węgla kamiennego o niskiej zawartości części lotnych, wysokim stopniu uwęglenia i dużym cieple spalania. W Dolnośląskim Zagłębiu Węglowym udokumentowane było jedyne w Polsce złożo antracytu Wałbrzych-Gaj, eksploatowane w latach 1993 – 1998. W roku 1998, z uwagi na likwidację kopalni złożo zostało skreślone z bilansu zasobów [96].

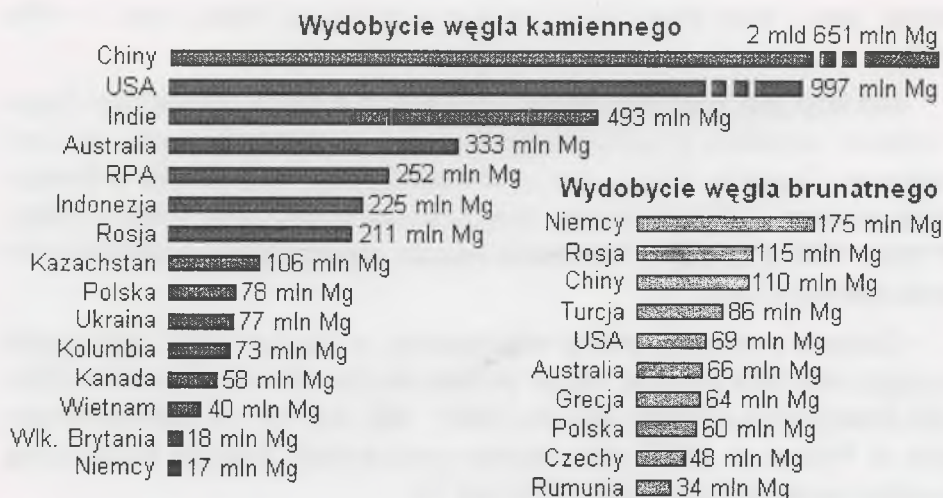
Obecnie produkcja energii elektrycznej, w naszym kraju, jest oparta na węglu kamiennym oraz węglu brunatnym (rys. 6). Z dokumentu „Polityka Energetyczna Polski do roku 2030” [66] wynika, że elektroenergetyka w Polsce w 2030 roku będzie produkować energię elektryczną z węgla kamiennego w około 36% (rys. 7).



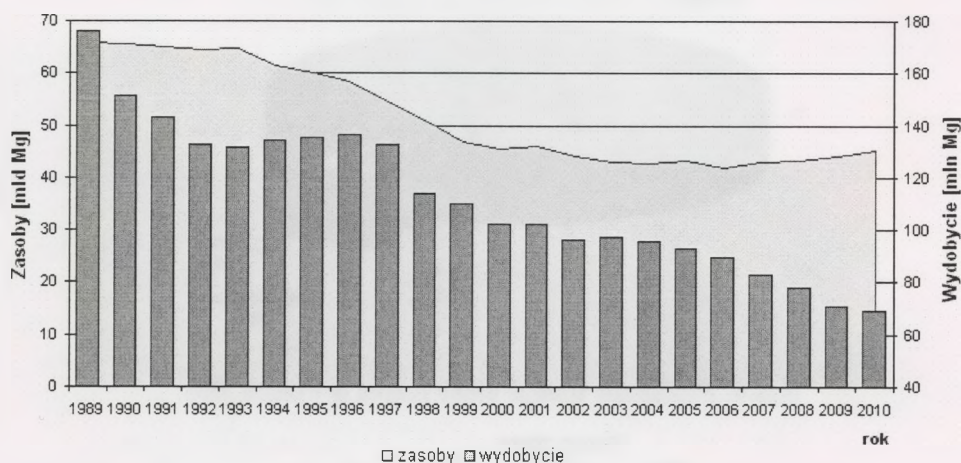
Rys.6. Produkcja energii elektrycznej w Polsce [66]



Rys.7. Produkcja energii elektrycznej netto, w podziale na paliwa, w Polsce w 2030 r. [66]



Rys.8/9. Państwa przodujące w wydobywaniu węgla kamiennego i brunatnego w 2008 roku [141]



Rys.10. Zmiany wielkości zasobów i wydobycia węgla kamiennego w Polsce w latach 1989 – 2010 [96]

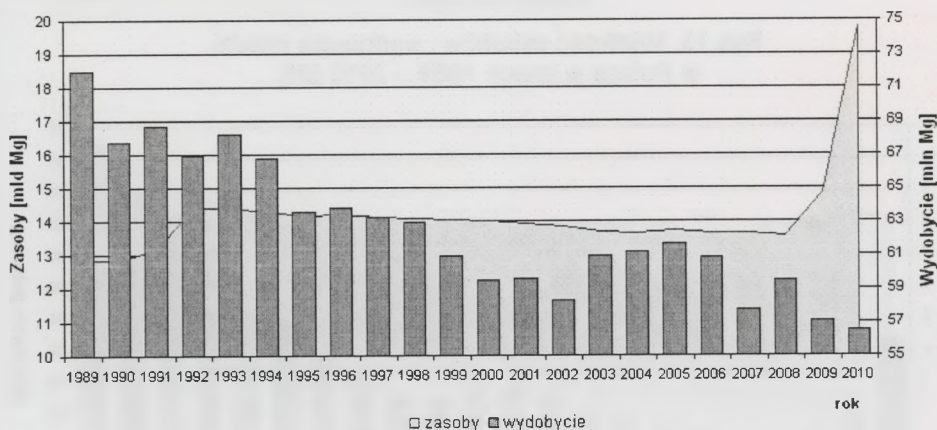
Elektrownie dostarczają odpowiednio: 58,8% oraz 35,9% krajowej produkcji, niewiele ponad 5% przypada na pozostałe źródła: gaz (2,6%), wodę (2,4%) oraz inne w tym na elektrownie wiatrowe [57].

Niemal 75% całego światowego wydobycia węgla kamiennego przypada na Chiny i USA (rys. 8), a w wydobywaniu węgla brunatnego przodują [141] Niemcy, Rosja i Chiny (rys. 9).

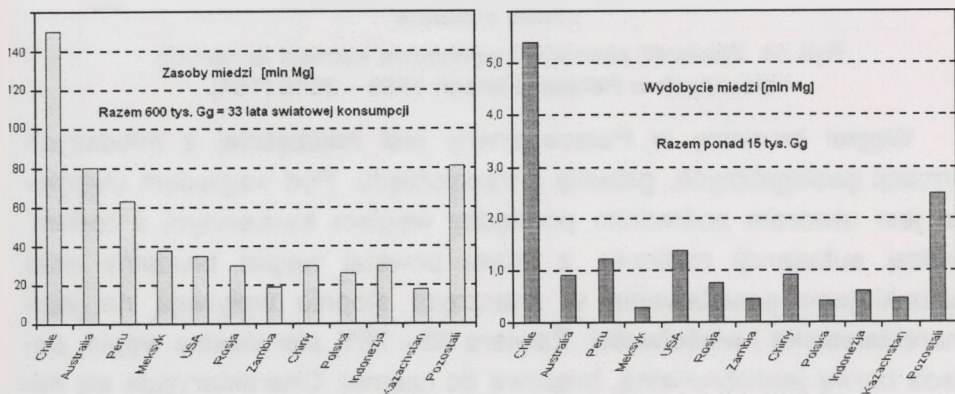
Udokumentowane zasoby bilansowe złóż węgla kamiennego według stanu na 31. 12. 2010 roku wynosiły $45\,144 \cdot 10^3$ Gg. Prawie 75% zasobów,

to węgle energetyczne, $\frac{1}{4}$ to węgle koksujące, a inne typy węgla stanowią ułamek procenta wszystkich zasobów węgla. Wielkość zasobów i wydobywania węgla kamiennego i brunatnego przedstawiono [59, 96] odpowiednio na rysunkach 10 i 11.

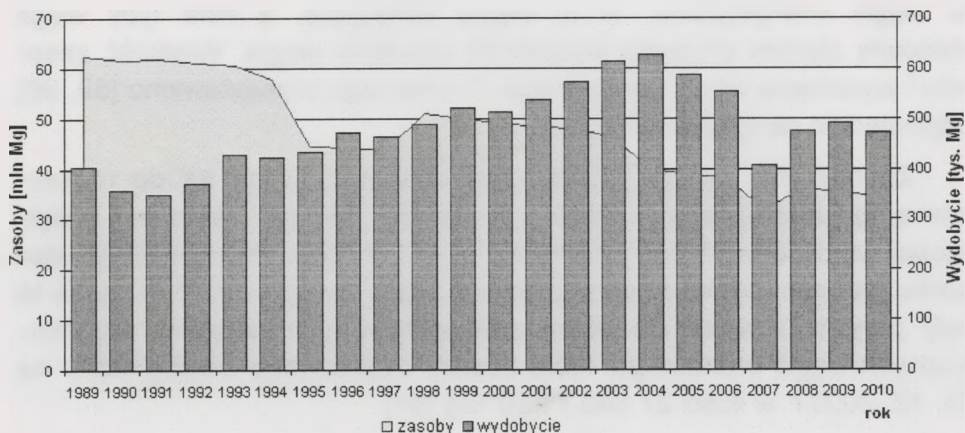
Zasoby złóż **węgla brunatnego** dokumentowane są do maksymalnej głębokości spągu złoża wynoszącej 350 m, minimalnej miąższości węgla brunatnego w pokładzie – 3 m oraz maksymalnym stosunku grubości nadkładu do miąższości złoża równym 12 : 1. Kryteria te były przyjęte również do oceny zaktualizowanych zasobów prognostycznych węgla brunatnego, które zostały oszacowane według stanu na 31. 12. 2009 r. w ilości $27\,540,71 \cdot 10^3$ Gg [81].



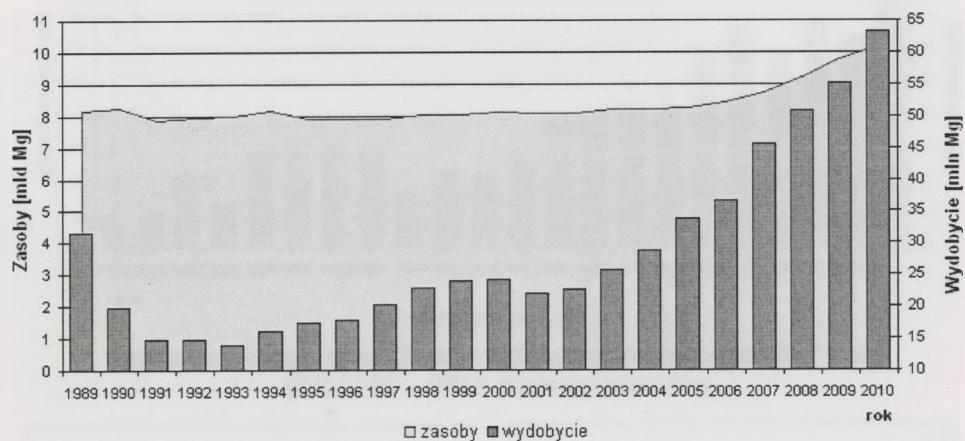
Rys.11. Zmiany wielkości zasobów i wydobywania węgla brunatnego w Polsce w latach 1989 – 2010 [59]



Rys.12. Udokumentowane zasoby miedzi i produkcja górnicza w wybranych krajach [104]



Rys.13. Wielkość zasobów i wydobywania miedzi w Polsce w latach 1989 – 2010 [95]



Rys.14. Wielkość zasobów i wydobywania kamieni łamanych i blocznych w Polsce w latach 1989 – 2010 [164]

Węgiel brunatny w Polsce znany jest najczęściej z młodszych formacji geologicznych, głównie z trzeciorzędu. Pod względem uwęglenia jest utworem pośrednim pomiędzy węglem kamiennym a torfem. Rodzaj substancji roślinnej, z której powstał węgiel brunatny oraz warunki jego powstawania w znacznym stopniu wpływają na jego charakterystykę i właściwości. Zawiera 65 - 78% pierwiastka węgla, posiada barwę jasnobrunatną, brązową do czarnej. Charakteryzuje się minimalną średnią ważoną wartością opałową w pokładzie równą 6,5 MJ/kg (przy wilgotności węgla 50%) oraz maksymalną średnią zawartością siarki całkowitej równą 2%.

W światowym wydobyciu **rud miedzi** (według zawartości metalu w rudzie) a także w produkcji miedzi przoduje [104] Chile (rys. 12).

Złoża miedzi oraz cynku i ołowiu występują często z domieszkami metalicznymi; obok tych surowców pozyskuje się: srebro, kadm, nikiel, złoto, wanad, kobalt, selen.

Wydobycie miedzi w Polsce w roku 2010 (rys. 13) wyniosło [95] 22 448 Gg rudy, zawierającej 472 Gg miedzi metalicznej oraz prawie 1,23 Gg srebra.

Serię miedzionośną stanowią oddzielne warstwy litologiczne: kolejno od spagu piaskowce przykryte łupkami ilasto-marglistymi lub dolo-mitycznymi i wapieniami dolomitycznymi w stropie. Szaro-czarne łupki ilaste są najbardziej zmineralizowane miedzią i są nazywane łupkami miedzionośnymi. Głównymi minerałami miedzi są: chalkozyn (Cu_2S), bornit (Cu_5FeS_4) i chalkopiryt (CuFeS_2). Oprócz nich występują bardzo licznie inne minerały miedzi, srebra (w tym srebro rodzime), cynku, ołowiu, kobaltu i niklu.

Grupa **surowców** (kopalin) **skalnych** – kamienie łamane i bloczne (bądź drogowe i budowlane), obejmuje 33 odmiany litologiczne skał magmowych, osadowych i metamorficznych cechujących się określonymi właściwościami, które decydują o ich wykorzystaniu gospodarczym.

Z kamieni spełniających odpowiednie wymagania produkowane są:

- kruszywa łamane dla drogownictwa, budownictwa i kolejnictwa,
- elementy kamienne dla drogownictwa (kostka, płyty, krawężniki),
- elementy kamienne dla budownictwa (bloki, płyty, kamień murowy).

Światową produkcję kruszyw szacuje się [89] na około $20 \cdot 10^6$ Gg, co stanowi ok. $2/3$ wydobycia ogółem surowców stałych. W Unii Europejskiej produkuje się ponad $3,5 \cdot 10^6$ Gg kruszyw; kruszywa wydobywane i produkowane są na największą skalę spośród wszystkich surowców mineralnych.

Do największych producentów kruszyw w UE należą: Niemcy ($470 \cdot 10^3$ Gg/rok), Hiszpania ($430 \cdot 10^3$ Gg/rok), Francja (ok. $400 \cdot 10^3$ Gg/rok), Włochy ($350 \cdot 10^3$ Gg/rok), Wielka Brytania ($200 \cdot 10^3$ Gg/rok), Polska ($200 \cdot 10^3$ Gg/rok).

Na rysunku 14 pokazano [164] wielkość zasobów i wydobycie kamieni łamanych i blocznych w Polsce w latach 1989 – 2010.

Kamienie łamane i bloczne w ponad 98% wykorzystywane są jako kruszywo łamane używane w drogownictwie i budownictwie oraz przeznaczone na drobne elementy kamienne, jak: kostki, krawężniki i inne. Pozostałe 2% to kamienie bloczne w postaci dużych bloków, z których wykonuje się masywne elementy, płyty okładzinowe. Najdynamiczniej rozwijającym się rejonem Polski w pozyskiwaniu kruszyw naturalnych jest [78] województwo świętokrzyskie.

Zdjęcie [149] złoże "Piskrzyn" - obszaru górniczego "Piskrzyn I" o pow. 615 050 m² i terenu górniczego "Piskrzyn II" o pow. 2 082 590 m² przedstawiono na rysunku 15.

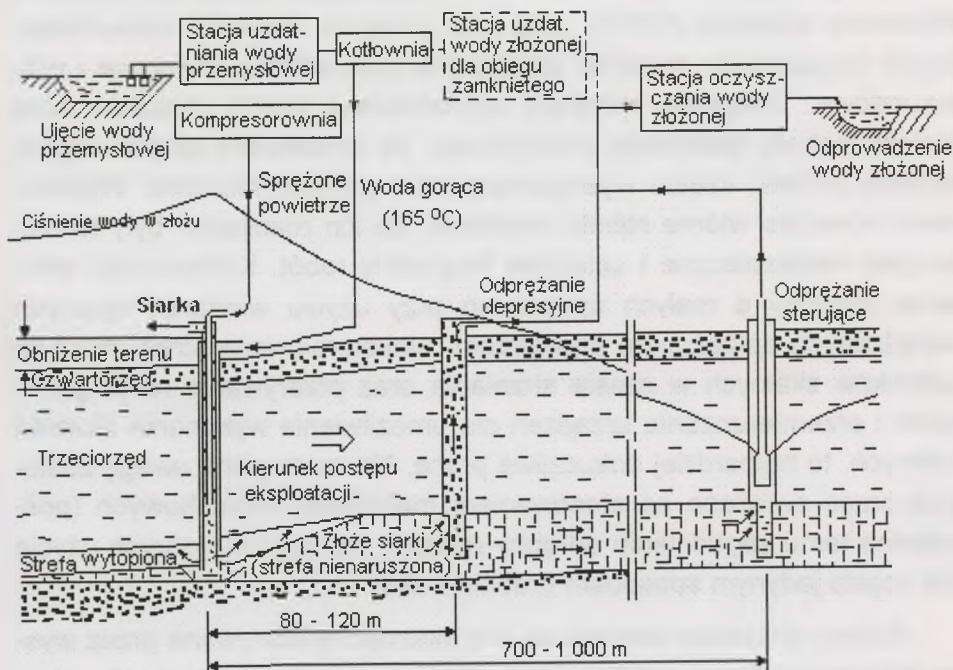


Rys. 15. Kamieniołom dolomitów dewońskich „Piskrzyn” (fot. E. Sermet) [149]

Wydobycie surowców odbywa się jedną z trzech metod:

1. Podziemna – najtrudniejsza metoda eksploatacji. Charakteryzuje się udostępnieniem złóż wyrobiskami górniczymi: pionowymi (szyby), poziomymi (sztolnie) lub nachylonymi (upadowymi). Metoda stosowana jest w górotworze na głębokości od kilkunastu do kilku tysięcy metrów.
2. Odkrywkowa – charakteryzuje się otwartą przestrzenią wyrobisk. Rozróżnia się wyrobiska stokowe, stokowo-wgłębne i wgłębne. Mają powierzchnię od kilkuset metrów kwadratowych do kilkuset kilometrów kwadratowych (wydobycie węgla brunatnego).
3. Otworowa – nadaje się do wydobycia surowców chemicznych (siarki, soli kamiennej) oraz węglowodorów (ropy naftowej, gazu ziemnego).

Wydobycie tą metodą (rys. 16) [137] polega na odwierceniu otworów eksploatacyjnych, do których wprowadzone są współśrodkowe rury, którymi do złoża tłoczy się przegrzaną wodę i sprężone powietrze oraz wydobywa wytopiony surowiec.



Rys.16. Schemat eksploatacji siarki metodą podziemnego wytopiania [137]

Każda z metod wydobywczych charakteryzuje się innymi zagrożeniami, niebezpieczeństwami i uciążliwościami. Dla przykładu proces wydobywania w górnictwie odkrywkowym obejmuje:

- przygotowanie złoża do eksploatacji – zdjęcie nadkładu tj. tej części mas ziemnych i skalnych, które nie są kopaliną użyteczną a zalegają nad stropem złoża,
- urabianie złoża przy użyciu materiałów wybuchowych – wiercenie otworów strzałowych, załadunek z użyciem środków strzałowych i urobienie metodą wybuchową. Jest to faza odspojenia części złoża i jej rozdrobnienia do rozmiarów niezbędnych w przyjętej technologii,
- załadunek i transport urobku między przodkiem eksploatacyjnym a miejscem: przeróbki, wzbogacania i uszlachetniania.

Przygotowanie złoża do eksploatacji zleca się firmom zewnętrznym. Do tego typu prac stosowany jest wysoko wydajny sprzęt: spycharki, koparki, środki transportu. Są to maszyny nowej generacji.

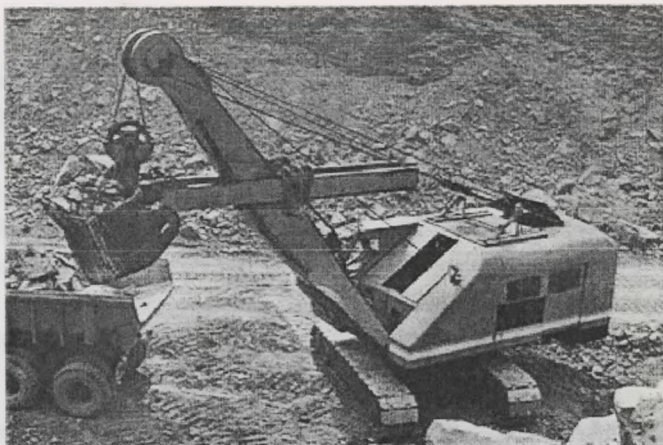
Urabianie złoza przeszło największe zmiany w technice i technologii górniczej. Początkowo używano wiertnic obrotowych, udarowo obrotowych, charakteryzujących się niską wydajnością, małą precyzją oraz dużą uciążliwością pracy. W robotach strzelniczych powszechnie stosowano saletrole (ANFO), oraz inne dostępne materiały wybuchowe. Środki inicjujące to: zapalniki elektryczne momentalne, zwłoczne i milisekundowe. Dostępne materiały wybuchowe i środki inicjujące oraz poziom techniki wiertniczej powodowały, że uzyskiwano bardzo niejednorodny urobek; często występowały bryły ponadwymiarowe. Wykonywano wówczas wtórne roboty strzałowe, do ich rozbijania; były to najbardziej niebezpieczne i uciążliwe fragmenty robót. Konieczność wiercenia otworów o małych średnicach przy użyciu wiertarek ręcznych napędzanych sprężonym powietrzem, niekontrolowane strefy rozrzutu odłamków skalnych w czasie strzelania oraz przerywanie robót górniczych i przemieszczanie urządzeń dla umożliwienia wykonania strzelań wtórnych, to najbardziej dokuczliwe prace. Na szczególną uwagę zasługują prace związane ze stosowaniem materiałów wybuchowych (poświęcono temu zagadnieniu odrębny rozdział monografii), których użycie jest często jedynym sposobem urabiania skał.

Roboty strzałowe obecnie są w większości wykonywane przez wyspecjalizowane firmy dysponujące najnowszymi technikami wiercenia i środkami strzałowymi; sprowadzono do Polski i udoskonalono te technologie.

Ładunek i transport urobku wykonywany jest koparkami sterowanymi elektronicznie i często posiadającymi klimatyzowane kabiny operatora. Stosowane są specjalnie przygotowane ładowarki – mobilne i ekonomiczne w użytkowaniu. Są to: koparki jednonaczyniowe przedsiębiorne i podsiębierne (KOMATSU) lub ładowarki (VOLVO, CATERPILAR). Na rysunkach 17 i 18 pokazano [7] sposób ładunku urobku w kopalni odkrywkowej z wykorzystaniem specjalnych ładowarek.

Transport technologiczny (rys. 19) odbywa się niezawodnymi samochodami (BIEŁAZ), które transportują urobek na zakład przerobczy [86]; mogą przewozić od 30 do 220 Mg ładunku i mają moc 360 – 2400 KM.

Z uwagi na rozmiar i masę stosowanego sprzętu oraz wielkość urobku należy liczyć się z rozmiarem degradacji środowiska naturalnego w otoczeniu kopalni odkrywkowej.



Rys.17. Ładowanie urobku skalnego koparką łyżkową nadsiębierną [7]



Rys.18. Załadunek urobku koparką hydrauliczną z osprzętem ładunkowym [7]



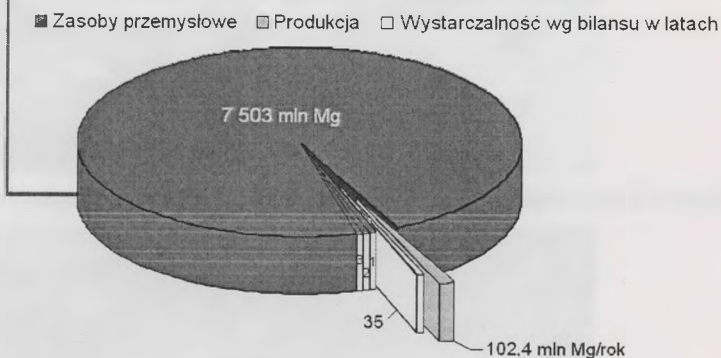
Rys.19. Samochód BIEŁAZ z urobkiem przygotowywanym do transportu [86]

4.2. Czynniki degradacji środowiska

Każdy rodzaj eksploatacji wywołuje zagrożenia dla środowiska przyrodniczego, do których należą przede wszystkim: zmiany stosunków wodnych, deformacje powierzchni ziemi, zanieczyszczenie wód i gleb oraz wytwarzanie dużych ilości odpadów – trudnych do zagospodarowania. Przykładowo w roku 2010 ilość odpadów przerobczych (poflotacyjnych) górnictwa miedziowego składowanych w stawie osadnikowym Żelazny Most wyniosła 27 403 Gg. Z kopalń rud miedzi uzyskano 28,6 mln m³ wody (26,2 mln m³ wód zasolonych oraz 2,4 mln m³ solanek).

Biorąc pod uwagę zasoby przemysłowe, produkcję i wystarczalność złóż podstawowych surowców (rys. 20), należy założyć dalszą dewastację środowiska naturalnego.

Lp.	Nazwa złoża	Zasoby przemysłowe w [mln Mg]	Produkcja w [mln Mg/rok]	Wystarczalność wg bilansu w latach
1	Węgiel kamienny	7 503	102,4	35
2	Węgiel brunatny	1 757,12	59,54	29
3	Rudy miedzi	854,32	28,78	31
4	Rudy cynku i ołowiu	32,5	4,75	7
5	Sól kamienna	7 342	3,226	230



Rys.20. Wystarczalność zasobów złóż w Polsce [83]

Opracowano program [105] na lata 2014 - 2020 w zakresie środowiska i klimatu – LIFE, który umożliwi pozyskanie funduszy UE na realizację związane z zakresem ww. działań. Na rzecz środowiska będą wspierane wysiłki m. in. w dziedzinie: „Środowisko i efektywność wykorzystywania zasobów”. W tej kwestii uwzględnione zostaną nowe podejścia do poprawy efektywności środowiskowej i spełniania wymogów regulacyjnych dzięki serii innowacyjnych projektów zajmujących się kwestiami takimi jak: zmniejszenie emisji zanieczyszczeń wprowadzanych

do powietrza, gleby lub wody, zmniejszenie produkcji odpadów, ponowne wykorzystanie i recykling, zarządzanie odpadami niebezpiecznymi i efektywność energetyczna.

Wśród problemów środowiskowych, które pojawiają się w czasie prac związanych z wydobywaniem i przetwarzaniem surowców naturalnych są przede wszystkim:

- emisje do atmosfery,
- hałas i wibracje,
- zużycie i zanieczyszczenie wody,
- powstawanie odpadów,
- odnowa gruntów.

Emisje do atmosfery

Emisja do atmosfery dotyczy pyłu (PM – ang. Particulate Matter) pojawiającego się na wszystkich etapach wydobywania i przetwarzania surowców (np. praca koparki, wiercenie, wybuchowe urabianie skał, transport, mielenie, przesiewanie i składowanie surowców). Wśród głównych źródeł emisji PM upatruje się etapy kruszenia, mielenia, wiercenia, wybuchowe urabianie i transport.

Pyły stanowią poważny czynnik chorobotwórczy, osiadają na ściankach pęcherzyków płucnych utrudniając wymianę gazową, powodują podrażnienie naskórki i śluzówki, zapalenie górnych dróg oddechowych oraz wywołują choroby alergiczne, astmę, nowotwory płuc, gardła i krtań. Są zanieczyszczeniem powietrza składającym się z cząstek stałych i ciekłych, zawieszonych w powietrzu, będących mieszaniną substancji organicznych i nieorganicznych; są zanieczyszczeniem transgranicznym – pył PM₁₀ może być transportowany na odległość do 1 000 km a pył PM_{2.5} jest transportowany na odległość do 2 500 km.

Ocena stopnia zagrożenia pyłami wymaga poznania składu ziarnowego i właściwości pyłu emitowanego z głównych grup źródeł. Znajomość składu ziarnowego i właściwości pyłu jest w Polsce dalece niewystarczająca [166].

Skutek emisji PM jest określony przez rozmiar cząstek:

- TSP (Total Suspended Particulates) – pył całkowity (pył zawieszony), wszystkie pyły o średnicy aerodynamicznej nawet większej niż 10 µm,

- PM10 (Particulate Matter 10) – pyły inhalabilne o średnicy aerodynamicznej ziaren mniejszej niż 10 μm , które mogą docierać do górnych dróg oddechowych i płuc,
- PM2,5 (Particulate Matter 2,5) – pyły respirabilne o średnicy aerodynamicznej ziaren mniejszej niż 2,5 μm , które docierają do pęcherzyków płucnych i przedostają się do krwiobiegu.

Pyły można podzielić ze względu na rodzaj stwarzanego przez nie zagrożenia. Takie ujęcie pozwala wskazać istotę działania:

- Pyły o działaniu toksycznym – powodują bardzo szybkie zatrucie organizmu. Ich składnikami są najczęściej pyły metali ciężkich, takich jak: rtęć (Hg), kadm (Cd), arsen (As), cynk (Zn), ołów (Pb), pyły metali radioaktywnych oraz pyły azbestowe i fluorki.
- Pyły szkodliwe – powodują pylicę lub uczulają; często zmniejszają odporność na choroby zakaźne. Głównymi składnikami pyłów szkodliwych są: krzemionka (SiO_2), pyły glinokrzemianowe, pyły drewna, bawełny.
- Pyły neutralne – najmniej oddziałują na środowisko, ale mimo to mogą podrażniać. Ich działanie polega na blokowaniu powierzchni ochronnej płuc. Zalicza się do nich pyły: żelaza, wapieni, gipsu i węgla.

Kontrola i zapobieganie zanieczyszczeniom, w odniesieniu do emisji pyłów, powinny być zastosowane przede wszystkim dla pyłu toksycznego dla ludzi i środowiska naturalnego.

Kopalnie, w ramach ochrony zbiorowej, stosowały różne środki techniczne, mające na celu ograniczenie emisji pyłów. Można tu wymienić [168]:

- układy zraszające na kombajnach ścianowych oraz chodnikowych w tym układy zraszania wewnętrznego,
- używanie odpylaczy w drażonych wyrobiskach korytarzowych przewietrzanych wentylacją odrębną,
- stosowanie dysz zraszających na przesypach przenośników odstawy urobku oraz przy innych źródłach emisji pyłu np. kruszarkach,
- stosowanie środków chemicznych zmniejszających napięcie powierzchniowe wody,
- stosowanie przepłuczki wodnej przy wierceniu otworów w skałach zwięzłych wiertarkami udarowymi powietrznymi,
- stosowanie doraźnie innych dodatkowych urządzeń np. tzw. kurtyn wodnych,

- używanie tzw. pyłolapów w tamach.

Innymi zanieczyszczeniami powietrza są substancje gazowe. Tworzą je przede wszystkim związki siarki (dinitlenek – SO_2 i trinitlenek – SO_3 siarki, siarkowodór – H_2S), związki azotu (tlenki azotu – NO_x), a także związki węgla, wśród których największą rolę odgrywają tlenki węgla (tlenek węgla(II) – CO i tlenek węgla(IV) inaczej dinitlenek węgla – CO_2) oraz węglowodory (np. metan – CH_4 , etan – C_2H_6 , propan – C_3H_8).

Najważniejszymi związkami chemicznymi, powodującymi zanieczyszczenie atmosfery są:

- Tlenek siarki(IV) – SO_2 , często nazywany dinitlenkiem siarki. Powstaje m.in. w czasie spalania związków chemicznych zanieczyszczonych siarką, która stanowi domieszkę paliw płynnych i stałych. Są one spalane w silnikach spalinowych. Gaz ten jest bezbarwny – charakteryzuje się silnym, duszącym zapachem i jest trującą. Łatwo reaguje z wodą, tworząc kwas siarkowy(IV) – H_2SO_4 , który jest jednym z głównych składników kwaśnych deszczy.
- Tlenek węgla(II) – CO . Jest to produkt niecałkowitego spalania węgla lub innych jego związków (np. węglowodorów zawartych w ropie naftowej). Gaz ten ma silne właściwości trujące, gdyż przy dużym stężeniu łączy się z hemoglobina we krwi, blokując możliwość oddychania. Jest szczególnie niebezpieczny, bo nie posiada zapachu, smaku, ani koloru i łatwo rozprzestrzenia się w powietrzu.
- Tlenek węgla(IV) – CO_2 , nazywany dinitlenkiem węgla. Jest podstawowym produktem ubocznym powstającym podczas spalania różnego rodzaju paliw (m.in. węgla kopalnego, ropy naftowej i gazu ziemnego). W atmosferze występuje naturalnie i nie stanowi bezpośredniego zagrożenia, pod warunkiem, że nie zostanie przekroczony jego dopuszczalne stężenie.
- Związki azotu przyczyniające się do zanieczyszczenia środowiska to tlenki azotu (NO , N_2O , NO_2 , N_2O_3 i N_2O_5) oraz amoniak (NH_3). Szczególnie niebezpieczne są tlenki: azotu(IV) – NO_2 , azotu(V) – N_2O_5 i azotu(III) – N_2O_3 , gdyż w zetknięciu z wodą reagują z nią z utworzeniem kwasów. Przyczyniają się do powstawania kwaśnych deszczy.

Powstawanie, w kamieniołomach, niektórych substancji gazowych (tlenków) jest wynikiem stosowania pojazdów i innych źródeł spalania. Stosując materiały wybuchowe przy urabianiu surowców, niezależnie od

rodzaju MW, powstają produkty gazowe w postaci gazów toksycznych i -nietoksycznych. Nastąpić może emisja: tlenku węgla(II), tlenku węgla(IV), mieszaniny tlenków azotu (NO_x), a w wyniku absorpcji azotynów, metanu, etanu i tlenku glinu – Al_2O_3 .

W celu zapobiegania zanieczyszczeniom gazowym powinno się zastosować:

- mechaniczny sposób urabiania – tam gdzie to możliwe,
- właściwy sposób prowadzenia prac strzałowych (planowanie lokalizacji, głębokości, średnicy i odstępów między otworami),
- właściwy dobór materiałów wybuchowych zapewniających całkowite i zupełne spalanie (bilans tlenowy materiału wybuchowego równy lub bliski zero).

Hałas i vibracje

Źródłem hałasu są wszystkie kopalnie. Hałas występuje na wszystkich etapach eksploatacji i przetwarzania surowców (praca koparek, wybuchowe urabianie skał, transport, mielenie, przesiewanie, sortowanie i składowanie surowców).

Dla zminimalizowania i ograniczenia wpływu hałasu, zaleca się stosować:

- redukcję szumu na wieży wiertniczej – powłoki lub hydrauliczne wiertnice,
- ekrany dźwiękoszczelne i powłoki na etapach wzbogacania surowców,
- bariery zmniejszające hałas i/lub moduły z ekranów i przykrycie dla sprzętu, który jest źródłem hałasu (krusarki, młyny),
- gumowe lub dźwiękoszczelne materiały sprzętu przetwarzającego,
- fizyczne bariery na granicy obiektu (zielone paski lub nasypy),
- optymalizację tras pojazdów w obrębie przedsiębiorstwa,
- ograniczenie prędkości pojazdów.

Najsilniejszym źródłem wibracji wydaje się być stosowanie materiałów wybuchowych – wytworzenie drgań sejsmicznych.

Zjawiska związane z pracami wybuchowymi (nadmierne ciśnienie, rozrzut fragmentów kamieni) można zneutralizować następująco:

- stosowanie specjalnych systemów urabiania skał – odpowiednie przygotowywanie i obliczanie dla ładunku materiałów wybucho-

wych, stosowanie zapalników zwłoczných i nieelektrycznych lub elektronicznych, wykorzystanie działań zmniejszających stopień fragmentacji urobku,

- projektowanie – produkcja materiałów wybuchowych, łącznie z badaniami powierzchni w celu uniknięcia nadmiernej koncentracji energii, a w przypadku wystąpienia odchyłń konieczne ponowne obliczanie energii wybuchu,
- podejmowanie środków do zneutralizowania drgań powierzchni i zmniejszenia ciśnienia z konturowej powierzchni kontroli siatki otworów (głębokość i średnica otworu) i właściwego ładowania w celu ograniczenia możliwości rozrzutu fragmentów urobku,
- zamiast dodatkowego rozdrabniania materiałami wybuchowymi stosować inne metody mechaniczne, które zapewnią optymalne zginiatanie skały oraz zminimalizują ryzyko rozrzutu jej fragmentów,
- ograniczać użycia materiałów wybuchowych do minimum.

Inne źródła wibracji to podstawowe instalacje rozdrabniania, zginiatania i mieszania. Odpowiednio zaprojektowane fundamenty tego sprzętu powinny złagodzić ich wstrząsy.

Górnictwo jest trzecim sektorem gospodarki (po przetwórstwie przemysłowym i budownictwie), w którym pracowało w roku 2006 najwięcej osób zagrożonych drganiami mechanicznymi.

Zużycie i zanieczyszczenie wody

Wielkość i jakość wód dopływających do kopalń wynika m.in. z budowy geologicznej złoża, a w szczególności litologii, wodoprzepuszczalności i właściwości kolektorskich górotworu oraz możliwości zasilania górotworu przez wody powierzchniowe. Na najwyższych poziomach występują wody słodkie; z głębokością mineralizacja rośnie i na najniższych poziomach występują prawie wyłącznie solanki. Zdecydowana większość kopalń prowadzi selektywne pompowanie wód dołowych uzyskując w ten sposób wody słodkie, słabo zasolone i słone.

Gospodarka wodna stanowi nie tylko istotny element ochrony środowiska, ale również wpływa na bezpieczeństwo pracy na dole kopalni. Odwodnienie kopalń jest warunkiem koniecznym do prowadzenia eksploatacji węgla kamiennego.

Mycie żwiru i produkcja naturalnego kamienia w kamieniołomach są zazwyczaj związane z „konsumpcją” dużych ilości wody.

Minimalizowanie lub ograniczenie zużycia wody w kopalni obejmuje:

- przesączanie wody do warstw wodonośnych. Można odwrócić wtrysk – woda demineralizowana do warstw wodonośnych poprzez wstrzyknięcie pod warunkiem niedopuszczenia zanieczyszczenia wód podziemnych,
- planową i zorganizowaną ekstrakcję gleby w celu zminimalizowania obniżenia poziomu wody, biorąc pod uwagę możliwe implikacje z punktu widzenia technologii nadmiarów i dostępności wód powierzchniowych i podziemnych, w tym możliwego wpływu na środowisko,
- utrzymanie głębokości stawu na poziomie wystarczającym dla utworzenia stabilnych ekosystemów wodnych, w zakresie zgodnym z planem prac na czas po zamknięciu zakładu górniczego np. kamieniołomu.

Odprowadzanie ścieków i wody deszczowej może wiązać się z problemem wysokiej zawartości zawiesiny ciał stałych i tworzenia się osadów.

W celu zminimalizowania powstawania osadów podejmuje się następujące działania:

- określenie czasu i wielkości obciążenia wody, stawów i szamb,
- zastosowanie materiałów izolacyjnych, osadników wodoszczelnych oraz wdrożenie odpowiednich programów ich utrzymywania (trwałość zbcocy, czyszczenie i konserwacja, usunięcie osadu),
- zastosowanie recyklingu wody z procesu wzbogacania surowca,
- zastosowanie specjalnych drenaży odwadniających,
- intensyfikacja unikania ścieków przy użyciu koagulantów lub za pomocą urządzeń mechanicznych.

Przy prowadzeniu prac z materiałami wybuchowymi istnieje możliwość akumulacji azotanów i amoniaku, zwłaszcza w wodach podziemnych. To powinno być eliminowane przez opracowanie odpowiedniego systemu wybuchowego urabiania oraz przestrzegania prawidłowego prowadzenia prac strzałowych.

Największym zagrożeniem dla środowiska są kwaśne wody kopalniane (Acid Mine Drainage) [144]. Są one często charakteryzowane jako wody o niskim pH, o podwyższonej zawartości żelaza, siarczanów i metali ciężkich o różnym składzie, zależnym od rodzaju złoża minerału. Powstają w wyniku działalności górnictwa węgla kamiennego i rud metali

– są główną przyczyną zanieczyszczenia wód powierzchniowych i podziemnych w wielu regionach na świecie. Problemem jest to, że zanieczyszczenia takie mogą utrzymywać się od kilku do kilkuset lat – do wyczerpania się źródła ługowanych minerałów. Kwaśne wody kopalniane wypływają z opuszczonych i zatopionych wyrobisk kopalnianych – zatapianie wyrobisk kopalnianych jest to tzw. "bomba ekologiczna" z opóźnionym zapłonem.

Wody te powinny być neutralizowane, co przeprowadza się za pomocą związków chemicznych, takich jak: wapno, węglan wapnia, soda kaustyczna i inne.

Powstawanie odpadów

Źródłem odpadów są prace związane z przygotowaniem – dotarciem do warstwy urabianego złoża (poszukiwanie), wydobywanie, wzbogacanie kopaliny (fizyczna oraz chemiczna przeróbka surowców mineralnych). Odpady te stanowią ponad 50% wszystkich odpadów wytwarzanych w kraju. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 27 września 2001 r. w sprawie katalogu odpadów (Dz. U. Nr 112, poz. 1206) zalicza odpady wydobywcze do grupy 01.

Zgodnie z nomenklaturą Unii Europejskiej wszystkie odpady tego typu określane są jako odpady wydobywcze; są to na ogół odpady obojętne. Mogą też powstawać odpady niebezpieczne związane z obecnością metali ciężkich w niektórych skałach. W związku z ilością powstających odpadów i kosztami związanymi z ich pozbywaniem się, zakłady wydobywcze podejmują działania zmierzające do zagospodarowania, często we własnym zakresie.

W celu ograniczenia wytwarzania odpadów podejmuje się kompleksowe podejście obejmujące następujące aspekty:

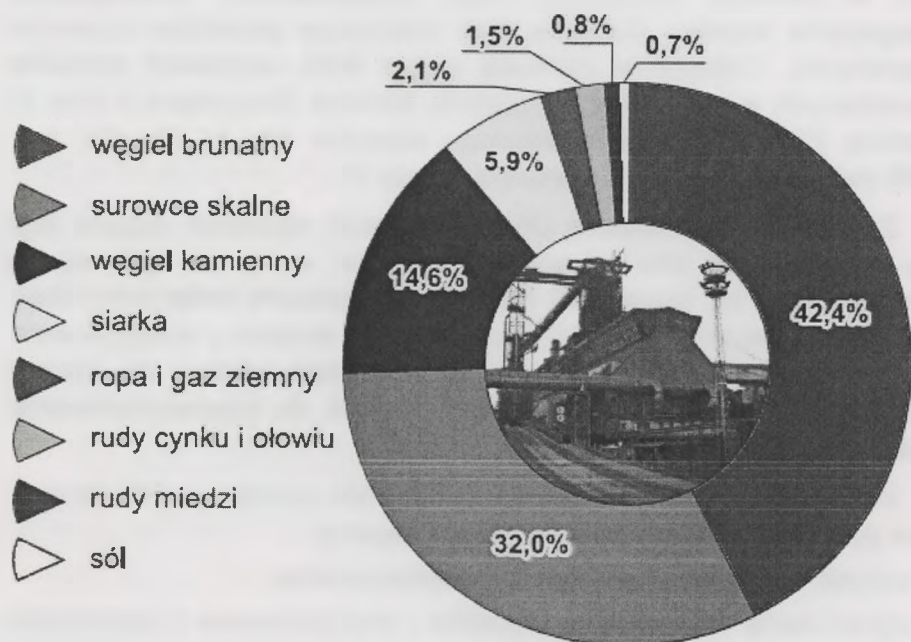
- odzysk odpadów w celu dalszego wykorzystania,
- ograniczenie składowania odpadów i zrezygnowanie z zajmowania nowych terenów pod składowanie,
- likwidacja istniejących składowisk, w tym hałd,
- przywracanie do użytkowania terenów zdegradowanych działalnością górniczą – tzw. rewitalizacja terenów poprzemysłowych.

Na poziomie Unii Europejskiej opracowano Strategię tematyczną w sprawie zapobiegania powstawaniu odpadów i ich recyklingu COM (2005) 666 – zwrócono uwagę na promowanie zrównoważonego wykorzystania zasobów.

Odnowa gruntów

W roku 2008 w Polsce działalność górnicza obejmowała niespełna 40 tys. ha gruntów. Ponad 40% takich obszarów stanowiły tereny eksploatacji węgla brunatnego (rys. 21) [77].

Występowanie gruntów zdewastowanych i zdegradowanych koncentruje się w obrębie województwa wielkopolskiego, na terenie którego jest znacząca część wydobywania węgla brunatnego. Fakt ten powoduje, że zajmuje ono pierwsze miejsce w Polsce, pod względem zdegradowania gruntów, z arealem ponad 10 tys. ha. Grunty, których wartość użytkowa zmalała w wyniku działalności górniczej wykazują dość wyraźną tendencję do względnie wysokiego udziału w ogóle niekorzystnie przekształconych terenów w województwach Polski południowej i zachodniej.



Rys.21. Struktura terenów zdegradowanych i zdewastowanych w wyniku działalności górniczej według jej rodzaju w Polsce w roku 2006 [77]

Degradacja gleb, według Ustawy o ochronie gruntów ornych i leśnych z roku 1995, jest to pogorszenie ich właściwości chemicznych, fizycznych i biologicznych oraz spadek ich aktywności biologicznej, co powoduje zmniejszenie ilości oraz jakości pozyskiwanej biomasy roślin. Całkowitą utratę wartości użytkowych gleb nazywamy dewastacją.

Wśród sposobów zminimalizowania skutków degradacji i dewastacji gruntu oraz ich odnowy wymienia się:

- tworzenie stref buforowych wzdłuż obszarów przybrzeżnych, biorąc pod uwagę cechy biotopów i rodzaj działalności górniczej,
- stosowanie metod ponownego sadzenia roślinności,
- zachowanie podczas procesów wydobywania, w możliwym zakresie, ochrony naturalnych biotopów,
- natychmiastową rekultywację przy częściowym wydobyciu,
- możliwość ustanowienia ekologicznie cennych siedlisk (np. małych jezior, stawów) lub obszarów naturalnej sukcesji.

Działania naprawcze obejmują również [79] – wszelkie działania ograniczające lub tymczasowe, podejmowane w celu:

- naprawy lub zastąpienia w równoważny sposób elementów przyrodniczych lub ich funkcji, które uległy szkodzie,
- w szczególności oczyszczania gleby i wody,
- przywracania naturalnego ukształtowania terenu,
- zalesiania, zadrzewiania lub tworzenie skupień roślinności,
- reintrodukcji zniszczonych gatunków,
- usunięcia zagrożenia dla zdrowia ludzi oraz przywracania równowagi przyrodniczej i walorów krajobrazowych na danym terenie.

Naprawa elementów przyrodniczych obejmuje również naturalną regenerację.

4.3. Bezpieczeństwo pracy i ochrona zdrowia – przepisy prawne

Górnictwo jest jedną z gałęzi przemysłu, w której zagrożenie środowiska pracy jest bardzo duże. Przestrzeganie ochrony zdrowia i bezpieczeństwa powinno być podstawowym wymogiem i nakazem. Opracowano wiele aktów prawnych określających zasady i wymagania prowadzenia ruchu zakładów górniczych.

Polskie akty prawne

Podstawowym aktem prawnym w tym zakresie jest **Ustawa z dnia 9 czerwca 2011 r. Prawo geologiczne i górnicze** (Dz. U. Nr 163, poz. 981). Zawiera zasadnicze nakazy dotyczące bezpiecznego prowadzenia ruchu zakładów górniczych, w szczególności:

- obowiązek prowadzenia ruchu zakładu górniczego na podstawie planu ruchu, zgodnie z zasadami techniki górniczej oraz sporządzania przez przedsiębiorcę planu ruchu każdego zakładu górniczego, w którym określa się szczegółowe procedury niezbędne dla zapewnienia bezpieczeństwa pożarowego, bezpieczeństwa i higieny pracy pracowników zakładu górniczego, racjonalnej gospodarki złożem oraz ochrony elementów środowiska (Art. 105 ust. 1 i 2 oraz Art. 108 ust. 1 i 2),
- wymóg prowadzenia ruchu zakładu górniczego tylko pod kierownictwem i dozorem osób posiadających odpowiednie kwalifikacje (Art. 112 ust. 1).

Zasady te określają wyraźnie prawidłowe postępowanie przedsiębiorców oraz osób uczestniczących w procesie wydobywania kopalin, gwarantujące maksymalne bezpieczeństwo pracy i ruchu zakładów górniczych.

Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 14 czerwca 2002 r. w sprawie planów ruchu zakładów górniczych (Dz. U. Nr 94, poz. 840 z późn. zm.) określa szczegółowe wymagania dla:

- podziemnych zakładów górniczych,
- odkrywkowych zakładów górniczych,
- zakładów górniczych wydobywających kopaliny otworami wiertniczymi.

Ustalone są okresy, na jakie mają być sporządzane plany ruchu, tryb sporządzania i ich zmiany, a także terminy przedkładania planów do zatwierdzania.

Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 14 czerwca 2002 r. w sprawie zagrożeń naturalnych w zakładach górniczych (Dz. U. Nr 94, poz. 841 z późn. zm.) ma podstawowe znaczenie dla oceny występujących w zakładach górniczych zagrożeń naturalnych oraz bezpiecznego prowadzenia ruchu. Przepisy szczegółowe określają:

- kryteria oceny występujących w zakładach górniczych zagrożeń naturalnych: tąpniętami, metanowego, wyrzutami gazów i skał, wybuchem pyłu węglowego, wodnego, erupcyjnego, siarkowodorowego, radiacyjnego naturalnymi substancjami promieniotwórczymi, a także działaniem pyłów szkodliwych dla zdrowia,

- szczegółowe zasady oraz sposoby zaliczania złóż (pokładów), ich części lub wyrobisk do poszczególnych stopni (kategorii, klas) zagrożeń.

Przepisy te są efektem wielu lat doświadczeń i wyników prac badawczych, jednostek naukowych polskiego górnictwa – uczelni górniczych, instytutów oraz przemysłu górniczego.

Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 25 czerwca 2010 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w podziemnych zakładach górniczych (Dz. U. Nr 136, poz. 855) zawiera szczegółowe zasady bezpieczeństwa i higieny pracy, zasady oceniania i dokumentowania ryzyka zawodowego, stosowania niezbędnych środków profilaktycznych.

Ustalono są kompleksowo zasady i warunki prowadzenia:

- różnego rodzaju robót górniczych (wiertniczych, szybowych, korytarzowych, systemów wybierania, robót strzałowych, obudowy wyrobisk, podsadzania wyrobisk i doszczelniania zrobów),
- przewietrzania i klimatyzacji, w tym przewietrzania za pomocą wentylatorów głównych, za pomocą lutnociągów oraz pomocniczych urządzeń wentylacyjnych.

Rozporządzenie reguluje zasady rozpoznawania i zwalczania zagrożeń występujących w zakładzie górnym, zasady stosowania maszyn, urządzeń i instalacji, zagadnienia higieny pracy i ochrony zdrowia.

Opisane przepisy regulują zwłaszcza wymagania prowadzenia robót w warunkach poszczególnych zagrożeń, także w razie ich współwystępowania. Zawierają rygorystyczne obowiązki dla załogi, w tym osób kierownictwa i dozoru ruchu w razie podwyższenia się stanu zagrożeń naturalnych.

Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 12 czerwca 2002 r. w sprawie ratownictwa górniczego (Dz. U. Nr 94, poz. 838 z późn. zm.) określa szczegółowe zadania służb ratownictwa górniczego przedsiębiorcy oraz podmiotów zawodowo trudniących się ratownictwem górnym, w tym Centralnej Stacji Ratownictwa Górniczego, wymagania w zakresie wyposażenia technicznego ratownictwa, szczegółowe zasady tworzenia i zatwierdzenia planu ratownictwa górniczego, wymagania kwalifikacyjne – zawodowe, zdrowotne i wiekowe członków drużyn ratowniczych, zasady szkolenia z zakresu ratownictwa górniczego oraz zasady prowadzenia akcji ratowniczych.

Rozporządzenie Ministra Gospodarki Pracy i Polityki Społecznej z dnia 1 kwietnia 2003 r. w sprawie przechowywania i używania środków strzałowych i sprzętu strzałowego w zakładach górniczych (Dz. U. Nr 72, poz. 655) określa szczegółowe zasady przechowywania i używania środków strzałowych oraz sprzętu strzałowego w zakładach górniczych. Ze względu na zagrożenie przy robotach strzałowych niezbędne są precyzyjne, jednoznaczne przepisy w tym zakresie. Rozporządzenie ustala m.in.:

- obowiązek posiadania w zakładzie górniczym wykazu używanych środków strzałowych wraz z warunkami ich używania,
- zasady przewożenia i przenoszenia środków strzałowych i sprzętu strzałowego,
- obowiązek sporządzania metryki strzałowej i dokumentacji strzałowej,
- szczegółowe zasady ładowania środków strzałowych i ich odpalania,
- kontroli miejsca wykonania robót strzałowych,
- warunki użytkowania sprzętu strzałowego w tym zapalników elektrycznych.

Określono też, w sposób szczegółowy, zasady wykonywania robót strzałowych w podziemnych zakładach górniczych, odkrywkowych zakładach górniczych, zakładach górniczych wydobywających kopaliny otworami wiertniczymi oraz przy wykonywaniu robót geologicznych.

Przepisy Wspólnotowe

Opracowano akty prawne pomocy państwa dla sektora wydobywczego uznając znaczenie węgla jako krajowego źródła energii.

Rozporządzenie Rady (WE) Nr 1407/2002 z dnia 23 lipca 2002 r. w sprawie pomocy państwa dla przemysłu węglowego proklamowało przyjęcie uchwały w sprawie europejskiej strategii bezpieczeństwa podaży energii. Parlament Europejski stwierdził, że należy wziąć pod uwagę pomoc finansową dla produkcji węgla, jednocześnie uznając potrzebę większej efektywności w tym sektorze i zmniejszania subwencji.

Decyzja Komisji Wspólnot Europejskich z dnia 17 października 2002 r. ustanawiająca wspólne ramy przekazywania informacji potrzebnych do stosowania rozporządzenia Rady (WE), nr 1407/2002 w sprawie pomocy państwa dla przemysłu węglowego – oceniła

środki zgłoszone przez Państwa Członkowskie odnoszące się do pomocy dla przemysłu węglowego oraz zdecydowała o ich zgodności ze wspólnym rynkiem. W tym celu Państwa Członkowskie są zobowiązane do zgłoszenia Komisji wszelkiego wsparcia finansowego, jakiego zamierzają udzielić dla przemysłu węglowego podczas roku produkcyjnego. Muszą one określić charakter wsparcia w odniesieniu do form pomocy przewidzianych w rozporządzeniu (WE) nr 1407/2002. Muszą przedstawić Komisji wszelkie szczegółowe informacje właściwe do obliczenia kosztów produkcji i ich związku z planami zgłoszonymi Komisji, w szczególności z planami zamknięcia i/lub planami dotyczącymi dostępu do rezerw węgla.

Od 5 lutego 2012 roku w 27 państwach unii Europejskiej obowiązuje **Dyrektywa 208/43/WE z dnia 4 kwietnia 2008 r. w sprawie ustanowienia systemu oznaczania i śledzenia materiałów wybuchowych przeznaczonych do użytku cywilnego**. Dyrektywa ustanawia zharmonizowany system dotyczący jednoznacznego oznaczania i „śledzenia” materiałów wybuchowych przeznaczonych do użytku cywilnego. Jednoznaczne oznaczenie składa się z:

1. czytelnej części oznaczenia zawierającej następujące informacje:
 - a) nazwa producenta,
 - b) alfanumeryczny kod zawierający:
 - i) dwie litery oznaczające państwo członkowskie (miejsce produkcji lub przywozu na rynek Wspólnoty, np. AT = Austria),
 - ii) trzy cyfry oznaczające nazwę obiektu produkcyjnego (przypisane przez władze krajowe),
 - iii) jednoznaczny kod produktu i informację logistyczną sporządzoną przez producenta,
2. oznaczenia do odczytu elektronicznego w formie kodu kreskowego i/lub formacie kodu matrycowego, który odpowiada bezpośrednio kodowi identyfikacji oznaczenia alfanumerycznego.

Przykład obowiązującego oznaczenia:

Alfa Explosives Limited



AT 023 100806 B 34512 345101

Dyrektywa zawiera wytyczne odnośnie gromadzenia danych dotyczących materiałów wybuchowych, które umożliwią przedsiębiorstwom „śledzenie” MW i identyfikację ich posiadacza w każdym momencie. System ten pozwoli na jednoznaczne oznaczenie losów materiałów wybuchowych w całym łańcuchu zaopatrzeniowym oraz cyklu życia.

5. Stosowanie materiałów wybuchowych i ich klasyfikacja

Stosowanie materiałów wybuchowych w górnictwie datowane jest od IX wieku (użyto wtedy prochu czarnego), ale dynamit zastosowano po raz pierwszy w 1867 r. Od tamtego czasu do chwili obecnej następował sukcesywny rozwój w produkcji materiałów wybuchowych. Klasyfikacja MW wprowadzona została dla uporządkowania ich form przemiany, przeznaczenia i składu chemicznego.

Standardowy podział, stosowany od szeregu lat, wyodrębnia MW:

- inicjujące,
- kruszące,
- miotające,
- mieszaniny pirotechniczne.

W zależności od charakteru przemiany w warunkach eksploatacji materiały wybuchowe dzielą się na:

- miotające (prochy) – wykorzystują mechanizm palenia się np. w broni palnej i silnikach rakietowych,
- kruszące – wykorzystują mechanizm detonacji np. w amunicji i robotach strzelniczych. Materiały wybuchowe kruszące stosowane w przemyśle przyjęto nazywać „Przemysłowymi materiałami wybuchowymi”.

Wrażliwość kruszących materiałów wybuchowych na oddziaływanie czynników zewnętrznych wprowadza dalszy podział na:

- pierwotne – zdolne detonować w niewielkiej masie od impulsu ogniowego (szybkie przejście palenia się w detonację); są one bardziej czułe na mechaniczne oddziaływania, niż materiały wybuchowe wtórne,
- wtórne – rozkład detonacyjny najłatwiej w nich wywołać (zainicjować) oddziaływaniem materiału inicjującego, którego niewielką ilość umieszcza się w spłonce.

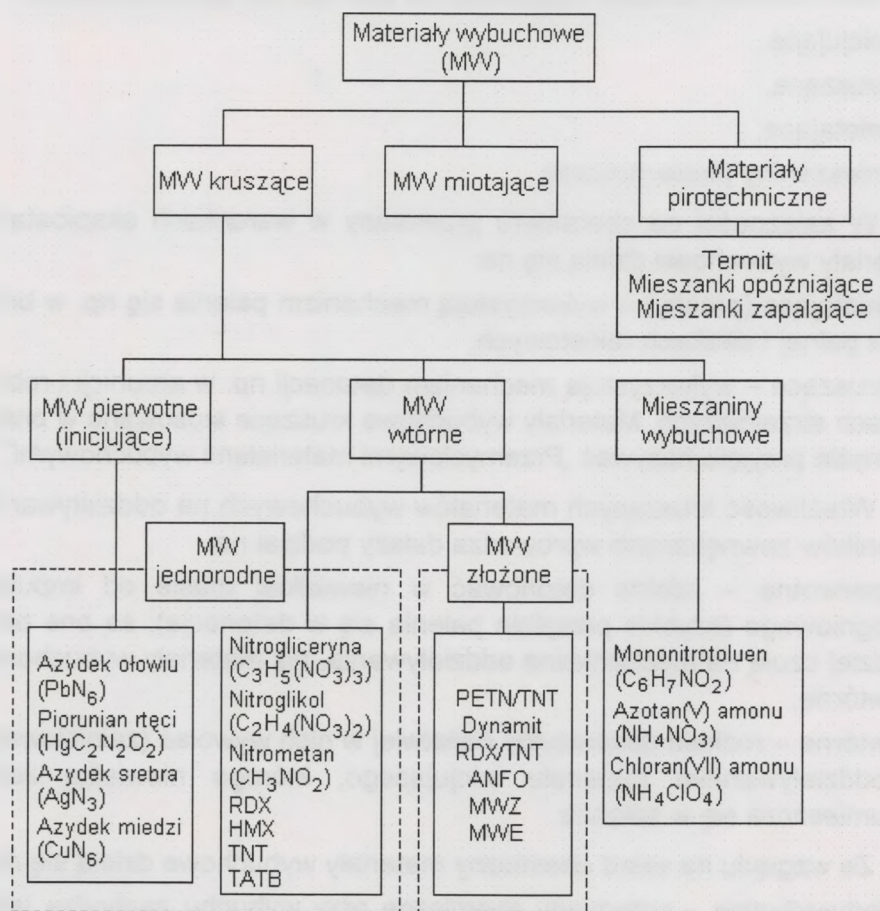
Ze względu na skład chemiczny materiały wybuchowe dzielą się na:

- indywidualne – przemiany chemiczne przy wybuchu zachodzą jako forma reakcji monomolekularnego rozkładu; produktami końcowymi są stałe gazowe połączenia, takie jak tlenek i ditlenek węgla oraz para wodna i azot.
- wybuchowe mieszaniny – proces przemiany składa się z dwóch stadiów: rozkładu albo gazyfikacji składników mieszaniny i wzajem-

nego reagowania ze sobą produktów rozkładu (gazyfikacji) albo cząstek nierozkładających się jakimi są np. metale.

Rozpowszechnione indywidualne materiały to nitrowe pochodne węglowodorów aromatycznych i alifatycznych; są to nitroaromaty (trotyl – TNT, tetryl – $(\text{NO}_2)_3\text{C}_6\text{H}_2\text{NCH}_3\text{NO}_2$, nitrometan – CH_3NO_2), nitroaminy (heksogen – RDX, oktogen – HMX), nitroestry (nitrogliceryna – $\text{C}_3\text{H}_5(\text{ONO}_2)_3$, nitroglikol – $\text{CH}_2\text{ONO}_2)_2$, nitroceluloza – $[\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_2(\text{ONO}_2)_3]_n$).

Klasyfikację materiałów wybuchowych uwzględniającą wyżej wymieniony opis przedstawiono na rysunku 22 [135].



Rys.22. Klasyfikacja materiałów wybuchowych [135]

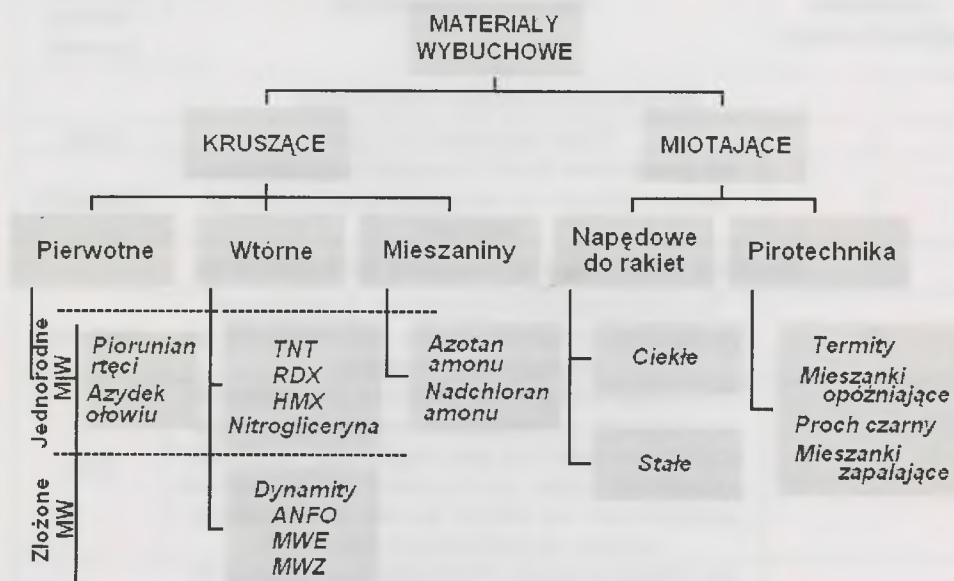
RDX – heksogen $\text{C}_3\text{H}_6\text{N}_3(\text{NO}_2)_3$, HMX – oktogen $\text{C}_4\text{H}_8\text{N}_4(\text{NO}_2)_4$, TNT – trotyl $\text{C}_7\text{H}_5(\text{NO}_2)_3$, TATB – triaminotrinotrobenzen $\text{C}_6\text{H}_6\text{N}_3(\text{NO}_2)_3$, PETN/TNT – mieszanina $\text{C}_5\text{H}_8(\text{NO}_3)_4/\text{TNT}$ w stosunku 50/50, RDX/TNT – mieszanina w stosunku 75/25

Klasyfikacja materiałów wybuchowych zgodnie z warunkami stosowania

Tabela 2

Klasa materiału wybuchowego	Warunki stosowania	Kolor powłoki naboju (pasek)
<i>Bezpieczne materiały wybuchowe</i>		
I	Tylko na powierzchni ziemi	Biały
II	Na powierzchni ziemi i w podziemnych wyrobiskach, w których nie występują gazy palne i pył węglowy	Czerwony
<i>Materiały wybuchowe wymagające zabezpieczenia</i>		
III	Do urabiania tylko minerałów w podziemnych wyrobiskach, w których obecny jest metan, ale nie występuje pył węglowy	Niebieski
IV	Do urabiania węgla i minerałów w podziemnych wyrobiskach, w pokładach, niebezpiecznych ze względu na obecność pyłu węglowego, w których wydzielą się metan, oprócz prac z podwyższonym wydzielaniem się palnych gazów; dla wywołania wstrząsu w podziemnych sztolniach	Żółty
V	Do urabiania węgla i minerałów w podziemnych wyrobiskach z podwyższonym wydzielaniem się palnych gazów, przeprowadzanych w pokładach, niebezpiecznych na wybuch pyłu (szczególnie niebezpiecznych)	– // –
VI	Do urabiania węgla i minerałów w podziemnych wyrobiskach z podwyższonym wydzielaniem się palnych gazów, przeprowadzanych w warunkach, kiedy możliwy jest kontakt powierzchni bocznej ładunku z mieszaniną gazową, znajdujące się w przecinających ładunki pęknięciach masywu skalnego albo w urobku; dla urabiania w węglowych i mieszanych przodkach powstającego (z kątem powyżej 10°) urobku, w którym wydzielają się gorące gazy, przy długości szybów powyżej 20 m i prowadzeniu prac bez uprzedniego przewiercania zapewniającego obliczenie ogólnokopalnianej depresji	– // –
VII	Do prowadzenia specjalnych prac strzelniczych: wybuchowego wybijania drewnianych podpór przy składaniu obudowy, przy likwidacji nawisów masy skalnej w urobkach węgla, do rozdrobnienia nadgabarytów w przodkach, podziemnym urobku i innych	– // –
Specjalny (S)	Do prac strzelniczych w szybach niebezpiecznych na wybuch pyłu siarki, wodoru i węglowodorów ciężkich	Zielony

Klasyfikację materiałów wybuchowych opracowaną przez European Shotfirer Standard Education For Enhanced Mobility (ESSEEM) [64] przedstawiono na schemacie (rys. 23).



Rys.23. Klasyfikacja materiałów wybuchowych w oparciu o projekt grupy ESSEEM [64]

Federacja Rosyjska przyjęła [106] podział przemysłowych materiałów wybuchowych uwzględniający warunki przechowywania i bezpieczeństwo przewozu (tabela 2).

W Polsce obowiązuje [67] podział materiałów wybuchowych uwzględniający określone kryteria i zgodnie z normą wyróżnia się następujące grupy, podgrupy, rodzaje i typy (tabela 3).

Grupy materiałów wybuchowych sklasyfikowane według bezpieczeństwa wobec metanu i pyłu węglowego rozpoznawane są po kolorze MW i po kolorze opakowania:

- MW skalne – kolor opakowania czerwony lub różowy, kolor MW – czerwony,
- MW węglowe – kolor opakowania niebieski, kolor MW – szary,
- MW metanowe – kolor opakowania kremowy, kolor MW – kremowy,
- MW metanowe specjalne – kolor opakowania kremowy z dwoma czarnymi paskami w poprzek naboju i paczki, kolor MW – kremowy.

Górnictwe materiały wybuchowe i kryteria ich podziału

Tabela 3

Kryteria	Podział według grup, podgrup, rodzajów i typów	
Stopień bezpieczeństwa wobec mieszaniny metanu i pyłu węglowego z powietrzem	Grupy	– Skalne – nie stawia się wymagań. – Węglowe – spełniające wymagania tylko wobec mieszaniny pyłu węglowego z powietrzem. – Metanowe – spełniające wymagania bezpieczeństwa wobec mieszanin zarówno metanu, jak i pyłu węglowego z powietrzem. – Metanowe specjalne – spełniające określone w normie wyższe wymagania bezpieczeństwa wobec mieszanin zarówno metanu, jak i pyłu węglowego z powietrzem.
Postać fizyczna i skład chemiczny	Podgrupy	– Proszkowe (saletrzane). – Mające strukturę sypką, drobnokrystaliczną i zawierające 0 do 10% nitroestrów. – Granulowane ziarniste – mające strukturę gruboziarnistą. – Plastyczne i półplastyczne (nitroestrowe) – zawierające powyżej 10% nitroestrów żelowanych. – Zawieszinowe (uwodnione) – mające strukturę plastyczną lub półpłynną i zawierające powyżej 2% wody.
Dodatkowe właściwości	Rodzaje	G mrozoodporne – odporne na temperaturę określoną w normach przedmiotowych, ale nie niższą niż -17°C. H wodoodporne – odporne na działanie wody w warunkach próby. J wymiennojonowe – zawierające pary soli o jonach wymiennych. P ciśnienioodporne – odporne na ciśnienie określone w normie przedmiotowej, nie niższe jednak jak 5 MPa. T termoodporne – odporne na temperaturę określoną w normie przedmiotowej, nie wyższą niż 50°C. W o zwiększonym stopniu bezpieczeństwa wobec mieszaniny pyłu węglowego z powietrzem (dotyczy GMW metanowych).
Formy użytkowe	Typy	– Naboje. – Naboje przystawne. – Luzem.

Większość przemysłowych materiałów wybuchowych to mieszaniny chemiczne substancji w postaci stałej lub zawiesziny o różnych rozmiarach.

rach i właściwościach fizykochemicznych. Tym materiałom wybuchowym szczególnych właściwości nadają takie składniki, jak: utleniacze, substancje palne, flegmatyzatory, stabilizatory, dodatki hydrofobowe i inne.

Tradycyjnie produkowane materiały wybuchowe dla górnictwa to:

- nitroglicerynowe i amonowo-saletrzone – amonity, dynamity, karbonity, metanity,
- nitrozwiązki – trotyl (TNT),
- mieszaniny wybuchowe:
 - saletrole – Ammonium Nitrate Fuel Oil (ANFO),
 - zawiesinowe – MWZ,
 - emulsyjne – MWE,
 - MWE i ANFO – tzw. Heavy ANFO [33].

W pracach strzałowych, w których stosuje się strzelanie długimi otworami zauważa się tendencję do eliminowania materiałów wybuchowych nitroestrowych. Zamiast nich wprowadza się materiały wybuchowe zawiesinowe i emulsyjne, gdyż są bezpieczniejsze w produkcji i zastosowaniu przy zachowaniu dostatecznej wrażliwości na inicjowanie i wysokiej odporności na bodźce mechaniczne. Są one szeroko stosowane w USA, Kanadzie i Europie Zachodniej.

Stosowanie wyżej wymienionych materiałów wybuchowych umożliwia mechaniczny ładunek. Również produkcja takich materiałów wybuchowych może odbywać się w miejscu stosowania – możliwe jest umieszczanie MW luzem.

Górnictwo zużywa najwięcej materiałów wybuchowych spośród wszystkich gałęzi gospodarki – niemal 99% stosowanych MW do celów cywilnych. Niezbędnym elementem w procesie urabiania skał jest stosowanie oprócz materiałów wybuchowych, środków strzałowych, czyli:

- zapalników (elektrycznych i nielektrycznych),
- lontów detonujących,
- specjalistycznych ładunków i środków inicjujących.

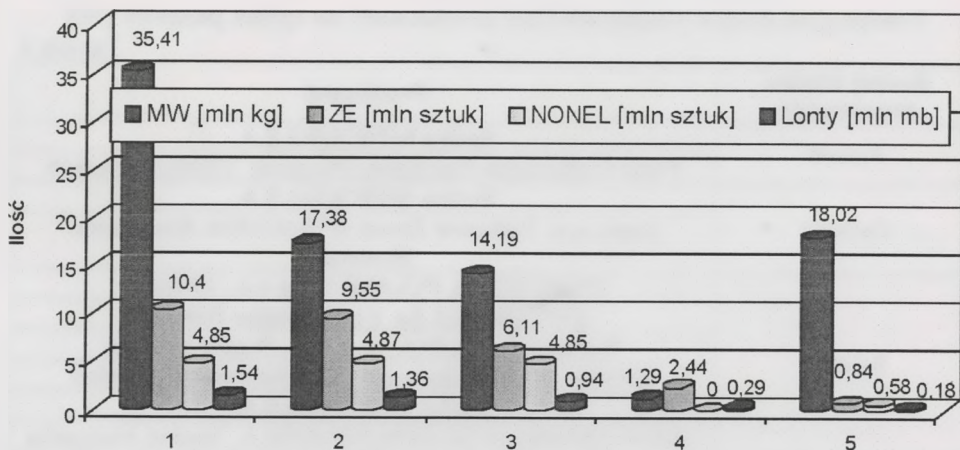
W skali roku ilość ta przekracza 30 Gg (rys. 24) [113] i kształtuje się, w zależności od rodzaju kopalni, na poziomie:

- 16,5 Gg – górnictwo odkrywkowe,
- 14 Gg – górnictwo miedzi,
- 2,5 Gg – kopalnie węgla kamiennego.

Tradycyjne środki strzałowe i ich producenci na rynku polskim [10]

Tabela 4

Rodzaj środka strzałowego	Producent
Amonit	Spółka NITROERG S.A.
	Firma Produkcyjno-Handlowo-Usługowa "DEMEX", Radom
Dynamit	Spółka NITROERG S.A.
	Duslo, a.s. Odštepný Závod ISTROCHEM, Bratislava, Słowacja
Saletrol	DYNO NOBEL POLAND Sp. z o.o., Wrocław
	EXPLOMINEX Sp. z o.o., Rogów Sobócki
	Firma EPC POLSKA Sp. z o.o., Rogów Sobócki
	MAXAM POLSKA Sp. z o.o., Chocianowice (Duninów)
	Spółka NITROERG S.A.
	UNIÓN ESPAÑOLA DE EXPLOSIVOS S.A., Madryt, Hiszpania
MWE	DYNO NOBEL POLAND Sp. z o.o., Wrocław
	EXPLOMINEX Sp. z o.o., Rogów Sobócki
	MAXAM POLSKA Sp. z o.o., Chocianowice (Duninów)
	Spółka NITROERG S.A.
MWZ	UNIÓN ESPAÑOLA DE EXPLOSIVOS S.A. Fabrica de Galdacano, Hiszpania
	UNIÓN ESPAÑOLA DE EXPLOSIVOS S.A. Fabrica de Paramo de Masa Quintanilla Sobresierra, Hiszpania
Pobudzaczeksogenowy	Spółka NITROERG S.A.
Pobudzaczenitroestrowy	Duslo, a.s. Odštepný Závod ISTROCHEM, Bratislava, Słowacja
	Spółka NITROERG S.A.
Pobudzaczetrotylowy	Firma Produkcyjno-Handlowo-Usługowa "DEMEX", Radom
	Zakłady Chemiczne "NITRO-CHEM" S.A., Bydgoszcz
Lont detonujący	DYNA Energetics GmbH & Co. KG, Troisdorf w Niemczech
	DYNAMIT NOBEL GmbH, -Troisdorf w Niemczech
	EXPLOSIA a.s. Pardubice-Semtin, Republika Czeska
	Instytut Przemysłu Organicznego w Warszawie, Oddział w Krupskim Młynie
	Spółka NITROERG S.A.
	UNIÓN EXPLOSIVOS ENSIGN BICKFORD SISTEMAS DE INICIACIÓN, S.L. Galdacano, Hiszpania
Zapalniki elektryczne (ZE)	Austin Detonator s.r.o., Jasenice, Republika Czeska
	DYNA Energetics GmbH & Co. KG, Troisdorf w Niemczech
	Firma EPC POLSKA Sp. z o.o., Rogów Sobócki
	Spółka NITROERG S.A.
	UNIÓN EXPLOSIVOS ENSIGN BICKFORD SISTEMAS DE INICIACIÓN, S.L. Galdacano, Hiszpania
Zapalniki nielektryczne (NONEL)	Austin Detonator s.r.o., Jasenice, Republika Czeska
	DYNO NOBEL SWEDEN AB, GYTTPORP, SZWECJA
	Spółka NITROERG S.A.
	UNIÓN EXPLOSIVOS ENSIGN BICKFORD SISTEMAS DE INICIACIÓN, S.L. Galdacano, Hiszpania



Rys.24. Wielkość zużycia środków strzałowych w 2009 roku [113]
 1 – zużycie ogółem, 2 – podziemne zakłady górnicze, 3 – KGHM,
 4 – kopalnie węgla kamiennego, 5 – odkrywkowe zakłady górnicze

Producentami środków strzałowych są firmy, które wyspecjalizowały się w dostawach materiałów wybuchowych i kompleksowym świadczeniu usług związanych z prowadzeniem prac strzałowych. Wśród wiodących dostawców wymienić można: DYNO NOBEL POLAND Sp. z o.o., MAXAM POLSKA Sp. z o.o., EXPLOMINEX Sp. z o.o., Austin Detonator s.r.o.

Polski producent to aktualnie Spółka NITROERG S.A., która powstała po formalnym połączeniu Spółek NITRON S.A. i ZTS „ERG-BIERUŃ” S.A. 1 grudnia 2006 roku.

W tabeli 4 zamieszczono [10] wykaz tradycyjnych środków strzałowych produkowanych i stosowanych w zakładach górniczych.

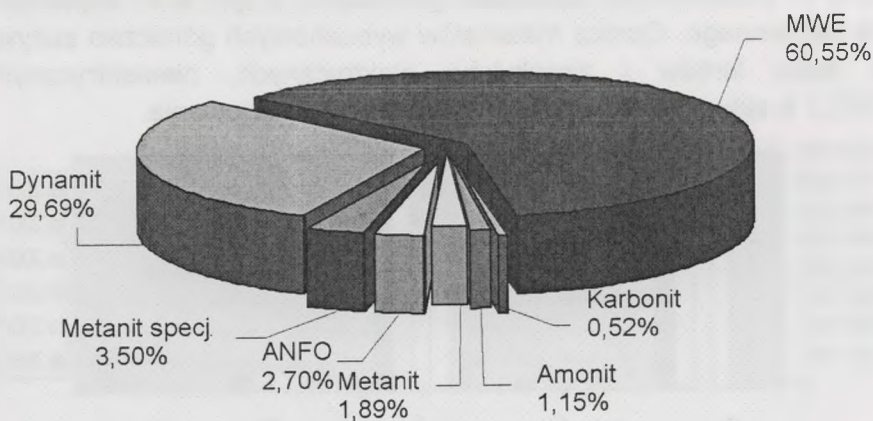
Lista dostawców materiałów wybuchowych i usług związanych z prowadzeniem prac strzałowych zawarta w tabeli 4, to wykaz tylko niektórych firm.

Konkurencja w tym zakresie na rynku jest, z roku na rok, coraz większa i pojawiają się nowi dostawcy i wytwórcy, a niektóre firmy przejmowane są przez zarząd innych. W najbliższych latach tendencja ta będzie się utrzymywać z uwagi na zapotrzebowanie na produkcję surowców energetycznych i skalnych.

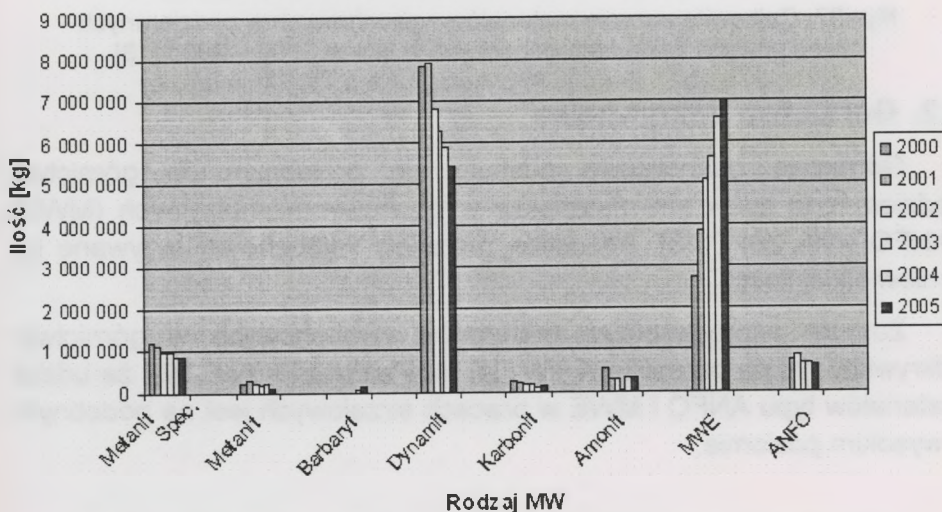
5.1. Górnictwo podziemne

Górnictwo mieszaniny wybuchowe ze względu na wymagania dotyczące stopnia bezpieczeństwa wobec metanu i pyłu węglowego można podzielić na grupy:

- skalne – bez wymagań bezpieczeństwa wobec mieszanin metanu lub pyłu węglowego z powietrzem (m. in. amonit, saletrol, dynamit, hydroamonit),
- węglowe – spełniające określone wymagania bezpieczeństwa dla mieszanin pyłu węglowego z powietrzem (karbonit),
- metanowe – zapewniają wymogi bezpieczeństwa dla mieszanin pyłu węglowego i metanu z powietrzem (barbaryt, metanit),
- metanowe specjalne – spełniające podwyższone wymagania dla wyżej wymienionych mieszanin (metanit specjalny).



Rys.25. Zużycie materiałów wybuchowych w podziemnych zakładach górniczych w 2009 roku [113]

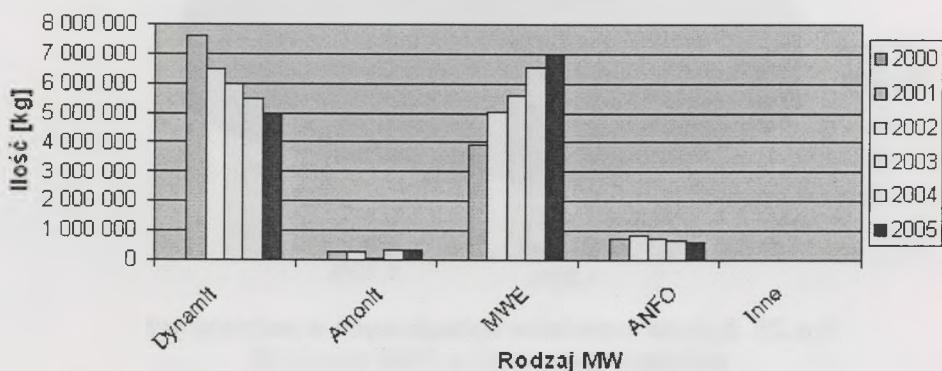


Rys.26. Całkowite zużycie materiałów wybuchowych w podziemnych zakładach górniczych w latach 2000 – 2005 [13]

Oprócz wyżej wymienionych materiałów wybuchowych w górnictwie podziemnym – szczególnie niewęglowym, stosuje się w dużych ilościach (rys. 25) MWE i ANFO [113].

Analizując zużycie asortymentowe materiałów wybuchowych na przestrzeni kilku lat (rys. 26 i 27) zauważyć można – w przypadku górnictwa podziemnego węglowego i niewęglowego, spadek zużycia tradycyjnych MW [13].

Materiały wybuchowe były zużywane w przedstawionym okresie czasu w 51 podziemnych zakładach górniczych, w tym w 40 kopalniach węgla kamiennego. Oprócz materiałów wybuchowych górnictwo zużywa duże ilości lontów i zapalników elektrycznych, nieelektrycznych (NONEL), a aktualnie elektronicznych systemów inicjowania.

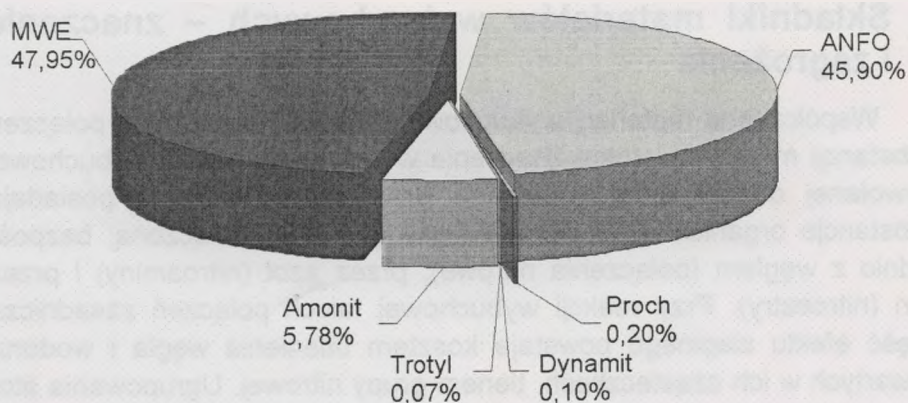


Rys.27. Całkowite zużycie materiałów wybuchowych w podziemnych niewęglowych zakładach górniczych w latach 2000 – 2005 [13]

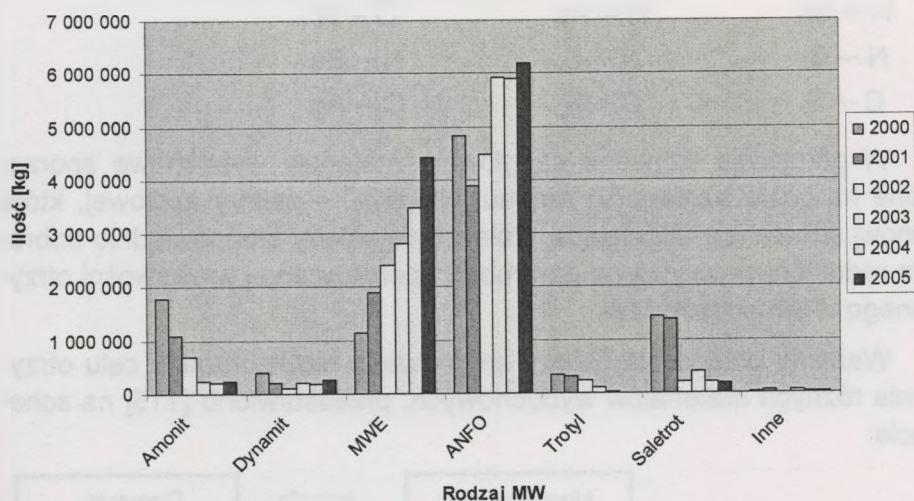
5.2. Górnictwo odkrywkowe

Górnictwo odkrywkowe cechuje się podobnym do górnictwa podziemnego zużyciem materiałów wybuchowych emulsyjnych (MWE) i ANFO (rys. 28) [113]. Pozostałe materiały wybuchowe zużywane są w niewielkiej ilości.

Zużycie asortymentowe materiałów wybuchowych w górnictwie odkrywkowym na przestrzeni kilku lat [13] wskazuje (rys. 29), że udział materiałów typu ANFO i MWE w pracach strzałowych jest na podobnym – wysokim poziomie.



Rys.28. Zużycie materiałów wybuchowych w odkrywkowych zakładach górniczych w 2009 roku [113]

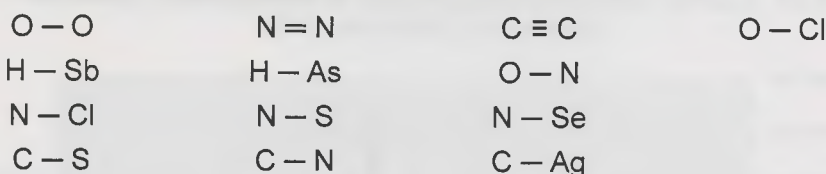


Rys.29. Całkowite zużycie materiałów wybuchowych w odkrywkowych zakładach górniczych w latach 2000 – 2005 [13]

Materiały wybuchowe były zużywane, w przedstawionym okresie czasu, w 136 odkrywkowych zakładach górniczych. Wyraźnie zaznacza się wzrost zużycia materiałów wybuchowych typu ANFO i MWE, przy jednoczesnym spadku stosowania pozostałych rodzajów MW [30].

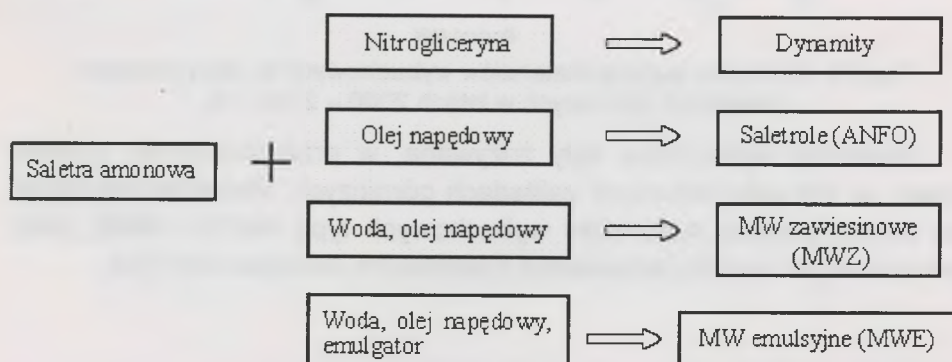
6. Składniki materiałów wybuchowych – znaczenie i zagrożenia

Współczesne materiały wybuchowe stanowią mieszaninę połączeń substancji mających istotne znaczenie w przebiegu reakcji wybuchowej wywołanej odpowiednim impulsem. Praktyczne znaczenie posiadają substancje organiczne, zawierające grupę $-\text{NO}_2$, połączoną: bezpośrednio z węglem (połączenia nitrowe), przez azot (nitroaminy) i przez tlen (nitroestry). Przy reakcji wybuchowej takich połączeń zasadniczą część efektu cieplnego powstaje kosztem utlenienia węgla i wodoru, zawartych w ich cząsteczkach, tlenem grupy nitrowej. Ugrupowania atomowe, informujące o połączeniu wybuchowym to:



W górnictwie używane są głównie materiały wybuchowe sporządzone na bazie azotanu(V) amonu (NH_4NO_3) – saletry azotowej, która stanowi substancję utleniającą. Połączenie saletry z odpowiednio dobranym reduktorem wpływa na parametry energetyczne i właściwości otrzymanego w ten sposób MW.

Warianty połączenia saletry amonowej z reduktorami w celu otrzymania różnych materiałów wybuchowych, przedstawiono [115] na schemacie:



Dokładna zawartość składników materiałów wybuchowych oraz receptura przygotowania i szczegóły produkcji stanowią tajemnicę wytwórców. W literaturze [42, 63, 97, 143, 165] znaleźć można dane na temat

przykładowych kompozycji niektórych rodzajów materiałów wybuchowych (tabele 5 – 8) oraz znaczenie składników w tych materiałach.

W kartach charakterystyki materiałów wybuchowych Spółki NITROERG S.A. [153] dla odpowiednich rodzajów materiałów wybuchowych podawany jest udział procentowy składników uznawanych za niebezpieczne:

- dynamity, barbaryty:
 - nitrogliceryna (triazotan 1,2,3-propanotriolu) 4,0 – 22,2%,
 - nitroglikol (diazotan 1,2-etanodiolu) 8,8 – 29,6%,
 - nitroceluloza 0,7 – 1,1%,
 - azotan(V) amonu 30 – 70%,
- amonity, metanity:
 - nitrogliceryna (triazotan 1,2,3-propanotriolu) 3,6 – 4,2%,
 - nitroglikol (diazotan 1,2-etanodiolu) 2,4 – 2,7%,
 - azotan(V) amonu 52 – 83%,
- materiały wybuchowe emulsyjne:
 - azotan(V) amonu 60 – 80%,
 - azotan(V) sodu 7 – 25%,
 - azotan(V) wapnia ok. 20%,
 - związki chemicznie gazyfikujące (uczulacz) maks. 0,07%,
 - aluminium 2,4 – 5,0%.

Pozostałe składniki preparatów nie są klasyfikowane jako niebezpieczne.

Skład chemiczny dynamitów [42, 63, 97, 143, 165]

Tabela 5

Nazwa	Kraj	Składniki [%]					
		Nitroestry	Nitrozwiązki aromatyczne	Saletra amonowa	Nitroceluloza	Mączka drzewna	Inne
Dynamite	Francja	12	-	87,5*	0,5	-	-
Grisou	Francja	20	-	55,5*	0,5	2	21,5
Dynamit 3	Niemcy	34 - 39	6 - 10	44 - 54	1 - 6	1 - 6	-
Dynamit 5G 5A	Polska	23	6	68	0,9	1	0,1
Dynamit 5G 3	Polska	23	10	50	1	0,5	15,5

* azotany

Dynamity produkowane są w otoczce (nabojach) i w tej postaci ładowane są do otworu strzałowego.

Skład chemiczny ANFO [42, 63, 97, 143, 165]

Tabela 6

Nazwa	Kraj	Składniki [%]			
		Saletra amonowa	Olej mineralny	Aluminium	Gacz barisolowy
Saletrol A ANFO-0 Igdanit	Polska Szwecja Rosja	94,5	5,5	-	-
Saletrolit A	Polska	85	1,2	4	0,8
Saletrol 4	Polska	93,5	4,5	2	-
ANFO-2	Szwecja	92,5	5,1	2	-
ANFO-8	Szwecja	88,2	3,8	8	-
AC-8	Rosja	89	3	8	-

Saletrol wprowadza się do otworu strzałowego pneumatycznie (bezpośrednio do otworów suchych) lub do osłony polietylenowej (w otworach zawodnionych).

Skład chemiczny MWZ [42, 63, 97, 143, 165]

Tabela 7

Nazwa	Kraj	Składniki [%]						
		Trotyl	Azotany (V)	Uczulacz	Woda	Guar - Gum	Al	Inne
Hydroamonit 3	Polska	-	67	-	17	1	8	7
Bez nazwy	Polska	20 - 40	40 - 70	-	10 - 20	0,5 - 2	-	0,5 - 3
Hydrodynamex 2	Polska	-	64,2	16	13	0,8	6	
Akwatol	Rosja	-	46,5	-	12	1,5	-	40
Tovex	Kanada	20	47	-	15	3	15	-
Securii	USA	-	54	34	6	-	6	-

Materiały wybuchowe zawieszinowe nie są rozpowszechnione.

Skład chemiczny MWE [42, 63, 97, 143, 165]

Tabela 8

Nazwa	Kraj	Skład [%]			
		Azotany(V)	Woda	Aluminium	Inne*
Nitremul	Polska	72,6	12	-	4,4
Emulgite 22	Polska	80,7	9	-	10,3
Emulgite 82GP	Polska	83,4	7,1	4	5,5
Emulgite LWC-AL	Polska	86,5	4,5	3	6
Bez nazwy	USA	79	11,1	-	10,9
Bez nazwy	Szwecja	81	12	-	7
Bez nazwy	Chiny	85	5	3	7

* inne: olej, wosk, parafina, emulgator, uczulacz

Zestawienie ważniejszych materiałów wybuchowych stosowanych w górnictwie skalnym przedstawiono [67] w tabeli 9.

Ważniejsze materiały wybuchowe stosowane w górnictwie skalnym [67]

Tabela 9

Podział ogólny	Nazwa lub symbol	Nazwy handlowe	Możliwe składniki	Uwagi
Amonowo - saletrzane	Amonity	amonit 60, 62, 45H, 55H, 54H, 61H	saletra amonowa 80 - 84%, nitrogliceryna 1 - 4%, trotyl ok. 8%, proszek aluminowy 4 - 5%, mączka drzewna 2%, nitroglikol 1 - 3%, dinitrotoluen 0 - 2%	MW silnie działające; stosuje się do urabiania skał twardych lub średnio twardych
Amonowo - saletrzane	Saletrole	saletrol A saletrol 1 - 4	saletra amonowa 80 - 85%, olej mineralny lub napędowy 3 - 8%, pył aluminowy 0 - 5%	MW o słabej wrażliwości na bodźce zewnętrzne, do inicjowania stosuje się naboje; można je wykonywać in situ
Amonowo - saletrzane	Saletrol (saletrolit)	saletrol	saletra amonowa 30 - 80%, trotyl 20 - 70%, stałe składniki niewybuchowe, palne	MW silniej działający niż saletrol
Nitroglicerynowe	Dynamity	dynamity skalne: 18G5H, 2G4H, 14G5, 10G5H, 15G5, 16G5H i inne	saletra amonowa, sodowa, nitrogliceryna 17 - 49%, nitroglikol 0 - 16%, bawełna kolodionowa 0 - 4,5%, mączka drzewna 1 - 8%, glikol 0 - 0,3%, trotyl 0 - 7%, dinitrotoluen 0 - 4%	MW silnie działające, stosowane do skał twardych i bardzo twardych; przy dłuższym składowaniu ich własności pogarszają się
Zawiesinowe	MWZ	hydroamonyty: 1A2, 3, 5, 11, 14	saletra amonowa 33 - 66%, saletra sodowa 10 - 13%, trotyl 17 - 30%, woda 13 - 15%, saletra potasowa	MW o dużej prędkości detonacji; cechują się dużą gęstością i wodoroodpornością
Emulsyjne	MWE	emulite 100, emulan, nitremul, nobelit 100, 200 emulgit 22P, 85P	saletra amonowa 60 - 80%, woda 8 - 16% olej mineralny wraz z emulgatorem 6 - 10% wosk parafinowy, proszek aluminowy	Emulsje wodne umożliwiają ładowanie otworów strzałowych za pomocą samobieżnych systemów ładujących
Trotyl	Trotyl	TNT	związek chemiczny: trinitrotoluen	MW kruszący, mało wrażliwy na uderzenie; częsty składnik innych MW
Prochy	Proch czarny, strzelniczy	proch górniczy	saletra potasowa 75% węgiel drzewny 15% siarka 10%	MW wolno działający, stosuje się do uzyskiwania bloków skalnych i wyrobu lontu prochowego; łatwopalny; gęstość prochu ok. 0,7 g/cm ³ , zdolność działania ok. 130 cm ³ , prędkość detonacji ok. 400 m/s

Z zestawionych wartości w tabeli 9 wynika, że asortyment stosowanych materiałów wybuchowych w górnictwie skalnym jest szeroki. Udziały poszczególnych składników w kompozycjach MW są podawane w pewnych zakresach, a sposób wytwarzania jest na ogół chroniony patentem.

Na przykład dla **MWZ** zawartość składników w różnych kompozycjach [129], jest znacznie szersza i wymienić tu można:

- utleniacze – najczęściej stosuje się: azotany(V), chlorany(VII) i (V) amonu, metali alkalicznych oraz ziem rzadkich, mieszaniny: azotan(V) amonu (NH_4NO_3) z azotanem(V) sodu (NaNO_3) i/lub wapnia ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$). Ponadto sporadycznie stosuje się azotan(V) potasu (KNO_3).

Całkowita zawartość nieorganicznych utleniaczy zmienia się w bardzo szerokim zakresie 30 – 80%, natomiast optymalna zawartość zależy od rodzaju i ilości pozostałych składników MWZ.

- paliwa:
 - wybuchowe – trotyl, heksogen, tetryl, pentryt, nitroceluloza, prochy bezdymne i ich modyfikacje,
 - niewybuchowe – aluminium, siarka, magnez, żelazokrzem, żelazofosfor, różne gatunki węgla,
 - trudno rozpuszczalne w wodzie – tiomocznik,
 - rozpuszczalne w wodzie – mocznik, urotropina, sacharoza, manitol, sorbitol, laktoza itp.,
 - ciekłe – glikol etylenowy lub propylenowy, formamid, nitroglikol itp.

Zawartość składników palnych w MWZ może się zmieniać w zakresie od kilkunastu do około 30%.

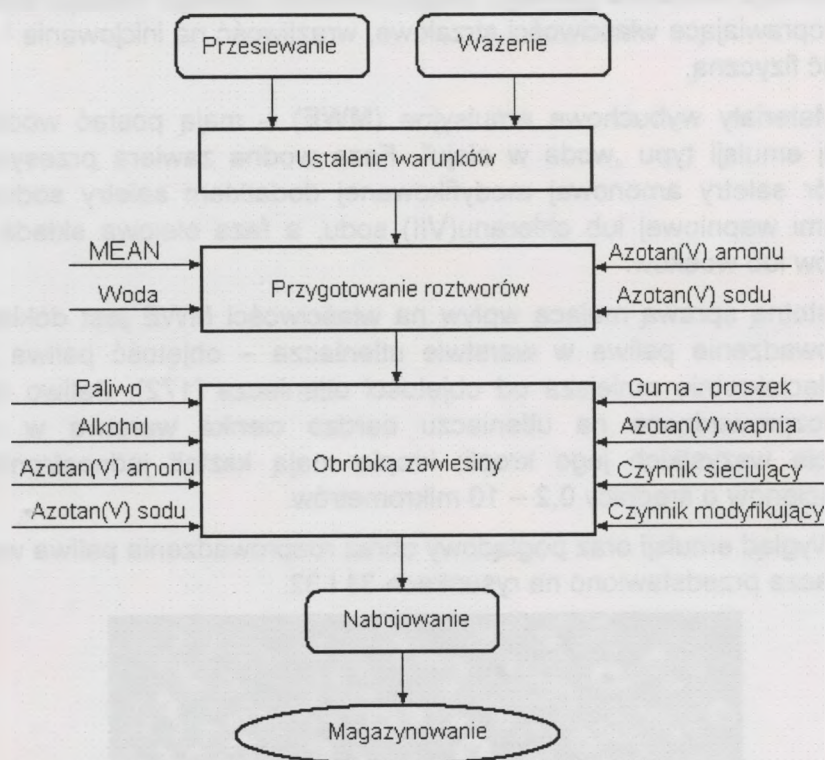
Woda jest nieodłącznym składnikiem wszystkich MWZ stosowanych do użytku cywilnego, a głównie w górnictwie. Nie można stwierdzić jaka jest minimalna zawartość wody w MWZ, lecz całkowita ilość waha się w granicach 5 - 25%. Woda, wpływa na prędkość detonacji (D); dla wzorcowego MWZ o zawartości wody równej 20%, $D = 5120 \text{ m/s}$, dla 10% zawartości wody, $D = 5520 \text{ m/s}$.

- substancje zagęszczające tzw. zagęstniki – najczęściej stosuje się: guar-gum, skrobię, poliakrylamid, sole sodowe lub potasowe karboskymetylocelulozy.

Zawartość zagęstników w MWZ wynosi 0,3 – 3%, a substancji sieciujących stosuje się w granicach 0,01 – 0,1%.

- środki pomocnicze i modyfikujące – cytryniany, szczawiany, winiany itp. w celu opóźnienia procesu sieciowania.

Trójskładnikowa mieszanina utleniacz, paliwo, woda jest już teoretycznie MWZ, lecz ze względu na zróżnicowaną gęstość poszczególnych składników jest układem niejednorodnym. W celu uzyskania odpowiedniego stopnia homogenizacji dodawane są zagęstniki. Schemat ideowy otrzymywania MWZ przedstawiono [47] na rysunku 30.



Rys.30. Diagram wytwarzania MWZ [47]
 * (MEAN) – azotan monoetanoaminy

Materiał wybuchowy zawieszinowy przygotowujący jest partiami i jego wytworzenie odbywa się w czterech etapach:

1. ustalenie warunków,
2. nasyczonego roztworu azotanów(V),
3. homogenizacja,
4. nabojowanie.

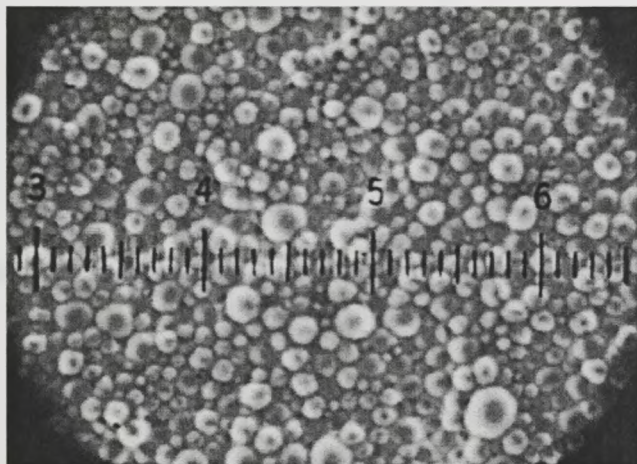
Każda partia zawiera 5 kg produktu finalnego. Naboje z zawieszoną to polietylenowe ładunki o średnicy 32 mm lub 51 mm i długości 406 mm, zamknięte na obu końcach zaciskami aluminiowymi. Testy zdolności do wykonania pracy wykonuje się po 48 godzinach od momentu zanabojowania.

ANFO – są to materiały wybuchowe wytworzone [129, 134] jako mieszanina granulowanej saletry amonowej porowatej 94 – 95,5% z ciekłą substancją palną (olejem) 6 – 4,5%. Wykazują różne właściwości strzałowe, które zależą od rodzaju chłonności użytej saletry i zastosowanego składnika palnego. Mogą zawierać różnego rodzaju dodatki [98] poprawiające właściwości strzałowe, wrażliwość na inicjowanie i stabilność fizyczną.

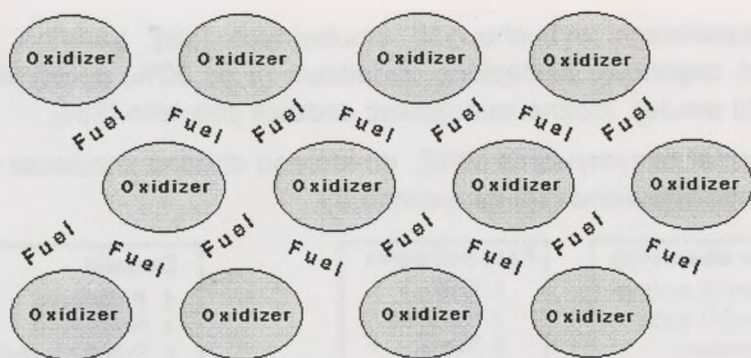
Materiały wybuchowe emulsyjne (**MWE**) – mają postać wodoodpornej emulsji typu „woda w oleju”. Faza wodna zawiera przesycony roztwór saletry amonowej modyfikowanej dodatkiem saletry sodowej, czasami wapniowej lub chloranu(VII) sodu, a faza olejowa składa się z olejów lub wosków.

Istotną sprawą mającą wpływ na właściwości MWE jest dokładne rozproszczenie paliwa w warstwie utleniacza – objętość paliwa jest dziewięciokrotnie mniejsza od objętości utleniacza [172]. Paliwo musi być rozproszzone na utleniaczu bardzo cienką warstwą w celu pokrycia wszystkich jego kropli; krople mają kształt jednostronnych wielościanów o średnicy 0,2 – 10 mikrometrów.

Wygląd emulsji oraz poglądowy obraz rozproszczenia paliwa wokół utleniacza przedstawiono na rysunkach 31 i 32.



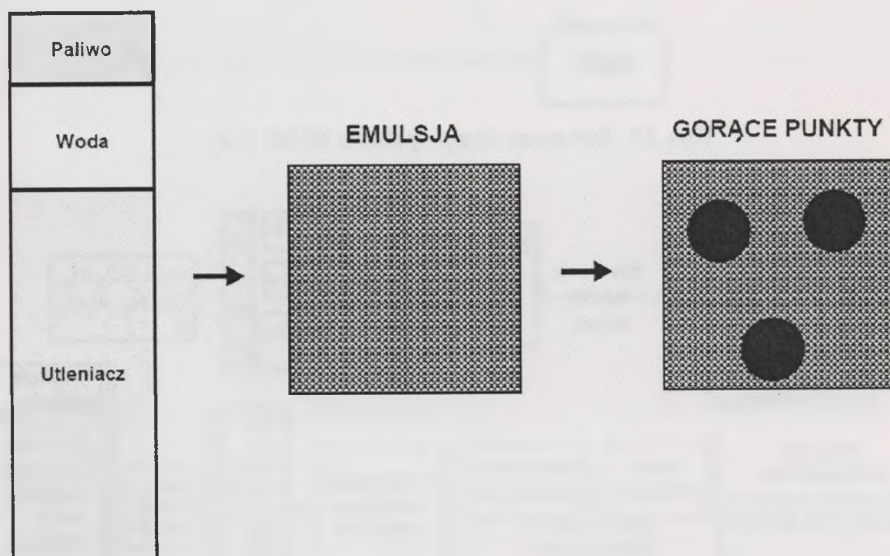
Rys.31. Obraz mikroskopowy emulsji wody w oleju [172]



Rys.32. Utleniacz otoczony paliwem [172]
Oxidizer – utleniacz, Fuel – paliwo

Dodanie aluminium do tak wytworzonej emulsji wpływa na zwiększenie energii MW; aluminium znacząco nie zwiększa czułości emulsji, więc może być stosowane w postaci mniej rozdrobnionej. Teoretycznie, dodanie 5% aluminium zwiększa energię emulsji o około 25 – 35%; dodatek 10% powoduje wzrost energii 40 – 60%, natomiast powyżej 10% udział aluminium w emulsji może nie być opłacalny.

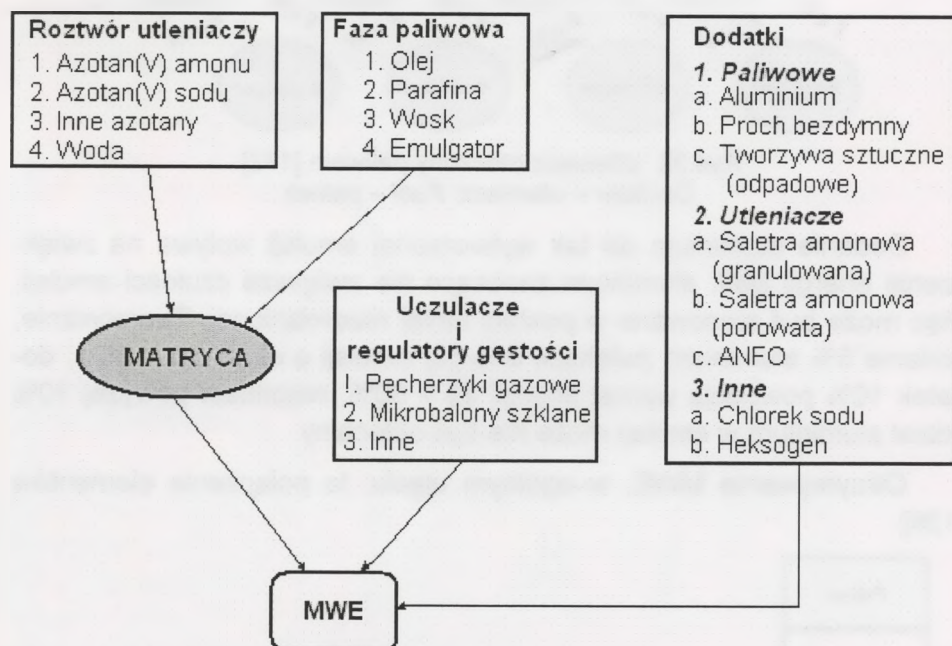
Otrzymywanie MWE, w ogólnym ujęciu, to połączenie elementów [136]:



Materiały wybuchowe emulsyjne zawierają również [170]: emulgatory, stabilizatory emulsji, modyfikatory konsystencji oraz dodatki wysokoenergetyczne i uczulacze w postaci mikrosfer lub pęcherzyków gazowych wytworzonych bezpośrednio w materiale wybuchowym. Pali-

wo w materiałach wybuchowych emulsyjnych (olej, parafina, wosk) może być częściowo zastąpione dodatkiem (5 do 30%) polistyrenu; do stabilizacji emulsji, można zastosować dodatek poliolefin [133].

Schemat otrzymywania MWE, do którego dodano uczulacze z polistyrenu przedstawiono [14] na rysunku 33.



Rys.33. Schemat otrzymywania MWE [14]



Rys.34. Przemiany energetyczne w MW [171]

Różnorodność substancji (składników MW) i kompozycji wybuchowych utworzonych na ich podstawie, pokazują jak szeroka jest skala możliwości wytwarzania energetycznych materiałów. Każdy ze składników MW ma odpowiednie znaczenie w procesie detonacyjnego rozkładu. W zależności od sposobu wyzwolenia energii i przemiany fazowej, po zapoczątkowaniu reakcji rozkładu wybuchowego, wyróżnia się [171] różne prędkości palenia i różne produkty gazowe. Przejście od stanu początkowego do końcowego to proces złożony, wielostopniowy poprzez niestabilne stany pośrednie. Na rys. 34 zestawiono [171] tryb przejścia od początkowego do końcowego stanu mieszaniny chemicznej. Pokazano sposób przekształceń wybuchowych mając na uwadze całokształt procesów powiązanych wzajemnie (fizycznie uwarunkowanych), zgodnie z celem realizowanym w materiale energetycznym (MW).

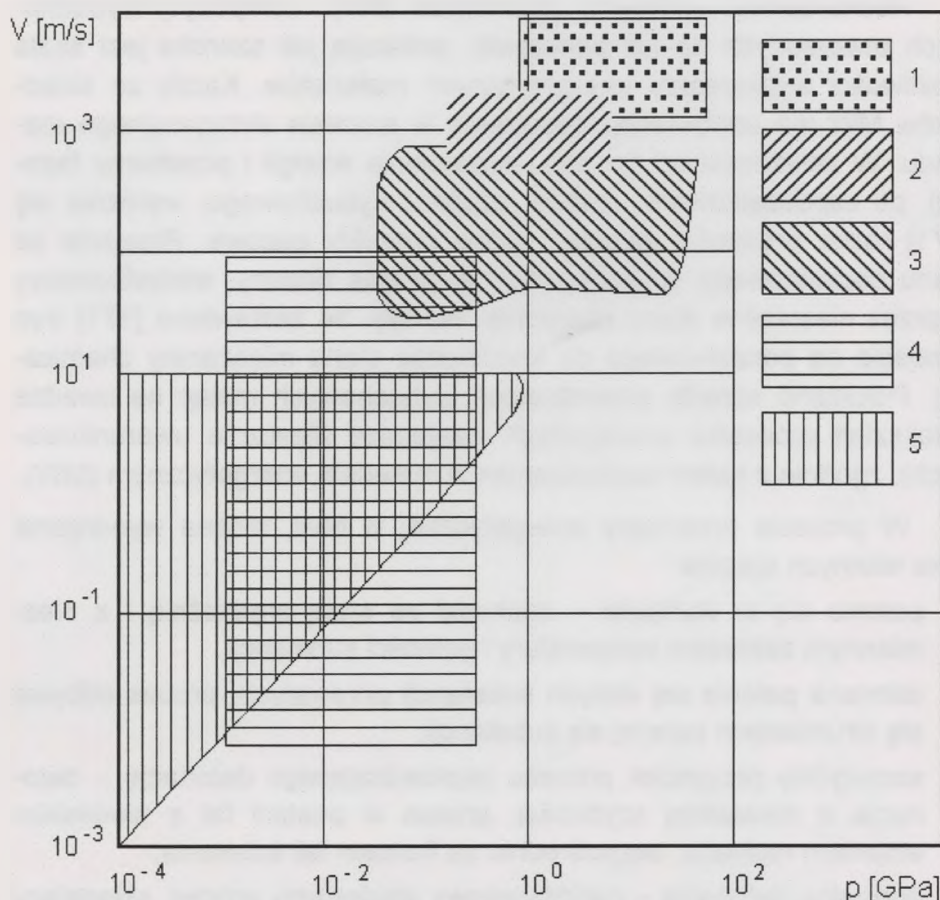
W procesie przemiany energetycznej w MW, można wyodrębnić kilka istotnych etapów:

- palenie się w warstwie – zachodzi ze stałą prędkością i z niezmiennym zakresem temperatury i gęstości substancji,
- odmiana palenia się stałych substancji porowatych; proces odbywa się strumieniem palącej się substancji,
- szczególny przypadek procesu poprzedzającego detonację – detonacja o niewielkiej szybkości; proces w postaci fal z niewielkim stopniem rozkładu, bezpośrednio za frontem fali ściskania,
- normalna detonacja – naddźwiękowy stacjonarny proces, składający się z fali uderzeniowej i zachodzącej za nią reakcji chemicznej (rys. 35).

Do powstania reakcji wybuchowej niezbędne jest spełnienie czterech warunków:

1. Egzotermiczność reakcji,
2. Powstanie produktów gazowych,
3. Olbrzymia szybkość,
4. Zdolność do samorozprzestrzeniania.

Zdolność do reakcji egzotermicznej zależy od struktury chemicznej substancji. Praktyczne znaczenie w technice wybuchowej mają substancje organiczne, zawierające NO_2 – grupę związaną bezpośrednio z węglem (nitrozwiązki).

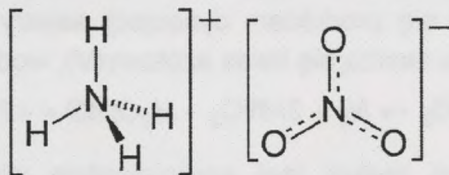
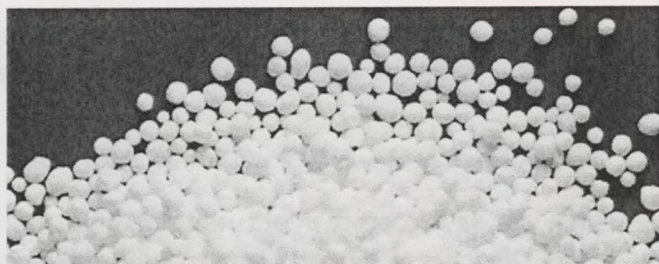


Rys.35. Orientacyjny zakres występowania etapów przemiany [171]
 1 – detonacja, 2 – detonacja z niewielką prędkością, 3 – wybuch podobny do detonacji, 4 – palenie się strumieniem, 5 – warstwowe (normalne) palenie się; p – ciśnienie; V – prędkość czoła (frontu)

6.1. Azotan(V) amonu – utleniacz

Podstawowym składnikiem obecnie stosowanych materiałów wybuchowych jest azotan(V) amonu – saletra amonowa. Występuje ona w postaci drobnokrystalicznej (MW proszkowe – amonity), granulowanej (ANFO, saletroty) i roztworów wodnych (MWZ, MWE). Rolę utleniaczy pełnią w materiałach wybuchowych również azotan(V) sodu – saletra sodowa, azotan(V) potasu i wapnia.

Granulki saletry amonowej (rys. 36) [60] są przemysłową odmianą opracowaną do stosowania jako składnik utleniacza w kompozycjach takich jak np.: ANFO, Heavy-ANFO, MWE.



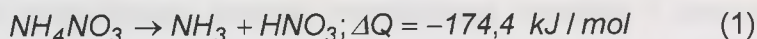
Rys.36. Granulki saletry amonowej i jej wzór strukturalny [60]

Granulki saletry amonowej są niewielkich rozmiarów (średnica 1,4 – 2,0 mm); są to porowate bryłki, które mają mniejszą gęstość niż saletra amonowa używana w rolnictwie jako nawóz. Jest silnie higroskopijna, ma skłonność do „zbrylania”, łatwo rozpuszcza się w wodzie i jest reaktywna chemicznie.

Po raz pierwszy została otrzymana w roku 1954 przez Glaubera, ale w materiałach wybuchowych zastosowana została przez Grindela i Robina; był to zamiennik saletry potasowej w prochu czarnym [4].

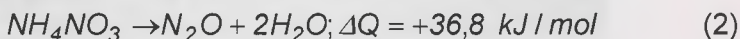
W formie czystej, saletra amonowa nie jest sklasyfikowana jako materiał wybuchowy ponieważ jest trudna do zdetonowania od iskry, ognia albo tarcia. Obecność pewnych zanieczyszczeń powoduje wzrost jej wrażliwości na uderzenie. Nawet, gdy jest przygotowana jako mieszanka wybuchowa do robot strzelniczych, to wymaga zainicjowania przez detonację od innego – silniejszego bodźca (materiału wybuchowego inicjującego).

W czasie ogrzewania do temperatury 110°C zachodzi reakcja endotermiczna dysocjacji saletry amonowej na amoniak i kwas azotowy(V):

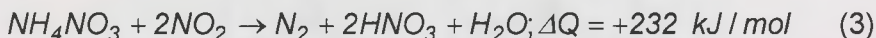


W 165 °C ubytek masy nie jest większy niż 6% na dobę. Szybkość dysocjacji zależy nie tylko od temperatury, ale również od zawartości zanieczyszczeń. Amoniak jest słabiej rozpuszczalny w stopionej mieszaninie niż kwas azotowy(V) i dlatego szybciej odparowuje; obecność kwasu azotowego(V) warunkuje autokatalityczny charakter rozkładu ter-

micznego. W zakresie temperatur 200 – 270°C przebiega słabo egzotermiczna reakcja rozkładu saletry na podtlenek azotu (tlenek azotu(I) – N_2O i wodę:



Widoczny wpływ na szybkość rozkładu termicznego ma obecność ditlenku azotu, który tworzy się przy termicznym rozkładzie kwasu azotowego(V) stając się produktem dysocjacji saletry amonowej. Przy udziale ditlenku azotu tworzą się kwas azotowy(V), woda i azot:

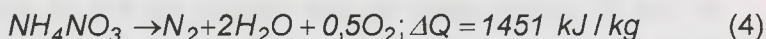


Efekt cieplny tej reakcji jest sześciokrotnie większy od efektu cieplnego reakcji rozkładu saletry na N_2O i H_2O . Wynika stąd, że w „zakwaszonej” saletrze nawet przy normalnych temperaturach, skutek znacznej egzotermicznej reakcji współdziałania z ditlenkiem azotu, odbywa się samorzutny rozkład termiczny, który przy dużej masie saletry amonowej może prowadzić do jej burzliwego rozkładu.

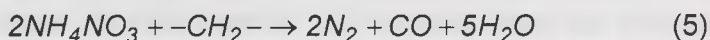
W czasie ogrzewania saletry amonowej, w układzie zamkniętym, w 210 - 220°C odbywa się nagromadzenie amoniaku. Stężenie kwasu azotowego wówczas spada, co powoduje hamowanie reakcji rozkładu. Proces rozkładu termicznego praktycznie ustaje mimo tego, że znaczna część soli nie uległa jeszcze rozkładowi. W wyższych temperaturach amoniak utlenia się szybciej; w układzie gromadzi się kwas azotowy i reakcja przebiega ze znacznym przyspieszeniem, co może prowadzić do wybuchu.

W czasie detonacji zachodzą reakcje chemiczne składające się z dwóch faz. Pierwszą fazą jest rozkład azotan(V) amonu (przebiega według podobnych reakcji), w wyniku którego uwalniane zostają tlenki azotu i duże ilości ciepła.

Druga faza to reakcja między produktami rozkładu azotan(V) amonu i paliwem organicznym (olejem napędowym) przebiegająca według reakcji, która zależy od procentowej zawartości paliwa.



Całkowitą redukcję związków azotu uzyskuje się w reakcji:



przy zawartości 8% reduktora.

W przypadku mieszaniny saletry amonowej (94,3%) i oleju napędowego (5,7%) – uzyskuje się bilans tlenowy zbliżony do zera. Taki skład ANFO zapewnia uzyskanie najlepszej prędkości detonacji.

6.2. Metale – paliwa w materiałach wybuchowych

Paliwo – zarówno stałe, jak i ciekłe jest obok utleniaczy, drugim składnikiem materiałów wybuchowych. Stanowią go zazwyczaj produkty naftowe: oleje (napędowy, opałowy, wrzecionowy), parafina, woski mineralne i syntetyczne, cerezyna, gacz barisolowy oraz mączki (drzewna, itp.).

Składniki stosowane jako paliwo – dodatek wysokoenergetyczny [127, 132] to głównie metale w postaci drobnych cząsteczek (pyłu): aluminium, magnez, żelazo, krzem, tytan lub ich stopy, odpowiednio: aluminium, krzemu, magnezu. Oprócz tego paliwem mogą być: żelazokrzem, węgiel krzemu, żelazofosfor, cynk, bor i inne metale. Szczególnie ważne są metale lekkie np. aluminium, krzem, magnez, beryl i ich stopy.

Powszechne zastosowanie znajduje, w części składników współczesnych MW, proszek aluminium (Al). Jego zawartość waha się zazwyczaj w granicach od kilku do kilkunastu procent [11]:

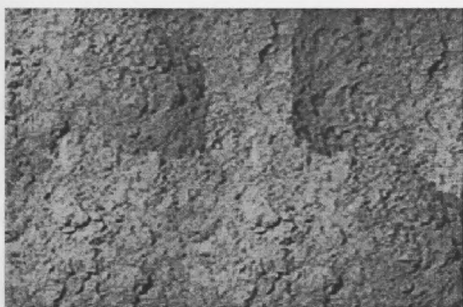
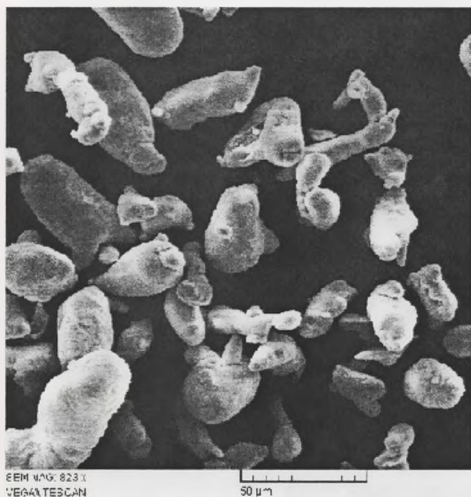
- ANFO aluminiowane 2 – 5%,
- MW sypkie ~ 6%,
- MWZ 5 – 15%,
- MWE 3 – 5 %.

Aluminium stosowane jest w wielu wyrobach pirotechnicznych. Mieszaniny dymotwórcze, fotobłyskowe czy oświetlające zawierają w składzie jako substancję palną sproszkowany metal (aluminium, magnez). Najlepsze efekty pirotechniczne uzyskuje się przy stosowaniu bardzo rozdrobnionego metalu. Niektóre mieszanki pirotechniczne zawierają [27] znaczne ilości aluminium – nawet do 30% (mieszanki pozorujące silny efekt dźwiękowy).

W zależności od stopnia rozdrobnienia, aluminium (rys. 37, 38) stosowane jest jako paliwo w mieszankach pirotechnicznych lub materiałach wybuchowych [156].

Po raz pierwszy pył aluminiowy został zastosowany [165] jako składnik materiałów wybuchowych w 1897 roku, a przez kolejne lata, aż do czasów współczesnych wprowadzano go w różnych kombinacjach [100-103, 125, 126, 128] do MW; był wykorzystywany we wszystkich

opracowanych grupach górniczych materiałów wybuchowych. Prowadzone badania pokazały, że pył aluminiowy płatkowany wykazuje bardzo wysoką zdolność zmiany wrażliwości azotanu(V) amonu. Wzrost jego zawartości w amonalach (aktualnie nie są stosowane), powodował zwiększenie prędkości detonacji oraz intensywności powietrznej fali podmuchowej.



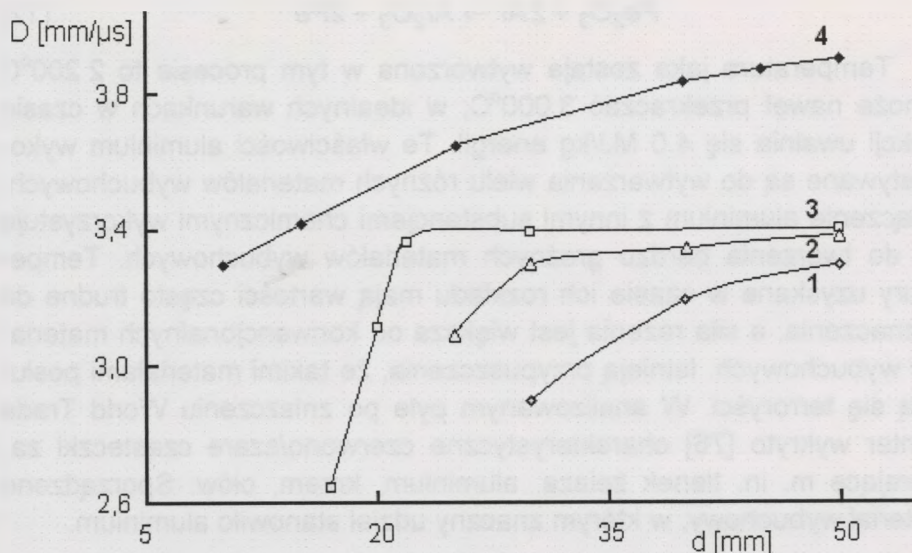
Rys.37. Pył aluminiowy ($\sim 45\mu$) – zdjęcie z mikroskopu elektronowego i wygląd w niewielkim powiększeniu [156]



Rys.38. Aluminium granulowane (0 – 1,5 mm) [156]

Prawdopodobieństwo utlenienia aluminium do najwyższego stopnia utlenienia, za frontem fali uderzeniowej i detonacyjnej (w mieszaninach z utleniaczem i MW) kształtuje temperatura utworzonych produktów, wielkość której ogranicza dysocjacja tlenków aluminium [167].

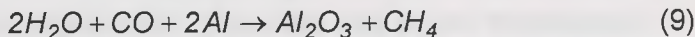
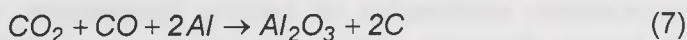
Prędkość detonacji mieszaniny azotanu(V) amonu i aluminium (85:15) zależy od stopnia rozdrobnienia Al (rys. 39).



Rys.39. Zależność szybkości detonacji od średnicy ładunku mieszaniny $\text{NH}_4\text{NO}_3\text{--Al}$ (85 : 15) [167]
Rozmiar cząstek aluminium: 1 – 500 μm , 2 – 250 μm , 3 – 150 μm i 4 – 5 μm

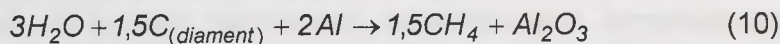
Idealną prędkość detonacji 3,0 – 3,4 mm/ μs uzyskano przy gęstości 0,9 g/ cm^3 .

Na prędkość detonacji w sposób istotny wpływa zmiana objętości właściwej w końcowym etapie reakcji. Reakcje:



zachodzą z dużym lub małym zmniejszeniem objętości właściwej.

Natomiast reakcje:



prowadzą do niedużego powiększenia objętości właściwej.

Aluminium w połączeniu z tlenkiem żelaza tworzy najpopularniejszą mieszaninę (termit) – materiał zapalający:



Temperatura jaka zostaje wytworzona w tym procesie to 2 200°C a może nawet przekraczać 3 000°C; w idealnych warunkach w czasie reakcji uwalnia się 4,0 MJ/kg energii. Te właściwości aluminium wykorzystywane są do wytwarzania wielu różnych materiałów wybuchowych. Połączenie aluminium z innymi substancjami chemicznymi wykorzystuje się do tworzenia bardzo groźnych materiałów wybuchowych. Temperatury uzyskane w czasie ich rozkładu mają wartości często trudne do wyznaczenia, a siła rażenia jest większa od konwencjonalnych materiałów wybuchowych. Istnieją przypuszczenia, że takimi materiałami posługują się terroryści. W analizowanym pyłe po zniszczeniu World Trade Center wykryto [76] charakterystyczne czerwono/szare cząsteczki zawierające m. in. tlenek żelaza, aluminium, krzem, ołów. Sporządzono materiał wybuchowy, w którym znaczny udział stanowiło aluminium.

Generalnie można stwierdzić, że zawartość aluminium w składzie materiału wybuchowego wyraźnie poprawia charakterystyki termodynamiczne MW (ciepło wybuchu); ograniczeniem w szerszym stosowaniu może być wysoka cena.

6.3. Inne dodatki – stabilizatory

W przemysłowych materiałach wybuchowych stosowane są pewnego rodzaju dodatki, które w różny sposób wpływają na ich właściwości. Praktykuje się stosowanie tzw. **uczulaczy (sensybilizatorów)** – w celu wywołania reakcji wybuchowej lub **flegmatyzatorów** – w celu zmniejszenia wrażliwości na bodźce (ogrzewanie, wstrząs, uderzenie lub tarcie). Czasami stosuje się dodatek **zagęstników** – w celu np. zapobiegania rozwarstwieniu się zawiesiny.

Uczulaczem mogą być: nitroestry, nitrozwiązki, mikrosfery, dodatki gazujące. Np. azotan(III) sodu, dodawany do matrycy emulsji (sama jest uznawana za niewybuchową), nadaje jej właściwości wybuchowe. Azotan(III) sodu, w reakcji z saletrą amonową staje się czynnikiem gazotwórczym. Napowietrzona „chemicznie” matryca jest już zdolna do detonacji. Obecnie prowadzone są prace nad wyeliminowaniem azotanu(III) sodu jako uczulacza, ze względu na jego toksyczność.

Typowymi flegmatyzatorami są również: wosk, papier, woda, polimery (takie jak polimery chlorofluorowe), alkohol i oleje (wazelina i parafina).

Flegmatyzatory wprowadza się do materiałów wybuchowych specjalnych w celu obniżenia temperatury wybuchu i zmniejszenia prawdopodobieństwa zapalenia w szybach, mieszanin gazowych metanu i pyłu węglowego. Jako flegmatyzatory są wprowadzane chlorek sodu – NaCl lub chlorek potasu – KCl; nie biorą one udziału w reakcji wybuchowej, ale przy nagrzaniu parują, obniżając tym samym temperaturę gazów wybuchowych.

Stwierdzono [130], że szczególnie korzystne cechy flegmatyzatora w górnictwie materiał wybuchowy, spełnia nasycony roztwór chlorku i azotanu(V) amonu oraz mocznika w glikolu etylenowym, lub węglanu amonu i mocznika w glikolu etylenowym. Roztwory takie dobrze zwilżają powierzchnię kryształów chlorku amonu oraz azotanu(V) amonu wchodzących w skład górnictwa materiał wybuchowy, dzięki czemu wypełniają pory i zlepiają najdrobniejsze cząsteczki tych składników. Jednocześnie roztwory takie mają ograniczoną rozpuszczalność w ciekłych nitroestrach. Przeciwdziała to nadmiernej dyspersji w masie pozostałych składników; flegmatyzator umożliwia ograniczenie do 6% zawartości ciekłych nitroestrów w górnictwach materiałach wybuchowych.

Wprowadzenie flegmatyzatora o cechach hydrofobowych: dinitrotoluenu (DNT – $C_7H_5N_2O_4$, ftalanu dibutyli (DBP – $C_6H_4(COOC_4H_9)_2$) i innych również wpływa w podobny sposób na właściwości wyżej wymienionych materiałów wybuchowych.

Mieszaniny niektórych związków (flegmatyzatorów): roztwór nasycony mieszaniny chlorku amonu, azotanu(V) amonu i mocznika lub roztwór nasycony węglanu amonu i mocznika w glikolu spełniają rolę stabilizatora w górnictwach materiałach wybuchowych. Podczas długotrwałego składowania chlorku i azotanu(V) amonu, wzrasta kwasowość tych składników, co odbija się ujemnie na trwałości chemicznej nitroestrów, a tym samym całej mieszaniny stanowiącej materiał wybuchowy. Obecność mocznika lub mocznika i węglanu amonu w roztworze flegmatyzatora umożliwia neutralizację wolnych kwasów.

W procesie wytwarzania azotanu(V) sodu lub potasu powstaje pewna ilość azotanów(III), które w kwaśnym środowisku mogą započzątkować proces autokatalitycznego rozkładu nitroestrów. Obecność mocznika w roztworze flegmatyzatora zabezpiecza układ przed rozkładem, gdyż w wyniku reakcji mocznika z azotanem(III) powstają produkty obojętne.

Na początku lat pięćdziesiątych w USA prowadzono prace związane z zastąpieniem flegmatyzatorów pochodzenia naturalnego (używanych dotychczas w materiałach wybuchowych) tworzywami sztucznymi [155]. Grupę materiałów wybuchowych zawierających tworzywa sztuczne nazwano Plastic Bonded Explosives (PBX). Podstawowymi komponentami PBX-ów są: kruszące materiały wybuchowe (heksogen, oktogen, pentryt), lepiszcza (poliestry, poliuretany, kauczuki) oraz plastyfikatory (ftalany dioktylu, ftalan dibutyłu, butylnitrofenyloamina).

Zagęstniki wprowadza się głównie w celu zapobiegania osadzaniu się i rozwarstwianiu zawiesiny. Tworzą one w wodzie koloidy, zwiększają wodoodporność zawiesiny. Jako zagęstniki stosuje się związki wielkocząsteczkowe: skrobię, sól sodową karboksymetylocelulozy, gumy roślinne – żywica guarowa, guar-fluor. Dodatek tych substancji jest niewielki – najczęściej w ilościach 0,1 – 2% mas, przy czym w celu przeprowadzenia ich w żel lub przyspieszenia procesu żelowania wprowadza się do nich czynniki sieciujące jak np. dichromiany lub borany sodu i potasu w ilościach 0,01 – 0,1% mas.

7. Bezpieczeństwo produkcji, transportu i stosowania materiałów wybuchowych

Problem bezpiecznej produkcji materiałów wybuchowych oraz ich transport – wielokrotnie przemieszczanie dużych odległości z wytworzonym MW do miejsca stosowania, był zawsze istotnym zadaniem. Początkowo produkcja MW była prowadzona w przedsiębiorstwach odległych od zakładów górniczych i wymagała własnego systemu przechowywania i przemieszczania. W wielu przypadkach potrzebna była wyspecjalizowana kadra pracownicza oraz wymagało to posiadania specjalistycznych magazynów – składów, które były szczególnie uciążliwe i niebezpieczne dla środowiska. Z biegiem lat zmienił się sposób działania – powstały firmy dysponujące mobilnymi wytwórniami MW. Powszechnym stało się stosowanie nieelektrycznych sposobów inicjowania [34]. Materiały wybuchowe uznaje się za całkowicie bezpieczne [15]. Stają się one groźne dopiero po pewnym czasie od umieszczenia ich w otworze strzałowym. Pozwala to w większym stopniu wykorzystać energię wybuchu, a nawet nim świadomie kierować w górotworze, w pełni zmechanizować bardzo ciężką i niebezpieczną pracę przy ich używaniu oraz być, ze względu na skład, ekologicznymi dla środowiska.

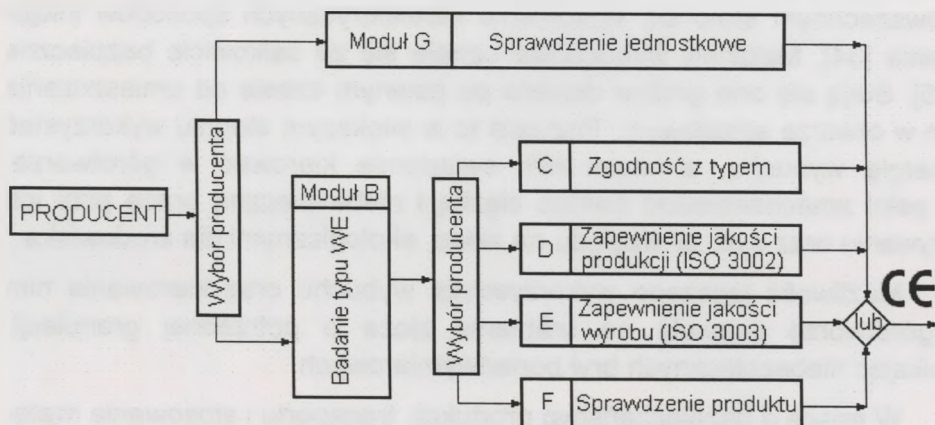
Możliwość lepszego wykorzystania wybuchu oraz kierowania nim w górotworze pozwala na urabianie złożeń o potrzebnej granulacji, unikając niebezpiecznych brył ponadwymiarowych.

W trosce o bezpieczeństwo produkcji, transportu i stosowania materiałów wybuchowych i środków strzałowych (zgodnie z nomenklaturą używaną w dyrektywie – materiały wybuchowe, zapalniki elektryczne, nieelektryczne, czy elektroniczne, lonty detonujące, ładunki kierunkowe itd. zwane są materiałami wybuchowymi do użytku cywilnego) ujednolicono wymagania. System prawny reguluje wprowadzanie na rynek Polski, jak również krajów Unii Europejskiej materiały wybuchowe do użytku cywilnego. Dyrektywa Rady 93/15/WE (dyrektywa w sprawie materiałów wybuchowych przeznaczonych do użytku cywilnego) ustala, że MW mogą być wprowadzone na rynek po spełnieniu następujących warunków:

- powinny posiadać certyfikat badania typu WE (według modułu B), tzn. muszą być zgodne z zasadniczymi wymaganiami bezpieczeństwa (Essential Safety Requirements – ESR),
- przejść jeden z modułów oceny jakości produkcji (moduły: C, D, E lub F),

- posiadać dokument zwany "Deklaracją zgodności" wydany przez producenta,
- powinny być oznakowane znakiem CE,
- powinny posiadać numer identyfikacyjny nadawany przez Prezesa Wyższego Urzędu Górniczego (Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 1 grudnia 2004 r. w sprawie numeru identyfikacyjnego materiału wybuchowego przeznaczonego do użytku cywilnego oraz rejestru materiałów wybuchowych przeznaczonych do użytku cywilnego – Dz. U. Nr 262 z dnia 10. 12. 2004 r., poz. 2616).

Diagram postępowania według dyrektywy przedstawiono na rysunku 40.



Rys.40. Moduły oceny zgodności obowiązujące w Dyrektywie 93/15/EEC [62]

Moduł B jest realizowany przez akredytowane Laboratorium Badań Materiałów Wybuchowych i Zapalników Elektrycznych (znajduje się na terenie GIG Kopalni Doświadczalnej „Barbara” w Mikołowie). Natomiast moduły: C, D, E i F realizuje Jednostka Certyfikująca Głównego Instytutu Górnicztwa w Katowicach.

Kopalnia Doświadczalna „Barbara” realizuje badania w oparciu o normy europejskie zharmonizowane dotyczące materiałów wybuchowych do użytku cywilnego na swoim poligonie doświadczalnym. Wykaz badań dla materiałów wybuchowych kruszących zawarto [62] w tabeli 10. Zakres badań dla lontów detonujących i prochowych oraz zapalników i przekładników ujmują normy, odpowiednio: EN 13630-1: Materiały wybuchowe do użytku cywilnego – Lonty detonujące i prochowe – Część 1: Wymagania oraz EN 13763-1: Materiały wybuchowe do użytku cywilnego – Zapalniki i przekładniki – Część 1.

Wymagania dla materiałów wybuchowych kruszących [62]

Tabela 10

Właściwość	Metoda badania	Wymaganie
Stabilność termiczna	EN 13631-2	brak reakcji MW podczas badania w temperaturze 75 ± 2 °C w czasie 48 h
Wrażliwość na tarcie	EN 13631-3	wrażliwość na tarcie MW nie powinna być mniejsza niż 80 N
Wrażliwość na uderzenie	EN 13631-4	wrażliwość na uderzenie MW powinna być większa niż 2 J
Bezpieczeństwo załadunku	EN 13631-3 EN 13631-4	MW przeznaczony do mechanicznego załadunku powinien posiadać wrażliwość na tarcie powyżej 160 N, a wrażliwość na uderzenie powyżej 30 J
Odporność na wodę	EN 13631-5	MW zadeklarowany przez producenta jako odporny na wodę powinien detonować każdorazowo w trzech strzałach po składowaniu pod 0,2 m warstwą wody, w czasie 5 h
Odporność na ciśnienie hydrostatyczne	EN 13631-6	MW zadeklarowany jako odporny na ciśnienie hydrostatyczne powinien detonować każdorazowo w trzech strzałach po składowaniu pod maksymalnym ciśnieniem podanym przez prod. w czasie 2 h
Bezpieczeństwo i niezawodność w ekstremalnych temperaturach	EN 13631-7	MW zadeklarowany przez producenta jako przeznaczony do stosowania w temp. ekstremalnych (poza zakresem ważności wyników dla danej metody badania) powinien spełnić wymagania podane w EN 13631-6, EN 13631-10, EN 13631-11
Zdolność do zainicjowania	EN 13631-10	MW odpalany środkami inicjowania zadeklarowanymi przez producenta (np. zapalnik, lont detonujący, pobudzaczy wybuchowy) powinien posiadać prędkość det. o wartości co najmniej 90% deklarowanej, każdorazowo w trzech strzałach dla każdego rodzaju inicjowania
Przenoszenie detonacji	EN 13631-11	maksymalna szczelina powietrzna pomiędzy nabojami, przez którą jest przenoszona detonacja nie może być mniejsza niż 2 cm, każdorazowo w trzech strzałach
Gęstość	EN 13631-13	gęstość oznaczana trzykrotnie, w trzech oddzielnych próbkach MW powinna się mieścić w granicach wartości zadeklarowanej przez producenta
Prędkość detonacji	EN 13631-14	MW w nabojach o najmniejszych średnicach handlowych lub zalecanych przez producenta do otworów strzałowych o najmniejszych średnicach powinien posiadać prędkość detonacji o wartości co najmniej 90% deklarowanej, każdorazowo w trzech strzałach dla trzech oddzielnych próbek
Właściwości termodynamiczne	EN 13631-15	obliczone wartości ciepła wybuchu, objętości gazów MW nie powinny się różnić o więcej niż $\pm 3\%$ od wartości deklarowanej przez producenta
Gazy toksyczne	EN 13631-16	podano jedynie procedurę badania w komorze o poj. nie mniejszej niż 15 m ³ ; brak wymagań co do zawartości tlenku węgla i tlenków azotu w produktach det.; norma odsyła do przepisów krajowych

Materiały wybuchowe mogą być wprowadzane do obrotu, jeżeli: spełniają zasadnicze wymagania i są oznakowane znakiem CE, posiadają nadany numer identyfikacyjny oraz zostały wpisane do rejestru.

Bezpieczeństwo transportu

Materiały wybuchowe, uznawane za jedno z najbardziej niebezpiecznych substancji, podlegają specjalnemu oznakowaniu i wymaganiom w czasie transportu i magazynowania. Komitet ONZ ds. Transportu Towarów Niebezpiecznych i Globalnie Zharmonizowanego Systemu Klasyfikacji i Etykietowania Chemikaliów postanowił stworzyć ujednolicone kryteria klasyfikacji i oznakowania chemikaliów. Powstał system, który nosi nazwę Globally Harmonised System of Classification and Labeling of Chemicals (GHS) – jest wdrażany w ponad 60 krajach i obowiązuje w całej Unii Europejskiej. System GHS wprowadza ujednolicone:

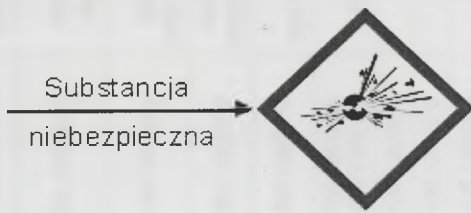
- piktogramy wskazujące rodzaj zagrożenia,
- hasła ostrzegawcze (Niebezpieczeństwo! lub Uwaga! – wyrazy wskazujące na stopień zagrożenia w celu szybkiego reagowania w sytuacji zagrożenia),
- zwroty wskazujące rodzaj zagrożenia (zwroty EUH i H),
- zwroty wskazujące środki ostrożności (zwroty P),

tak aby stworzyć zintegrowany system informowania o zagrożeniach.

Od 1 czerwca 2015 roku będzie obowiązywać stosowanie nowych symboli zagrożenia; dla substancji wybuchowych będzie to znak:



dotychczasowy



nowy

W Unii Europejskiej założenia systemu GHS są wdrażane poprzez rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady Europy Nr 1272/2008 w sprawie klasyfikacji oznakowania i pakowania substancji i mieszanin – Classification, Labeling, Packaging (CLP) oraz rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady Europy Nr 1907/2006 dotyczące bezpiecznego stosowania chemikaliów – Regulation for Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals (REACH).

Celem systemów jest poprawa ochrony zdrowia ludzi i środowiska przed zagrożeniami, które mogą być powodowane przez substancje chemiczne oraz zapewnienie swobodnego obrotu substancjami na rynku wewnętrznym Unii.

REACH dotyczy nie tylko przemysłu chemicznego, ale również wielu innych gałęzi gospodarki mających często bardzo pośredni kontakt z substancjami chemicznymi jak np. górnictwo. Zgodnie z REACH podmioty wytwarzające lub importujące substancje chemiczne w ilościach powyżej 1 tony zobowiązane są do zbierania informacji w zakresie właściwości, zastosowania i bezpiecznego zarządzania tymi chemikaliami, a wszystkie te informacje muszą być udostępniane dalszym użytkownikom nieodpłatnie.

Komitet Ekspertów ONZ ds. Transportu Towarów Niebezpiecznych i Globalnie Zharmonizowanego Systemu Klasyfikacji i Znakowania Chemikaliów jest zbiorowym autorem zalecenia zawierającego system klasyfikacji materiałów niebezpiecznych stosowanego z niewielkimi modyfikacjami we wszystkich rodzajach transportu. Ujednolicony podział substancji niebezpiecznych pozwala na szybkie i precyzyjne reagowanie służb ratownictwa chemicznego w przypadku wystąpienia zagrożenia. Każdy materiał niebezpieczny jest klasyfikowany do jednej z 13 klas:

1. Klasa 1. Materiały i przedmioty wybuchowe.
2. Klasa 2. Gazy, przedmioty zawierające gaz pod ciśnieniem.
3. Klasa 3. Materiały ciekłe zapalne.
4. Klasa 4.1. Materiały stałe zapalne, materiały samoreaktywne i materiały wybuchowe stałe odczulone.
5. Klasa 4.2. Materiały samozapalne.
6. Klasa 4.3. Materiały wytwarzające w zetknięciu z wodą gazy palne.
7. Klasa 5.1. Materiały utleniające.
8. Klasa 5.2. Nadtlenki organiczne.
9. Klasa 6.1. Materiały trujące.
10. Klasa 6.2. Materiały zakaźne.
11. Klasa 7. Materiały promieniotwórcze.
12. Klasa 8. Materiały i przedmioty żrące.
13. Klasa 9. Różne materiały i przedmioty niebezpieczne.

W klasie 1 umieszczono materiały wybuchowe, a nieuczulona matryca MWE zaliczana jest do klasy 5.1.

W podklasach występuje dalszy podział – „materiały i przedmioty wybuchowe” dzieli się na sześć podklas:

1. Podklasa 1.1. Materiały i przedmioty, które stwarzają zagrożenie wybuchem masowym.
2. Podklasa 1.2. Materiały i przedmioty, które stwarzają zagrożenie rozrzutem, ale nie wybuchem masowym.
3. Podklasa 1.3. Materiały i przedmioty stwarzające zagrożenie pożarem i małe zagrożenie wybuchem lub rozrzutem lub oba te zagrożenia, ale które nie stwarzają zagrożenia wybuchem masowym.
4. Podklasa 1.4. Materiały i przedmioty, które stwarzają tylko małe zagrożenie w przypadku zapalenia lub zainicjowania podczas przewozu.
5. Podklasa 1.5. Materiały bardzo mało wrażliwe stwarzające zagrożenie wybuchem masowym, które są na tyle niewrażliwe, że istnieje małe prawdopodobieństwo ich zainicjowania lub przejścia od palenia do detonacji w normalnych warunkach przewozu.
6. Podklasa 1.6. Przedmioty skrajnie niewrażliwe, które nie stwarzają zagrożenia wybuchem masowym.

Instrukcje pisemne dla kierowców zgodne z ADR informują, jakie nalepki ostrzegawcze należy umieścić na opakowaniach poszczególnych materiałów niebezpiecznych.

KLASA 1



(Nr 1)

Podklasa 1.1, 1.2. i 1.3

KLASA 5.1



(Nr 5.1)



(Nr 1.4)

Podklasa 1.4



(Nr 1.5)

Podklasa 1.5



(Nr 1.6)

Podklasa 1.6

Poza podziałem na klasy stworzono numeryczny wykaz materiałów niebezpiecznych. Każdej substancji w wykazie materiałów niebezpiecznych przyporządkowano numer UN; czterocyfrowy numer rozpoznawczy przypisany pojedynczej substancji lub grupie substancji o podobnych właściwościach, wyodrębnionych na podstawie kryteriów klasyfikacyjnych podanych dla poszczególnych klas materiałów niebezpiecznych.

Rozpoznawczy numer UN materiału umieszczany jest na tablicach ostrzegawczych. Jest to niezwykle ważna informacja dla służb ratunkowych, które w razie wypadku z udziałem pojazdu przewożącego materiał niebezpieczny mogą szybko podjąć odpowiednie działania.

Dla zapewnienia bezpieczeństwa ludziom i środowisku stworzono przepisy, które pozwalają na odpowiednie obchodzenie się z niebezpiecznym materiałem podczas prac załadunkowych i przewozu.

Przewóz materiałów wybuchowych może odbywać się poprzez transport:

- drogowy, regulowany przepisami ADR,
- kolejowy, w którym obowiązuje regulamin RID,
- morski, regulowany kodeksem IMDG,
- śródlądowymi drogami morskimi, gdzie obowiązuje umowa ADN.

W Polsce najczęściej stosuje się drogowy i kolejowy transport substancji niebezpiecznych. W każdym rodzaju transportu największą odpowiedzialność za bezpieczeństwo przewozu ponosi jego nadawca oraz przewoźnik. Nadawca powinien znać zawartość przesyłki, charakterystykę i właściwości towaru, ponieważ to na tej podstawie dobiera się odpowiednie opakowanie, sporządza dokumentację przewozową oraz dobiera odpowiednie nalepki ostrzegawcze. Kierowca jest z kolei zmuszony do znajomości przepisów obowiązujących w danym rodzaju przewozu materiałów niebezpiecznych. Kierowca powinien być świadomy swojej odpowiedzialności w zakresie szkód jakie mogą powstać podczas przewozu: prawidłowy załadunek i bezpieczny przewóz materiału oraz zapewnienie sprawności technicznej pojazdu i jego wyposażenia. Ważnym elementem jest także oświetlenie zewnętrzne pojazdu oraz jego prawidłowe oznakowanie. Kierowca musi przestrzegać wyznaczonych tras przejazdu oraz nie może przekraczać dozwolonych prędkości.

W celu zwiększenia bezpieczeństwa przewozu materiałów niebezpiecznych należy stosować skuteczne znakowanie pojazdów. Każdy

pojazd przewożący materiały wybuchowe należące do klasy 1 powinien być oznakowany tablicami ostrzegawczymi i naklejkami, które odpowiadają naklejkom, jakie zostały uprzednio umieszczone na sztukach przesyłki zawierających substancje wybuchowe. Naklejki powinny zostać umieszczone na tylnej i na bocznych ścianach danego pojazdu.

Materiały wybuchowe mogą być przewożone tylko w sztukach przesyłki, czyli po wcześniejszym umieszczeniu w odpowiednim opakowaniu, które powinno być:

- dobrej jakości i w dobrym stanie technicznym, skonstruowane i zamknięte tak, by chronić zawartość przed zanieczyszczeniem i uwolnieniem się zawartości,
- wykonane z materiałów, które w zetknięciu z zawartością nie wchodzi w niebezpieczne reakcje,
- odporne na działanie sił występujących podczas przewozu i czynności ładunkowych,
- prawidłowo oznakowane,
- atestowane.

Ważnym elementem zapewnienia maksymalnego bezpieczeństwa podczas przewozu materiałów niebezpiecznych jest prawidłowy dobór trasy przejazdu pojazdu. Wśród transportowanych materiałów niebezpiecznych, można wyróżnić takie, które niosą z sobą szczególnie duże niebezpieczeństwo dla zdrowia i życia ludzkiego – tworzą tzw. grupę dużego ryzyka. Należą do niej w szczególności materiały i przedmioty wybuchowe, gazy palne i trujące, materiały promieniotwórcze, żrące oraz zakaźne. Materiały dużego ryzyka ze względu na swoje właściwości mogą zostać wykorzystane niezgodnie ze swoim przeznaczeniem np. w zamachach terrorystycznych i spowodować masowe zniszczenia. Osoby, które biorą udział w transporcie tych towarów są zobligowane do wprowadzenia i stosowania planu ochrony, czyli dobrania odpowiednich środków ostrożności i bezpieczeństwa w celu zminimalizowania ryzyka związanego szczególnie z kradzieżą towaru i umyślnym użyciem go do działań przestępczych mających na celu zakłócenie porządku publicznego. Najważniejszym aspektem przy zapewnianiu ochrony towarów niebezpiecznych jest współpraca pomiędzy nadawcami, przewoźnikami, odbiorcami oraz służbami porządkowymi i ratunkowymi.

Przykład informacji o transporcie zawarto w karcie charakterystyki [80] podanej na stronach 143÷145.

Opakowanie materiałów wybuchowych emulsyjnych i jego oznakowanie podlega przepisom RID/ADR/IMDG. Oznakowanie na opakowaniu preparatu musi zawierać co najmniej: nazwę przewozową w języku polskim, oraz jeżeli preparat jest transportowany poza granice Polski, w języku angielskim, niemieckim lub francuskim i numer rozpoznawczy materiału poprzedzony literami UN. Na każdym opakowaniu musi być umieszczona nalepka ostrzegawcza oraz nazwa handlowa materiału wybuchowego.

Materiały wybuchowe emulsyjne są preparatami niebezpiecznymi o klasyfikacji RID/ADR/IMDG:

Numer rozpoznawczy materiału: UN 0241

Prawidłowa nazwa przewozowa: MATERIAŁ WYBUCHOWY, KRUSZĄCY, TYP E

angielska EXPLOSIVE, BLASTING, TYPE E

niemiecka SPRENGSTOFF, TYP E

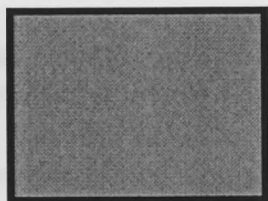
francuska EXPLOSIF DE MINE DU TYPE E

Klasa: 1

Kod klasyfikacyjny: 1.1 D

Kategorycznie zabrania się przewożenia w jednym pojeździe materiałów wybuchowych emulsyjnych wspólnie z innymi materiałami niebezpiecznymi za wyjątkiem materiałów niebezpiecznych klasy 1 grupy zgodności C, D, E, G i S. Opakowania transportowe muszą być oznakowane zgodnie z przepisami RID/ADR. Środki transportu, kontenery oraz ich oznakowanie muszą być zgodnie z przepisami RID/ADR/IMDG.

Tablica barwy pomarańczowej:



Oznakowanie pojazdów

Nalepka ostrzegawcza:



Oznakowanie pojazdów i opakowań

Bezpieczeństwo magazynowania

Magazynowanie towarów niebezpiecznych niesie ze sobą wiele niebezpieczeństw związanych z zagrożeniami pożarowymi i wybuchowymi, a także stwarza duże ryzyko dla zatrudnionych do jego obsługi pracowników; ilości materiałów niebezpiecznych magazynowanych są zazwyczaj kilka lub kilkadziesiąt razy większe od ilości transportowanych. Powoduje to zwiększenie potencjalnego zagrożenia.

W Polsce sprawę magazynowania materiałów wybuchowych, reguluje Rozporządzenie Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 9 lipca 2003 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy produkcji, transporcie wewnątrzzakładowym oraz obrocie materiałów wybuchowych, w tym wyrobów pirotechnicznych. Określono w nim warunki jakie muszą spełniać obiekty i pomieszczenia, dopuszczone do składowania i magazynowania materiałów wybuchowych. Dla obiektów magazynowych zagrożonych wybuchem ustala się dwie kategorie magazynów MW1 oraz MW2. O zakwalifikowaniu danego materiału wybuchowego do poszczególnej kategorii magazynu decyduje jego współczynnik wrażliwości. Współczynnik ten jest miarą wrażliwości materiału wybuchowego na bodźce zewnętrzne. W magazynie kategorii:

- MW1 zezwala się na magazynowanie materiałów o współczynniku wrażliwości nie większym niż 2 oraz materiały wybuchowe nie opakowane i w stanie nie zaelaborowanym,
- MW2 dopuszcza się magazynowania pozostałych materiałów wybuchowych.

Ponadto dla każdego obiektu przeznaczonego do magazynowania materiałów wybuchowych wyznacza się strefę ochronną, na terenie której zabrania się:

- przebywania osób nie upoważnionych i nie związanych z realizacją zadań niezbędnych do funkcjonowania magazynu,
- wykonywania prac mogących przyczynić się do zainicjowania zapłonu o ile praca ta nie stanowi niezbędnego elementu prawidłowego funkcjonowania magazynu,
- poruszania się pojazdami, które nie posiadają obudowy przeciwwybuchowej,
- przechowywania innych materiałów niebezpiecznych (wybuchowych, łatwopalnych itp.).

Zasięg strefy ochronnej zależy od kategorii zagrożenia stwarzanego przez magazynowany materiał wybuchowy.

Na obiekty magazynowe zostały narzucone wymagania dotyczące ich usytuowania. W pobliżu magazynu wyznacza się strefy zagrożenia wybuchem, które definiują lokalizację różnych obiektów i zależą od przechowywanego materiału wybuchowego.

Przyjmuje się, że minimalna odległość od magazynu do innych obiektów to odległość, dla której ciśnienie fali uderzeniowej nie przekracza wartości dopuszczalnych.

Strefę zagrożenia wybuchem dzieli się na:

- bezpośrednią – nadciśnienie fali uderzeniowej ponad 250 kPa; można w niej lokalizować tylko magazyny materiałów wybuchowych w opakowaniach transportowych,
- bliską – nadciśnienie fali uderzeniowej od 35 kPa do 250 kPa; dopuszcza się w niej lokalizację budynków do produkcji materiałów wybuchowych oraz magazynów półfabrykatów,
- pośrednią – nadciśnienie fali uderzeniowej od 5 kPa do 35 kPa; strefa w której możliwe jest umiejscowienie pomieszczeń higieniczno-sanitarnych, budynków laboratoryjnych, budynków pomocniczych oraz napowietrznych linii wysokiego napięcia i ogrodzenia zewnętrznego zakładu,
- daleką – nadciśnienie fali uderzeniowej do 5 kPa; można w niej lokalizować obiekty niewymienione w powyższych strefach.

W celu zmniejszenia skutków ewentualnego wybuchu zaleca się, by magazyny materiałów wybuchowych były osłonięte obwałowaniami. Zastosowane wały powinny być zaprojektowane i usytuowane w taki sposób, by umożliwiały rozproszenie lub pochłonięcie energii wybuchu. Obwałowanie pozwala na zmniejszenie stref zagrożenia wokół magazynu.

Heksogen krystaliczny jest wzorcowym materiałem wybuchowym, który przyjmuje się jako materiał odniesienia do określenia parametrów zagrożenia dla innych materiałów wybuchowych, przy których wybuchu w otoczeniu ładunku powstaje fala uderzeniowa. Nadciśnienie fali uderzeniowej (P_f) jako funkcji odległości czoła fali (L) od miejsca wybuchu materiału wybuchowego i jego równoważnika heksogenowego (G) wyznacza się doświadczalnie w drodze badań modelowych lub określa według wzoru:

$$P_f = 980 \cdot \left(L \cdot G^{-\frac{1}{3}} \right)^{-1,89} \quad [kPa] \quad (13)$$

gdzie:

P_f — nadciśnienie fali uderzeniowej [kPa],

L — odległość od miejsca wybuchu [m],

G — równoważnik heksogenu [kg].

Równoważnik masy heksogenu (G) określa się według wzoru:

$$G = R_Z \cdot M_X \quad [kg] \quad (14)$$

gdzie:

R_Z — współczynnik zagrożenia materiału wybuchowego,

M_X — masa netto zawartego w obiekcie materiału wybuchowego [kg].

Zasięg stref zagrożenia, w zależności od ilości magazynowanego MW zamieszczono [146] w tabelach 11 i 12.

Zasięg stref zagrożenia wokół obiektów nieobwałowanych [146]

Tabela 11

Ilość materiału wybuchowego G (kg)	Zasięg stref zagrożenia (w metrach) wyznaczonych nadciśnieniem fali uderzeniowej równym			
	250 kPa	35 kPa	5 kPa	3 kPa
5	4	10	28	37
10	4	13	35	46
20	6	16	44	58
50	8	22	60	79
10^2	10	27	76	99
20^2	12	34	96	125
50^2	16	46	130	169
10^3	21	58	163	214
20^3	26	74	206	270
50^3	35	100	279	366
10^4	44	126	352	461
20^4	56	158	443	581
50^4	76	215	601	788
10^5	96	271	758	993
20^5	121	341	954	1251
50^5	164	463	1296	1698
10^6	206	583	1633	2139

Zasięg stref zagrożeń wokół obiektów obwałowanych [146]

Tabela 12

Ilość materiału wybuchowego G (kg)	Zasięg stref zagrożeń (w metrach) wyznaczonych nadciśnieniem fali uderzeniowej równym			
	250 kPa	35 kPa	5 kPa	3 kPa
5	-	-	10	14
10	-	-	14	19
20	-	-	18	25
50	-	-	26	35
10 ²	-	10	34	46
20 ²	-	13	44	61
50 ²	-	19	64	88
10 ³	-	25	84	121
20 ³	-	32	225	172
50 ³	14	47	182	286
10 ⁴	18	61	268	429
20 ⁴	23	80	400	581
50 ⁴	34	122	601	788
10 ⁵	44	174	758	993
20 ⁵	58	254	954	1251
50 ⁵	84	432	1296	1698
10 ⁶	115	583	1633	2139

Obiekt i jego wyposażenie, które przeznaczone jest do składowania materiałów wybuchowych powinno być trwałe, gładkie i łatwo zmywalne, bez szpar i pęknięć. Powłoki ścian, sufitów i elementy wyposażenia powinny być wykonane z materiałów niepalnych. Zastosowane powłoki i podłogi muszą być odporne na działanie materiałów wybuchowych, a szczególnie nie powinny reagować z magazynowanymi substancjami. W obiektach magazynowych materiałów wybuchowych należy stosować środki ochrony przed elektrycznością statyczną. Okna, które wychodzą na stronę południową, południowo-zachodnią i zachodnią należy zabezpieczyć przed bezpośrednim działaniem promieni słonecznych na materiał wybuchowy, a okna mające służyć jako wyjścia awaryjne, muszą otwierać się na zewnątrz i mieć wymiary nie mniejsze niż 0,75 x 0,75 m.

Maszyny i narzędzia powinny być wykonane z odpowiednich materiałów i nie powinny powodować niezamierzonego zapalenia, bądź wybuchu przy pracy przez wydzielane ciepło, uderzenie, tarcie lub inne bodźce energetyczne.

Materiały wybuchowe nie mogą być magazynowane razem ze środkami lub narzędziami służącymi do inicjowania ich wybuchu.

Bezpieczeństwo produkcji MW

Bezpieczeństwo pracy w górnictwie oceniane jest pod kątem ryzyka, kalkulację którego prowadzi się na etapie planowania procesów produkcyjnych. W kopalni podziemnej bezpieczeństwo to ocenia się w odniesieniu do największych zagrożeń – wybuch pyłu węglowego i/lub metanu. Czynnikiem, który ma istotne znaczenie (często jest przyczyną poprzednich) w bezpieczeństwie pracy w górnictwie są stosowane środki strzałowe, a w szczególności materiały wybuchowe.

Do oceny zagrożeń występujących podczas produkcji i przetwarzania MW (niektóre materiały wybuchowe produkowane są w kopalni – w miejscu stosowania) wykorzystuje się metodykę TEMCLEV-Ex. Wymagania ochrony środowiska naturalnego i środowiska pracy, nakazujące ocenę ryzyka stosowanych technologii, powodują konieczność wykonywania ocen zagrożenia indywidualnego i zbiorowego w procesie pracy oraz określanie poziomu ryzyka stwarzanego przez zakład dla otoczenia. Na całość oceny stopnia zagrożenia związanego z przetwarzaniem, produkcją, stosowaniem i składowaniem materiałów wybuchowych wykorzystuje się [124, 138] System TEMCLEV-Ex (ang. Technology & Media Classification and Evaluation System).

Obejmuje on analizę trzech aspektów:

- ocena zagrożenia – wynika z palnych i wybuchowych właściwości MW,
- ocena negatywnych następstw – wynika z charakteru operacji (mieszanie, rozdrabnianie, podgrzewanie, itp.); wiąże się z wytwarzaniem i przetwarzaniem danego materiału,
- zmniejszenie stopnia zagrożenia – konsekwencja stosowanych przedsięwzięć kontrolnych i działań prewencyjnych.

Poszczególne czynniki wpływające na skalę występujących zagrożeń, oceniane są w systemie parametrycznym. Parametryczna ocena stopnia zagrożenia (ZP_{Ex}), które występuje podczas wytwarzania danego materiału niebezpiecznego, obliczana jest za pomocą wzoru:

$$ZP_{Ex} = [(A_{Rw} + B_{Rz}) \cdot S_{Ex}] \cdot \left[\frac{T}{T_{ZAB}} \right] \quad (15)$$

gdzie:

- A_{RW} — wskaźnik charakteryzujący podatność (wrażliwość) MW na wybuch,
- B_{Rz} — wskaźnik określający siłę wybuchu (zdolność niszczącą MW),
- S_{Ex} — wskaźnik odzwierciedlający specjalne właściwości MW, które powiększają stopień zagrożenia powodowany przez dany materiał wybuchowy,
- T — wskaźnik technologiczny, który określa zagrożenia występujące w procesach wytwarzania materiałów wybuchowych,
- T_{ZAB} — wskaźnik technologiczny, który charakteryzuje obniżenie zagrożenia, ze względu na podjęte działania zabezpieczające, techniczne i organizacyjne.

Ocena zagrożenia związanego z właściwościami MW

Zagrożenia związane z podatnością mechaniczną, wrażliwością termiczną oraz wynikające z siły wybuchu danego MW, określone są na podstawie wartości współczynników: R_W i R_Z . Charakteryzują one właściwości fizykochemiczne rozpatrywanego materiału wybuchowego.

Współczynnik R_W określa podatność (wrażliwość) materiału wybuchowego na zapoczątkowanie procesu wybuchu; uwzględnia wrażliwość na pobudzenie mechaniczne (udar), podatność na tarcie oraz wrażliwość termiczną. Jest on wyznaczany z zależności:

$$R_W = (R_M \cdot R_{Temp})^{\frac{1}{2}} \quad (16)$$

gdzie:

- R_M — współczynnik wrażliwości mechanicznej,
- R_{Temp} — współczynnik wrażliwości termicznej.

Obydwa współczynniki określone są na podstawie wyników badań. Współczynnik wrażliwości mechanicznej R_M określa się za pomocą wzoru:

$$R_M = 0,076 \cdot (R_U \cdot R_T)^{\frac{1}{2}} \quad (17)$$

gdzie:

- R_U — wrażliwość na uderzenie, zmienia się w zakresie od 1 do ok. 50 J,
- R_T — wrażliwość na tarcie zmienia się w zakresie od 0,1 do ok. 360 N.

Współczynnik wrażliwości termicznej R_{Temp} określany jest na podstawie temperatury rozkładu termicznego materiału wybuchowego z zależności:

$$R_{Temp} = 39,02 \cdot \log_{10} \left(\frac{T_P}{373} \right) \quad (18)$$

gdzie:

T_P — temperatura rozkładu, mieści się w zakresie 373 – 673 K; im większa wartość tym materiał mniej wrażliwy.

Drugim współczynnikiem przewidzianym dla scharakteryzowania podstawowych właściwości MW, ze względu na wielkość tworzonego zagrożenia, jest współczynnik R_Z . Charakteryzuje on potencjalną skalę zniszczeń, jakie mogą powstać w wyniku wybuchu. Miarą ich jest iloczyn energii wybuchu (ciepło wybuchu) i ilości gazów powstających w wyniku przereagowania jednostki masy materiału wybuchowego. Współczynnik R_Z wyznacza się z wzoru:

Wartości liczbowe parametrów A_{RW} i B_{Rz} , w zależności od współczynników R_W i R_Z

Tabela 13

Zakres wartości R_W	Ocena A_{RW}	Zakres wartości R_Z	Ocena B_{Rz}
powyżej 9 – 10	1	powyżej 1,05 – 1,10	25
powyżej 8 – 9	2	powyżej 1,00 – 1,05	20
powyżej 7 – 8	3	powyżej 0,95 – 1,00	16
powyżej 6 – 7	4	powyżej 0,9 – 0,95	15
powyżej 5 – 6	5	powyżej 0,85 – 0,9	12
powyżej 4 – 5	6	powyżej 0,8 – 0,85	10
powyżej 3,5 – 4	8	powyżej 0,7 – 0,8	9
powyżej 3 – 3,5	9	powyżej 0,6 – 0,7	8
powyżej 2,5 – 3	10	powyżej 0,5 – 0,6	6
powyżej 2 – 2,5	12	powyżej 0,4 – 0,5	5
powyżej 1,5 – 2	15	powyżej 0,3 – 0,4	4
powyżej 1 – 1,5	16	powyżej 0,2 – 0,3	3
powyżej 0,5 – 1	20	powyżej 0,1 – 0,2	2
powyżej 0 – 0,5	25	powyżej 0 – 0,1	1

$$R_Z = 4,71 \cdot 10^{-4} \cdot (Q_W \cdot V_O)^{\frac{1}{2}} \quad (19)$$

gdzie:

$4,71 \cdot 10^{-4}$ — wartość wyrażenia $(Q_W \cdot V_O)^{\frac{1}{2}}$ dla heksogenu:

gęstość 1,8 g/cm³, $Q_W = 6091$ kJ/kg, $V_O = 741,5$ dm³/kg

- Q_w — ciepło wybuchu materiału wybuchowego [kJ/kg],
 V_o — objętość właściwa produktów wybuchu materiału wybuchowego [dm³/kg].

Współczynniki A_{Rw} i B_{Rz} występujące we wzorze (15), oblicza się jako funkcje współczynników R_w i R_z zgodnie z danymi zawartymi w tabeli 13.

Wpływ specyficznych właściwości materiału wybuchowego wyrażany jest wskaźnikiem S_{Ex} . Wartość liczbową tego parametru określana jest ze wzoru:

$$S_{Ex} = 1 + \frac{\sum S_i}{10} \quad (20)$$

gdzie:

- i — przyjmuje wartości 1 – 5,
 S_1 — ocena właściwości wybuchowych (podatność na wytworzenie fali detonacyjnej),
 S_2 — ocena wrażliwości na iskrę elektryczną (wyładowanie elektrostatyczne),
 S_3 — ocena zagrożenia odłamkami od otoczki MW,
 S_4 — ocena toksyczności MW dla ludzi i dla środowiska,
 S_5 — ocena toksyczności produktów wybuchu MW dla ludzi.

Poszczególne oceny zagrożeń przyjmują wartość w zależności od zaklasyfikowania i nadania MW określonej wagi, na podstawie szczegółowych ocen obejmujących:

- przepisy ADR,
- wielkość ładunków elektryczności statycznej,
- rodzaj opakowań zbiorczych,
- toksyczność dla różnych elementów środowiska,
- toksyczność dla ludzi gazów powybuchowych.

Kryteria przypisania MW określonej wartości liczbowej zależnej od wyżej wymienionych właściwości, zamieszczono w tabelach 14 – 18.

Materiały wybuchowe najczęściej pakowane są w papierowych (lub z tworzywa) nabojach do kartonów, foliowane i w postaci paczek ładowane na samochody. Część MW przewozi się również w skrzyniach drewnianych. Najczęściej przyjmuje się zerowy wpływ (wynik oceny) zagrożenia odłamkami od otoczki materiału wybuchowego.

Współczynnik S_1 – właściwości wybuchowe MW

Tabela 14

Nr podklasy ADR	Opis podklasy	Ocena w systemie
1.1	MW stwarzające zagrożenie wybuchem masowym ogarniającym natychmiast cały ładunek (materiał)	10
---	MW nie dopuszczone do przewozu wg ADR, ze względu na nadmierną wrażliwość, ale stwarzające zagrożenie wybuchem masowym ogarniającym natychmiast cały ładunek (materiał)	10
1.5	MW o małej wrażliwości, jednakże zagrażające wybuchem masowym (np. MW kruszące typu B lub E)	5
1.2	MW stwarzające zagrożenie rozrzutem (ale nie wybuchem masowym)	3
1.3	MW stwarzające zagrożenie pożarem oraz wybuchem lub rozrzutem (bez zagrożenia wybuchem masowym)	2
1.4 1.6	MW stwarzające małe zagrożenie pożarem i wybuchem. Przedmioty o skrajnie małej wrażliwości nie zagrażające wybuchem masowym	1

Współczynnik S_2 – ocena wrażliwości na iskrę elektryczną

Tabela 15

Wrażliwość ŁES [J]	Ocena wrażliwości na ŁES*	Ocena w systemie
$W_{zmin} \leq 10^{-6}$	Materiał wyjątkowo wrażliwy	5
$10^{-6} < W_{zmin} \leq 10^{-5}$	Materiał bardzo wrażliwy	4
$10^{-5} < W_{zmin} \leq 10^{-4}$	Materiał średnio wrażliwy	3
$10^{-4} < W_{zmin} \leq 10^{-2}$	Materiał mało wrażliwy	2
$10^{-2} < W_{zmin} \leq 1$	Materiał bardzo mało wrażliwy	1
$1 < W_{zmin}$	Materiał praktycznie niewrażliwy	0

* – zainicjowanie poprzez rozładowanie ładunkami elektryczności statycznej (ŁES), na podstawie normy PN-E-05205:1997

Współczynnik S_3 – ocena zagrożenia odłamkami od otoczki MW*

Tabela 16

Rodzaj otoczki, opakowania itp.	Ocena w systemie
Gruby metal (≥ 1 mm)	5
Cienki metal (< 1 mm), szkło	3
Grube drewno, grube i twarde tworzywo sztuczne (≥ 5 mm)	2
Cienkie drewno, dykta, cienkie i twarde tworzywo sztuczne (< 5 mm)	1
Papier, folia, karton, włókna, pianki itp.	0

* – ocena dotyczy otoczki ładunku dla MW zdolnych do wybuchu masowego

Współczynnik S_4 – ocena toksyczności MW dla ludzi i środowiska

Tabela 17

Oznaczenie rodzaju zagrożenia na podstawie Rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 2 września 2003 r. (Dz. U. Nr 171 poz. 1666)	Nasilenie/opis symbol zagrożenia	Ocena w systemie
R26, R27, R28, R32, R35, R39, R50	Duże zagrożenie (T+, C)	5
R23, R24, R25, R29, R31, R34, R45, R46, R49, R48, R51, R54, R55, R56, R57	Średnie zagrożenie (T, C)	3
R20, R21, R22, R33, R36, R37, R38, R40, R41, R42, R43, R52, R53, R58, R59, R60, R61, R62, R63, R68	Małe zagrożenie (X_n , X_i)	1
Materiały, którym nie można przypisać zwrotów R	Praktycznie brak zagrożenia	0

Zwroty ryzyka R były wprowadzone prawem unijnym i przypisuje się im konkretne znaczenie, np.:

- R26 - działa bardzo toksycznie przez drogi oddechowe,
- R27 - działa bardzo toksycznie w kontakcie ze skórą,
- R28 - działa bardzo toksycznie po połknięciu,
- R35 - powoduje poważne oparzenia,
- R55 - działa toksycznie na zwierzęta.

Stopień zagrożenia stwarzany przez toksyczne właściwości produktów wybuchu, oceniany jest na podstawie obliczanego lub prognozowanego składu produktów wybuchu.

Współczynnik S_5 – ocena toksyczności produktów wybuchu dla ludzi

Tabela 18

Typ materiału	Produkty toksyczne jak np.:	Ocena w systemie
Materiały kruszące (cywilne i wojskowe)	CO, NO _x ,	2
Materiały miotające i paliwa	SO _x , HX, HCN,	3
Materiały pirotechniczne i inicjujące	WWA, dymy zawierające: Ba, Hg, Pb, P ₂ O ₅ , itp.	5
Inne MW	Brak produktów toksycznych lub obecne w nieznanach ilościach	0/1
Niekorzystne warunki atmosferyczne, ukształtowanie terenu, zabudowa, dodatkowe utrudnienia lokalne dla akcji ratowniczej	Dodatkowa ocena	+2

Z uwagi na normowaną toksyczność gazów postrzałowych przy dopuszczeniu MW do stosowania, w ocenie wpływu tego parametru przyjmuje się CO i NO_x jako produkty toksyczne w analizowanych MW.

Ocena zagrożenia związana z procesem technologicznym wytwarzania MW

Metodyka TEMCLEV Ex obejmuje także określanie stopnia zagrożenia, powstającego w czasie produkcji danego materiału niebezpiecznego. Indeks zagrożenia technologicznego T określany jest na podstawie czterech wskaźników:

TO – charakterystyka ogólna operacji (procesu),

TF – analiza operacji fizycznych,

TP – analiza procesów chemicznych,

TS – analiza zagrożeń technologicznych specjalnych.

Wartości poszczególnych parametrów to zsumowanie wskaźników składowych, np. ocena Z_{TS} jest sumą:

$$Z_{TS} = \sum T_{TS/1} + T_{TS/2} + \dots + T_{TS/i} \quad (21)$$

gdzie:

i — i -te zagrożenie specjalne.

Wartość końcową parametru zagrożeń technologicznych oblicza się jako sumę poszczególnych wskaźników:

$$T = \frac{(Z_{TO} + Z_{TF} + Z_{TP} + Z_{TS})}{10} \quad (22)$$

Wskaźnik zabezpieczeń i działań prewencyjnych T_{ZAB} uwzględnia szereg przedsięwzięć i obliczany jest jako iloczyn:

$$T_{ZAB} = T_{Z_{KS}} \cdot T_{Z_{ZA}} \cdot T_{Z_{SA}} \cdot T_{Z_{DO}} \quad (23)$$

gdzie:

KS — kontrola i sygnalizacja stanów zagrożenia,

ZA — środki działania zapobiegające awariom,

SA — systemy uruchamiane w stanach awaryjnych,

DO — środki i działania organizacyjne.

Dla obliczenia parametrycznej oceny bezpieczeństwa użytkowania materiałów wybuchowych, uwzględniono jedynie właściwości materiałowe stosowanych MW (dynamit, ANFO i MWE). Nie podejmowano ana-

lizy zagrożeń powstających podczas produkcji MW – zagrożenia te związane są ze szczegółami konstrukcyjnymi linii technologicznej, w której wytwarzany jest materiał wybuchowy. W ocenie parametrycznej materiałów wybuchowych pominięto, w związku z tym, iloraz T/T_{ZAB} , występujący we wzorze (15).

Dla ocenianych MW przyjęto założenia, które uwzględniano w toku obliczeń. Istotne parametry, które uwzględniono zamieszczono w tabeli 19, a obliczone wartości parametrów bezpieczeństwa zestawiono w tabeli 20.

Założone parametry uwzględniane w obliczeniach bezpieczeństwa

Tabela 19

Rodzaj MW	R_U [J]	R_T [N]	T_P [K]	Q_W [kJ/kg]	V_O [dm ³ /kg]
Dynamit	2	80	150	4379	868
ANFO	49	318	250	3754	974
MWE	50	360	250	2746,4	853,8

Na podstawie danych literaturowych i dostępnych materiałów ze stron zakładów produkcyjnych przyjęto założenia, które mogą różnić się od faktycznie wyznaczanych. Rozpiętość danych literaturowych jest dość duża i trudno na tym etapie podać bardzo szczegółowe wartości. Wydaje się, że przyjęte założenia odzwierciedlają różnice pomiędzy poszczególnymi rodzajami MW, a taki był główny cel przeprowadzenia analizy. Założenia i ww. wielkości pozwoliły na dokonanie oceny końcowej MW pod względem bezpieczeństwa wytwarzania.

Obliczone wartości parametrów bezpieczeństwa dla MW

Tabela 20

Rodzaj MW	A_{RW}	B_{RZ}	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_{Ex}	Parametr bezpieczeństwa MW, ZP_{ex}
Dynamit	5	15	10	3	0	5	2	3,00	60
ANFO	4	15	10	2	0	1	2	2,50	40
MWE	4	9	10	2	0	1	2	2,50	32,5

Wysoka wartość liczbową parametru bezpieczeństwa dla dynamitu wskazuje, że podczas wytwarzania tego rodzaju MW jest duży stopień zagrożenia. Najmniejszą wartość liczbową osiągnięto dla MWE i ten materiał wybuchowy jest najbardziej bezpieczny (w grupie ocenianych MW) w procesie wytwarzania.

Ocena zagrożenia związana z używaniem środków strzałowych w zakładach górniczych

W odkrywkowych zakładach górniczych wokół miejsc wykonywania robot strzałowych wyznacza się strefy zagrożenia ze względu na działanie powietrznej fali uderzeniowej, rozrzut odłamków skalnych i drgania sejsmiczne górotworu [147].

Wielkość promienia strefy zagrożenia, ze względu na działanie powietrznej fali uderzeniowej, oblicza się orientacyjnie dla ładunków materiałów wybuchowych umieszczonych w otworach strzałowych, według wzoru:

$$r_p = k_p \sqrt[3]{Q}, [m] \quad (24)$$

gdzie:

- r_p — promień strefy zagrożenia [m],
- k_p — współczynnik określony w tabeli 21,
- Q — łączna wielkość ładunku materiałów wybuchowych odpalana w serii [kg].

Współczynnik „ k_p ” dla obliczania strefy działania powietrznej fali uderzeniowej

Tabela 21

Stopień bezp.	Możliwe uszkodzenia	Sposób umieszczenia ładunku materiału wybuchowego		
		na pow.	przy wskaźniku działania	
			n = 1	n < 1
		współczynnik k _p		
1	Zupełny brak uszkodzeń	40 – 60	12 – 15	9 – 11
2	Przypadkowe uszkodzenie oszklenia	25 – 35	9 – 11	6 – 7
3	Całkowite uszkodzenie oszklenia, uszkodzenie ram okiennych, tynków i lekkich ścianek działowych	7 – 15	5 – 7	4 – 5
4	Uszkodzenie wewnętrznych ścianek działowych, wyrwanie drzwi, zniszczenie baraków, szop	4 – 5	2,5 – 3	2 – 2,5
5	Uszkodzenie słabszych budowli, niektórych maszyn, linii energetycznych	2 – 3	1,5	1

Wskaźnik „ n ” oblicza się według wzoru:

$$n = \frac{R}{z} \quad (25)$$

gdzie:

R — promień podstawy stożka działania [m],

z — zbiór otworów strzałowych [m],

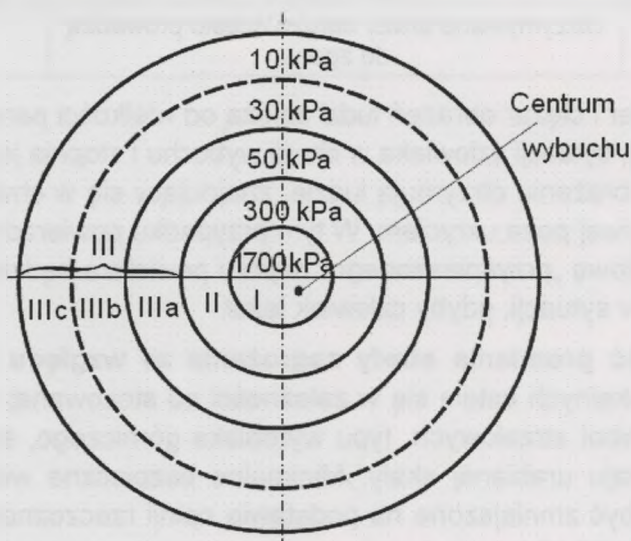
jeżeli:

$n = 1$ — oznacza wskaźnik działania normalny,

$n < 1$ — oznacza wskaźnik działania zmniejszony,

$n > 1$ — oznacza wskaźnik działania zwiększony.

W przypadku, gdy wskaźnik działania jest zwiększony ($n > 1$), wielkość współczynnika „ k_p ” należy przyjąć jak dla ładunku materiału wybuchowego umieszczonego na powierzchni.



Rys.41. Strefy działania wybuchu [171]: I – fala detonacyjna (produkty wybuchu) – całkowite zniszczenie, II – działanie burzące – całkowite zniszczenie, III – fala uderzeniowa: III a – strefa silnych zniszczeń, III b – strefa średnich zniszczeń, III c – strefa słabych zniszczeń

Fala uderzeniowa prowadzi do zniszczenia otoczenia na znacznym obszarze. Inaczej mówiąc – powietrzna fala uderzeniowa to obwód silnie ściśniętego powietrza, przesuwałającego się na wszystkie strony od centrum wybuchu z ponaddźwiękową szybkością. Fala uderzeniowa może, w odniesieniu do człowieka, spowodować różne urazy, łącznie ze śmiercią. Strefy działania wybuchu, w tym fali uderzeniowej przed-

stawiono [171] na rysunku 41, a charakterystykę obrażeń ludzi w zależności od zasięgu stref zawarto w tabeli 22.

Charakterystyka oddziaływania fali uderzeniowej na ludzi

Tabela 22

Charakter działania	Charakterystyka oddziaływania	Nadciśnienie ΔP , kPa
Lekkie	Lekka kontuzja, czasowa strata słuchu, potłuczenia, zwichnięcie kończyn	20 – 40
Średnie	Urazy mózgu z utratą świadomości, obrażenie organów słuchu, krwawienie z nosa i uszu, ciężkie złamania i zwichnięcie kończyn	40 – 60
Ciężkie	Bolesna kontuzja całego organizmu, obrażenie organów wewnętrznych i mózgu, ciężkie złamania kończyn, możliwe przypadki śmiertelne	60 – 100
Nadzwyczaj ciężkie	Otrzymywane urazu bardzo często prowadzą do zgonu	> 100

Charakter i ciężar obrażeń ludzi zależą od wielkości parametrów fali uderzeniowej, sytuacji człowieka w chwili wybuchu i stopnia jego ochrony. Najcięższe obrażenia otrzymują ludzie, znajdujący się w chwili przejścia fali uderzeniowej poza ukryciem. W tym przypadku powierzchnia oddziaływania na głowę „przyśpieszonego” naporu powietrza będzie np. 6 razy większa niż w sytuacji, gdyby człowiek leżał.

Wielkość promienia strefy zagrożenia ze względu na rozrzut odłamków skalnych ustala się w zależności od stosowanej metody wykonywania robot strzałowych, typu wyrobiska górniczego, sytuacji terenowej i rodzaju urabianej skały. Minimalne bezpieczne wielkości tych stref (mogą być zmniejszone na podstawie opinii rzeczoznawcy), podano w tabelach 23 i 24.

Długi otwór strzałowy to taki, którego długość mierzona od wylotu do dna otworu wynosi więcej niż 6 m.

Ilość załadowanego materiału wybuchowego do pojedynczego otworu nie może przekraczać 100 kg. Przy odpalaniu w pojedynczych otworach wiertniczych ładunków materiałów wybuchowych, różniących się od podanych w tabeli, odpalanych na głębokościach, wielkość strefy zagrożenia rozrzutem odłamków skalnych może być ustalona na podstawie opinii rzeczoznawcy.

Wielkość strefy zagrożenia ze względu na rozrzut odłamków skalnych

Tabela 23

Metoda wykonywania robót strzałowych	Wielkość strefy zagrożenia ze względu na rozrzut odłamków skalnych w metrach		
	wokół miejsca strzelania	w kierunku prostopadłym do ściany w miejscu strzelania	
		do wyrobiska górniczego	poza wyrobisko górnicze
Strzelanie otworami strzałowymi zwykłymi z poszerzonym dnem – pionowymi i odchylonymi od pionu nie więcej niż o 20° , – poziomymi pozostałymi	300 -	- 400	- 200
Strzelanie otworami strzałowymi zwykłymi z poszerzonym dnem w progach przyspag.	400	-	-
Poszerzanie dna otworów zwykłych i długich	100	-	-
Strzelanie metodą długich otworów: – pionowymi i odchylonymi od pionu nie więcej niż o 20° , – poziomymi pozostałymi	200 -	- 400	- 200
Strzelanie rozszczepkowe: – ładunkami nakładanymi, – ładunkami podkładanymi, – ładunkami w otworach, – lontem wybuch. z przybitką wodną, – ładunkami w krótkich otworach bez przybitki	300 400 300 200 200	- - - - -	- - - - -
Strzelanie komorowe i chodnikowe	500	-	-
Strzelanie na wyrzut i zrzut, kawernami, szczelinowe, zestrzeliw. nawisów skalnych	500	-	-

Wielkości strefy zagrożenia ze względu na rozrzut odłamków skalnych przy wykonywaniu robot strzałowych w pojedynczym otworze wiertniczym

Tabela 24

Strzelanie w pojedynczym otworze wiertniczym w zależności od:		Wielkość strefy w [m]
wielkości ładunku w [kg]	głębokości otworu w [m]	
do 0,5	2	30
do 0,5	3	20
0,5 – 2,5	5	20
2,5 – 5,0	10	20
5,0 – 10,0	15	20
10,0 – 20,0	18	20
20,0 – 30,0	20	20
30,0 – 50,0	25	20
50,0 – 100,0	30	25

Promień strefy szkodliwych drgań sejsmicznych oblicza się orientacyjnie według wzoru:

$$r_s = \frac{\sqrt{Q_z}}{\varphi} \quad [m] \quad (26)$$

gdzie:

r_s — odległość od miejsca wykonywania robot strzałowych do chronionego obiektu [m],

Q_z — maksymalny ładunek materiału wybuchowego przypadający na stopień opóźnienia przy stosowaniu zapalników milisekundowych lub ładunek całkowity materiału wybuchowego, który odpalany jest natychmiastowo [kg],

współczynnik φ wynosi:

przy $c < 2\,000$ m/s $\varphi = 0,015 - 0,019$

przy $c = 2\,001 - 3\,000$ m/s $\varphi = 0,020 - 0,025$

przy $c > 3\,000$ m/s $\varphi = 0,026 - 0,030$

c — prędkość podłużnej fali sejsmicznej, charakterystyczna dla podłoża chronionego obiektu [m/s]

Prędkość podłużnej fali sejsmicznej wynosi np. dla bazaltu 4500 – 6000 m/s; dla budowli z granitu 4000 – 6000 m/s, a dla marmuru 4950 m/s.

W przypadku, gdy ładunek materiału wybuchowego odpalany jest przy użyciu zapalników milisekundowych, promień strefy szkodliwych drgań sejsmicznych zwiększa się 1,5 razy.

Wielkość promienia strefy zagrożenia ze względu na toksyczne produkty

Gazy postrzałowe mają zróżnicowany skład, który uzależniony jest od rodzaju używanego materiału wybuchowego oraz typu skał, w których jest stosowany. Najbardziej szkodliwym czynnikiem towarzyszącym detonacji jest zazwyczaj tlenek węgla i tlenki azotu.

Przepisy górnicze, w Polsce, dopuszczają dla MW stosowanych w podziemnych zakładach górniczych, obecność ww. tlenków w gazach postrzałowych. Ilości te mogą wynosić odpowiednio: CO = max. 0,135%, NO_x = max. 0,080%. Niektóre materiały wybuchowe zawierają w produktach detonacji:

- tlenki np. tlenek aluminium – Al₂O₃,
- węglany np. węglan baru – BaCO₃, węglan potasu – K₂CO₃, wodorowęglan potasu – KHCO₃,
- cyjanki np. cyjanek potasu KCN,
- siarczany, siarczki np. siarczan(VI) baru – BaSO₄, siarczan(VI) potasu – K₂SO₄, siarczek potasu – K₂S,
- chlorki np. chlorek aluminium(III) – AlCl₃, chlorek baru(III) – BaCl₂, chlorek potasu – KCl i inne;

jest to wynik obecności w składzie MW np. aluminium, azotanu(V) amonu – NH₄NO₃, azotanu baru – Ba(NO₃)₂, chloranu(V) amonu – NH₄ClO₃, itp.

W górnictwie nie normuje się tych związków ustawami i nie prowadzi kontroli ich stężenia w powietrzu. Przeprowadza się jedynie, przy dopuszczaniu materiału do stosowania, oznaczenia CO i NO_x w oparciu o normę PN-EN 13631-16:2006.

Do urabiania skał materiałem wybuchowym (w górnictwie odkrywkowym) stosuje się najczęściej materiały wybuchowe, na bazie saletry amonowej (NH₄NO₃), które powinny zapewnić minimalną toksyczność gazów postrzałowych. Używane materiały wybuchowe (dynamity, ANFO,

MWZ i MWE) różnią się toksycznością gazów postrzałowych [28, 115] (tabela 25).

Toksyczność gazów postrzałowych dla poszczególnych rodzajów MW [115]

Tabela 25

Rodzaj MW	Zawartość CO [dm ³ /kg]	Zawartość NO _x [dm ³ /kg]
Dynamit	16 – 24	4,0 – 3,5
ANFO	5,1	3,0
MWE	1,1 – 4,6	0,1 – 0,2

Oznaczenia te opierają się na normie dla górnictwa podziemnego. Górnictwo odkrywkowe różni się od podziemnego – gazy postrzałowe trafiają do otwartej przestrzeni w wyniku czego mogą jako składniki indywidualne rozprzestrzeniać się lub adsorbując się na cząsteczkach pyłu opadać. W związku z tym należy uwzględnić wszystkie produkty rozkładu detonacyjnego – nie tylko normowane CO i NO_x, ale również np. Al₂O₃. Wyniki obliczeń w przypadku, gdy uwzględniono zawartość Al w MW od 4 do 8%, wskazują że ilość powstającego Al₂O₃, wynosi:

- dla 4% Al w MW – 1,658 dm³ Al₂O₃/kg MW,
- dla 8% Al w MW – 3,315 dm³ Al₂O₃/kg MW.

Dla ANFO i MWE przyjęto do obliczeń wartość 1,7 dm³ Al₂O₃/kg MW; założono, że obecnie najczęściej stosowane materiały wybuchowe zawierają do 4% Al.

Wyniki dla poszczególnych rodzajów MW przy użyciu 5 000, 10 000 i 20 000 Mg MW, zamieszczono [23, 24] w tabeli 26.

Obliczona toksyczność gazów postrzałowych dla MW zawierających Al

Tabela 26

Rodzaj MW	Masa MW; [kg]	Stężenie produktów toksycznych [dm ³ /m ³]		
		CO	NO _x	Al ₂ O ₃
Dynamit	5 000	0,045	0,007	–
	10 000	0,045	0,008	–
	20 000	0,045	0,008	–
ANFO	5 000	0,037	0,022	0,013
	10 000	0,012	0,007	0,004
	20 000	0,012	0,007	0,004
MWE	5 000	0,031	0,001	0,011
	10 000	0,030	0,001	0,011
	20 000	0,030	0,001	0,011

Biorąc pod uwagę najbardziej ekologiczne materiały wybuchowe jakimi są MWE, dla których zawartość aluminium wynosi 4%, przy detonowaniu jednorazowym ładunkiem 20 000 kg zostaje wytworzona następująca ilość składników toksycznych:

- CO – 52 000 dm³ (52 m³),
- NO_x – 4 000 dm³ (4 m³),
- Al_2O_3 – 34 000 dm³ (34 m³).

„Strzelanie” tak dużymi ładunkami nie jest stosowane powszechnie (próby były już prowadzone), ale należy liczyć się z zagrożeniem środowiska. Zwykle pracownicy wykonujący prace strzałowe chronią się (kierują się różą wiatrów), ale nie da się ochronić otoczenia kopalni odkrywkowej. Ponieważ złoża surowców skalnych stanowią miliony ton, które pozyskiwane są przez wiele lat, należy sądzić, że środowisko wokół wyrobisk ulega skażeniu w promieniu znacznie większym aniżeli obliczona strefa. Również to co otacza kopalnie odkrywkowe – organizmy żywe i roślinność podlega negatywnemu oddziaływaniu. Biorąc pod uwagę ilość kopalń odkrywkowych występujących na terenie kraju oraz intensywność prac wydobywczych, w ostatnich latach, można mówić o poważnej skali zjawiska.

Metody obliczania emisji i zasięgu strefy zagrożenia

Zjawiska rozprzestrzeniania i transformacji zanieczyszczeń można opisać równaniami matematycznymi. Metodykę obliczania stanu zanieczyszczenia powietrza dla źródeł istniejących podaje Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 5 grudnia 2002 roku [148].

Stężenie maksymalne substancji gazowej S_m w określonej sytuacji meteorologicznej oblicza się według wzoru:

$$S_m = C_1 \cdot \frac{E_g}{\bar{u} \cdot A \cdot B} \cdot \left(\frac{B}{H}\right)^q \cdot 1000 \quad [\mu\text{g} / \text{m}^3] \quad (27)$$

gdzie:

C_1, q – stałe zależne od stanu równowagi atmosfery (tabela 27) i od prędkości wiatru; przyjmują wartości od silnie chwiejnej – 1 do stałej – 6,

E_g – maksymalna emisja substancji gazowej [mg/s],

$\bar{u}$ – średnia prędkość wiatru w warstwie od geometrycznej wysokości emitora h do efektywnej wysokości emitora H [m/s],

- A, B — współczynniki obliczone,
 H — efektywna wysokość emitora [m].

Stałe zależne od stanów równowagi atmosfery [147]

Tabela 27

Stała	Stan równowagi atmosfery					
	1	2	3	4	5	6
C_1	0,213	0,218	0,224	0,234	0,251	0,271
g	1,692	1,781	1,864	1,995	2,188	2,372
m	0,080	0,143	0,196	0,270	0,363	0,440

Współczynniki A i B uwzględniają odpowiednio poziomą i pionową dyfuzję atmosferyczną. Oblicza się je według wzorów:

$$A = 0,088 \cdot \left(6 \cdot m^{-0,3} + 1 - \ln \frac{H}{z_o} \right) \quad (28)$$

$$B = 0,38 \cdot m^{1,3} \cdot \left(8,7 - \ln \frac{H}{z_o} \right) \quad (29)$$

gdzie:

- m — stała zależna od stanu równowagi atmosfery (tabela 27),
 z_o — średnia wartość współczynnika aerodynamicznej szorstkości terenu na obszarze objętym obliczeniami, m. W zależności od pokrycia szatą roślinną $z_o = 0,02 - 2,0$.

Efektywną wysokość emitora oblicza się według wzoru:

$$H = h + \Delta h \text{ [m]} \quad (30)$$

gdzie:

- h — geometryczna wysokość emitora liczona od poziomu terenu [m]. Emitorem jest tu wylot otworów strzałowych i w warunkach kopalni odkrywkowej najczęściej $h = 0$,
 Δh — wyniesienie gazów odlotowych [m].

Wyniesienie gazów odlotowych Δh zależy od prędkości wylotowej gazów v , emisji ciepła Q i prędkości wiatru na wysokości wylotu z emitora u_h .

Emisję ciepła oblicza się według wzoru:

$$Q = \frac{\pi d^2}{4} \cdot \frac{273,16}{T} \cdot 1,3 \cdot v \cdot (T - T_o) \text{ [kJ / s]} \quad (31)$$

gdzie:

- d — średnica wewnętrzna wylotu emitora [m]. W tym wypadku jest to średnica otworu strzałowego,
- v — prędkość gazów odlotowych na wylocie emitora [m/s],
- T — temperatura gazów odlotowych na wylocie emitora [K],
- T_o — średnia temperatura powietrza dla okresu obliczeniowego [K].

Wyniesienie gazów odlotowych Δh oblicza się na podstawie formuły CONCAWE

$$\Delta h = \frac{1,126 \cdot Q^{0,58}}{u_h^{0,7}} [m] \quad (32)$$

gdzie:

- u_h — prędkość wiatru na wysokości wylotu emitora [m/s]; w tym przypadku jest to wylot otworów strzałowych.

Można przyjąć, że w przypadku strzelania w kopalni odkrywkowej, $u_h = \bar{u}$ (we wzorze na stężenie maksymalne substancji gazowej).

Przedstawiona metoda wyznaczania stężenia toksycznych produktów detonacji w powietrzu jest dokładna i uwzględnia warunki meteorologiczne oraz czynniki wpływające w istotny sposób na wielkość zagrożenia. Sposób obliczeń nie jest prosty, a konieczność stosowania współczynników takich jak:

- stan równowagi atmosfery,
- wysokość emitora
- bardzo krótki czas emisji zagrożenia (wynika to ze specyfiki warunków panujących w kopalniach odkrywkowych)

sprawiają, że metoda ta może stwarzać poważne trudności w zastosowaniu.

Ocena skali zagrożenia

Określenie skali zagrożenia toksycznymi produktami wybuchowego urabiania skał sprowadza się do obliczenia stężenia składników toksycznych w gazach postrzałowych, w zależności od wielkości użytego materiału wybuchowego. Przyjmuje się, że gazy po wybuchu przybierają kształt kuli i rozprzestrzeniają się we wszystkich kierunkach równomiernie.

Stężenie produktów toksycznych wybuchu określa się według wzoru:

$$S = \frac{m \cdot q}{V} \left[\frac{dm^3}{m^3} \right] \quad (33)$$

gdzie:

- m — masa zdetonowanego ładunku MW [kg],
- q — jednostkowa ilość wydzielonego produktu toksycznego [dm^3/kg],
- V — objętość przestrzeni, zawierająca toksyczne produkty wybuchu [m^3]:

$$V = \pi \cdot R^3 \left[m^3 \right] \quad (34)$$

gdzie:

- R — odległość między miejscem w którym nastąpił wybuch, a punktem dla którego określa się stężenie [m].

W obliczeniach przyjmuje się, że:

- w punkcie wybuchu objętość gazów wynosi 100%,
- w gazach znajdują się zarówno tlenki azotu, jak i tlenki węgla.

Wyznaczenie stężenia gazów toksycznych sprowadza się do określenia spadku ich stężenia w funkcji odległości.

Zgodnie z normą najwyższe dopuszczalne stężenie chwilowe (NDSCh) wynosi:

- 10 mg/m^3 dla tlenków azotu,
- 180 mg/m^3 dla tlenków węgla.

Suma gazowych stężeń normowych wynosi:

$$\frac{S_{NOx}}{S_N} + \frac{S_{CO}}{S_C} \leq 1 \quad (35)$$

gdzie:

- S_{NOx} — stężenie tlenków azotu w danej odległości [mg/m^3],
- S_N — stężenie normowe tlenków azotu [mg/m^3],
- S_{CO} — stężenie tlenków węgla w danej odległości [mg/m^3],
- S_C — stężenie normowe tlenków węgla [mg/m^3].

Uwzględniając ww. zależności i przekształcając wzór na stężenie produktów toksycznych, można określić strefę bezpieczeństwa R z zależności:

$$R \geq \left(\left(\frac{q_N}{S_{norN}} + \frac{q_C}{S_{norC}} + \frac{q_{Al}}{S_{norAl}} \right) \frac{m}{\pi} \right)^{\frac{1}{3}} [m] \quad (36)$$

gdzie:

- q_N — jednostkowa emisja tlenków azotu [dm^3/kg],
- q_C — jednostkowa emisja tlenków węgla [dm^3/kg],
- q_{Al} — jednostkowa emisja tlenków aluminium [dm^3/kg],
- S_{norN} — dopuszczalne stężenie normowe tlenków azotu, 10 mg/m^3 ,
- S_{norC} — dopuszczalne stężenie normowe tlenków węgla, 180 mg/m^3 ,
- S_{norAl} — dopuszczalne stężenie normowe tlenków aluminium, 16 mg/m^3 ,
- m — masa zdetonowanego ładunku MW [kg].

Znając wielkość emisji (ilość danej substancji wyprowadzonej z procesu) i kryteria toksyczności można określić zasięg strefy zagrożenia dla konkretnych warunków wybuchowego urabiania skał. Przy obliczaniu przyjęto, że ilość powstającego Al_2O_3 w ANFO i MWE wynosi $1,7 \text{ dm}^3 \text{ Al}_2\text{O}_3/\text{kg}$ MW (wartość wyliczona przy założeniu udziału 4% Al w materiale wybuchowym). Wyniki dla poszczególnych rodzajów MW przy użyciu 5 000, 10 000 i 20 000 Mg materiału wybuchowego, zamieszczono w tabeli 28.

Obliczony zasięg strefy bezpieczeństwa R

Tabela 28

Rodzaj MW	Masa MW [kg]	Jednostkowa emisja CO q_C [dm^3/kg]	Jednostkowa emisja NO_x q_N [dm^3/kg]	Jednostkowa emisja Al_2O_3 q_{Al} [dm^3/kg]	Strefa bezpieczeństwa R [m]
Dynamit	5 000	24	4	—	95
	10 000				119
	20 000				150
ANFO	5 000	5,1	3,0	1,7	88
	10 000				111
	20 000				140
MWE	5 000	4,6	0,2	1,7	62
	10 000				79
	20 000				99

Podane w tabeli 28 wartości R to jednocześnie odległości strefy bezpieczeństwa. Wraz z odległością od tej strefy stężenie toksycznych produktów zawartych w gazach postrzałowych spada według krzywej wykładniczej [115].

7.1. Tradycyjne materiały wybuchowe – produkcja w zakładach przemysłowych

Przemysłowe materiały wybuchowe wytwarzane są w formie ładunku (w nabojach) w zakładach według opracowanego i zatwierdzonego procesu technologicznego. Surowce do produkcji dostarczane są do zakładu, a niektóre (np. nitrogliceryna) wytwarzane są na miejscu ze względu na olbrzymią wrażliwość i zakaz transportu. Produkcja tradycyjnych przemysłowych MW zawsze związana jest z wytwarzaniem nitroestrów – są ich składnikiem i pełnią rolę dostarczyciela dużej ilości energii albo są czynnikiem uczulającym pobudzenie do detonacji pozostałych komponentów. Wszystkie składniki MW są mieszane, nabojowane i pakowane do opakowań zbiorczych. W podręcznych magazynach zakładowych odbywa się ich składowanie przed wysłaniem do producenta. Z szarzy produkcyjnej pobierana jest próbka do badań laboratoryjnych i najczęściej przechowywana przez pewien czas.

Na etap produkcji składa się też usunięcie i zagospodarowanie (unieszkodliwienie) odpadów niebezpiecznych związanych z procesem wytwarzania MW (odpady technologiczne) – pozostałości bądź nieudane serie materiału wybuchowego, opakowania (papier, folia z tworzyw sztucznych).

Z uwagi na obowiązujące przepisy prawne [31] – odpady te muszą zostać nieszkodliwione w miejscu, w którym zostały wytworzone. Najczęściej są one spalane (zakładowy plac spalań) [29, 41] lub poddawane recyklingowi materiałowemu [12, 14, 18, 35]. Zakłady produkujące materiały wybuchowe w Polsce nie posiadają instalacji, które spełniają przepisy prawne, predysponujące do termicznego nieszkodliwiania tego typu odpadów; odbywa się to bez monitoringu emisji substancji szkodliwych do środowiska.

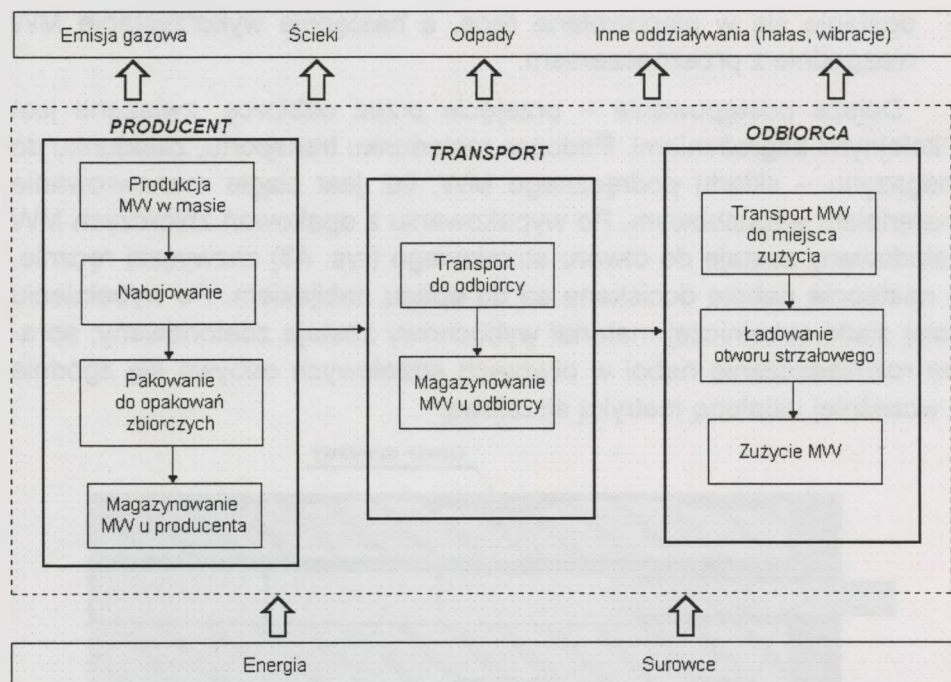
Dalszy los wytworzonych materiałów wybuchowych to transport po drogach publicznych do odbiorcy i zanim MW zostanie zużyty, magazynowanie u odbiorcy.

W następnej kolejności materiał wybuchowy jest przewożony do miejsca zastosowania.

Proces wytwarzania i obrotu materiałami wybuchowymi nabojewymi odbywa się według cyklu [43]:

- produkcja materiału wybuchowego u producenta:
 - wytwarzanie MW w masie,
 - nabojewanie,
 - pakowanie do opakowań zbiorczych,
 - magazynowanie u producenta.
- transport po drogach publicznych:
 - transport MW do odbiorcy,
 - magazyn MW u odbiorcy.
- odbiorca:
 - transport do miejsca zużycia,
 - ładowanie otworów strzałowych,
 - zużycie MW.

Schemat produkcji, obrotu MW do momentu zużycia [13], zgodnie z LCA, przedstawia rysunek 42.



Rys.42. Schemat LCA dla materiałów wybuchowych nabojewych

W czasie całego cyklu, czyli przez długi okres czasu, jest kontakt z materiałem wybuchowym. W całym ciągu technologicznym występuje narażenie na zagrożenie wybuchem, a w przypadku nitroglicerynowych materiałów wybuchowych dodatkowo na toksyczne oddziaływanie nitroestrów.

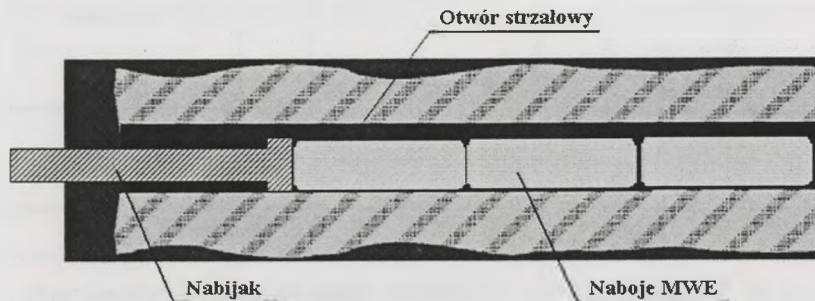
Produkcja materiałów wybuchowych w zakładach stanowi poważne zagrożenie dla zdrowia ludzi i środowiska:

- zagrożenie wybuchem ze względu na dużą wrażliwość (procesy stabilizacji nitrogliceryny i nitroglikolu, magazynowanie MW, mieszanie w dużej masie nitroestrów z pozostałymi składnikami, nabojuwanie, pakowanie, magazynowanie),
- właściwości toksyczne nitroestrów,
- ciągły kontakt człowieka z MW,
- duża ilość ścieków.

Transport MW od producenta do odbiorcy po drogach publicznych stanowi również duże zagrożenie dla środowiska:

- możliwość wybuchu w czasie kolizji drogowej,
- dostanie się w niepowołane ręce, a następnie wykorzystanie MW niezgodnie z przeznaczeniem.

Dalsze postępowanie – przejęcie przez odbiorcę, związane jest z kolejnymi zagrożeniami. Podczas rozładunku transportu, załadunku do magazynu – składu podręcznego MW, itd. jest ciągłe manewrowanie materiałem wybuchowym. Po wypakowaniu z opakowań zbiorczych MW załadowany zostaje do otworu strzałowego (rys. 43) zazwyczaj ręcznie, a następnie naboje dociskane są do spągu nabijakiem. Po wypełnieniu całej siatki strzelniczej materiał wybuchowy zostaje zdetonowany; sprawa rozmieszczenia naboju w otworach strzałowych odbywa się zgodnie z wcześniej ustaloną metryką strzałową.



Rys.43. Załadunek ręczny nabojuowanych MW do otworu strzałowego

Obecnie obowiązujące przepisy prawne ściśle określają wielkości MW dopuszczone do magazynowania, określone są również strefy bezpieczeństwa wokół takich magazynów w celu zminimalizowania strat w przypadku wybuchu.

Wypadki w górnictwie podziemnym, wynikające ze stosowania środków strzałowych (materiałów wybuchowych, lontów, zapalników elektrycznych) wykazują tendencję malejącą. Najczęstszą przyczyną ich występowania jest: niewłaściwe obchodzenie się i manipulowanie środkami strzałowymi oraz używanie tych środków niezgodnie z ustalonym zakresem ich stosowania.

W zakładach przemysłowych produkowane są również materiały wybuchowe nie zawierające nitroestrów – tzw. ekologiczne. Proces ich wytwarzania przebiega według schematu zamieszczonego na rysunku 42, ale są to materiały wybuchowe bardziej bezpiecznie i nie obciążają środowiska taką ilością ścieków i odpadów jak wytwarzanie tradycyjnych MW.

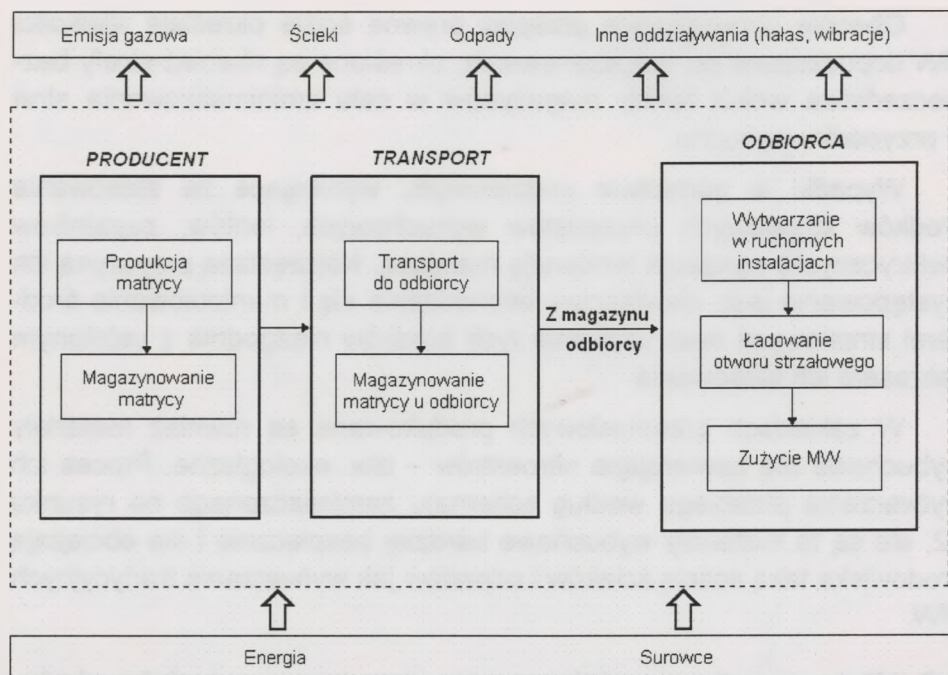
7.2. Wytwarzanie w miejscu stosowania – materiały ekologiczne

Produkcja materiałów wybuchowych w miejscu ich stosowania pozwala na poprawę bezpieczeństwa na wszystkich etapach. Możliwe jest produkowanie MW luzem na tzw. ruchomych instalacjach. Taki sposób stosowany jest głównie do wytwarzania MWE.

Emulsja, jako substancja niewybuchowa jest transportowana na terenie kopalni – nie ma potrzeby gromadzenia jej w specjalnych magazynach; może być przechowywana na powierzchni lub pod ziemią np. w zbiornikach na podszybiu. Następnie jest uczulana i pompowana do otworów strzałowych za pomocą specjalnych urządzeń. Może być transportowana w tym samym czasie co inne materiały. Emulsja jest wodoodporna i jest to szczególnie korzystne, gdy otwory są zawodnione, bo nie ma potrzeby odwadniania przed załadunkiem MWE. Dodatkową zaletą stosowania MW luzem jest możliwość wypełnienia otworu o dowolnej średnicy.

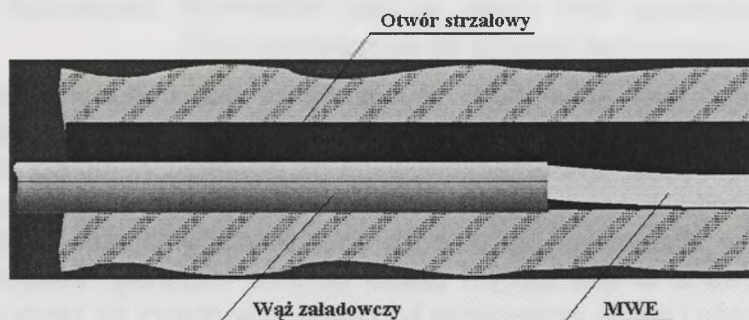
Mobilne instalacje eliminują konieczność spełnienia szeregu niekorzystnych wymogów na etapie: produkcja – transport – zastosowanie – odpady.

Schemat ideowy produkcji takich MW i ich cykl życia przedstawiono na rysunku 44.



Rys.44. Schemat LCA dla materiałów wybuchowych ekologicznych

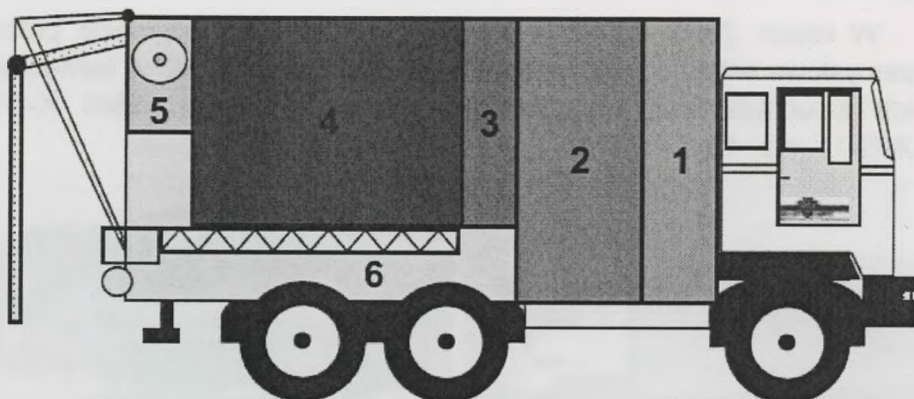
Materiał wybuchowy powstaje najczęściej w węź załadowniczym lub dopiero w samym otworze strzałowym (rys. 45).



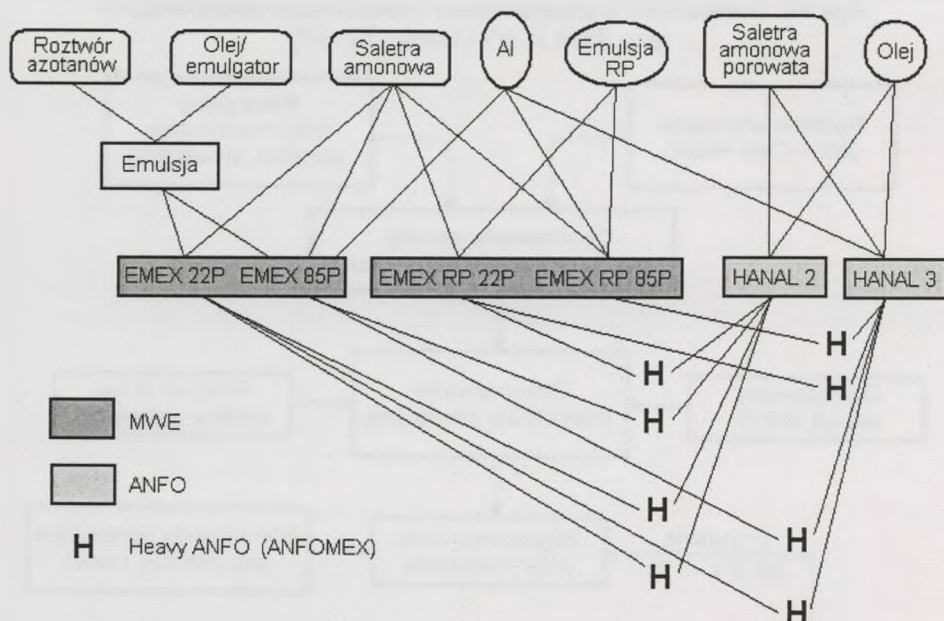
Rys.45. Załadunek i wytwarzanie materiału wybuchowego w otworze strzałowym

Do transportu, produkcji oraz automatycznego załadunku do otworów strzałowych MWE, materiałów wybuchowych typu ANFO oraz Heavy-ANFO służą samobieżne systemy załadownicze. Opisane [69] dwa systemy mieszalniczo-załadownicze typu MLS 2000 i UMS 2000 umożliwiają zastosowanie MW o różnych parametrach fizykochemicznych, termodynamicznych i strzałowych.

Na platformie jednego samochodu (rys. 46) umieszczono zbiorniki z surowcami do produkcji MWE, ANFO i Heavy-ANFO – składniki można bezpiecznie przewozić do miejsca wytworzenia materiału wybuchowego.



Rys.46. System UMS 2000 (Universal Mixing System) [69]
 1 – zbiornik emulgatora/oleju, 2 – zbiornik roztworu azotanów,
 3 – zbiornik oleju dla ANFO, 4 – zbiornik azotanu(V) amonu,
 5 – zbiornik aluminium, 6 – urządzenia sterownicze i ładujące



Rys.47. Schemat rodzajów MW produkowanych w UMS 2000 [69]

Surowce można umieszczać oddzielnie lub w sposób kontrolowany mieszać ze sobą w dowolnych proporcjach, przed załadunkiem do otworu

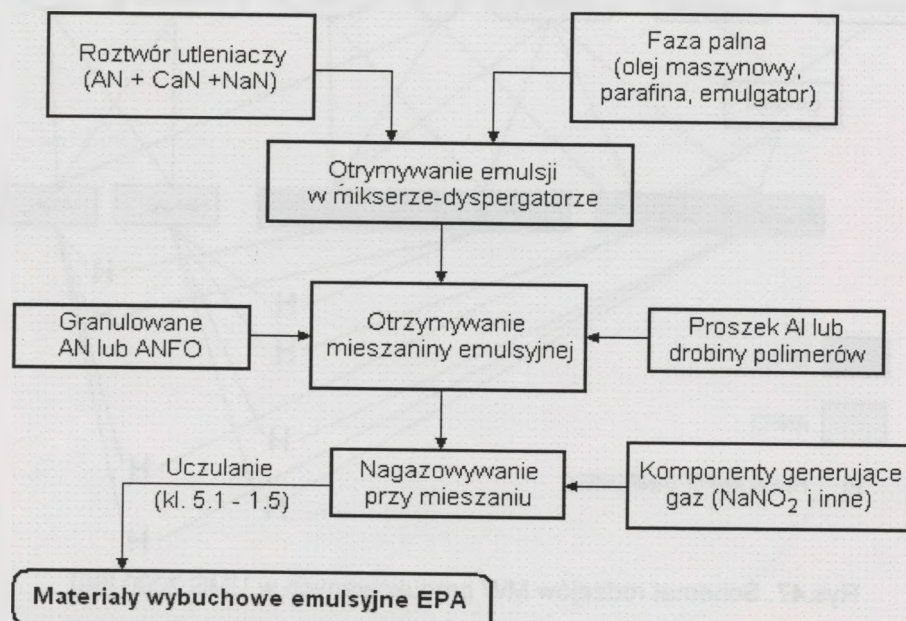
strzałowego, a możliwość kombinacji i wytwarzania różnych MW przedstawiono na rysunku 47.

Ilość wyprodukowanego materiału wybuchowego oraz jego rodzaj odnotowywana jest na wydrukach, co zapewnia ścisłą ewidencję MW.

W latach 2006 – 2007 wprowadzono [157] kompleksowe próby przemysłowe emulsyjnych materiałów wybuchowych "EPA" w samochodach z urządzeniami mieszalniczo-załadowniczymi typu SMS K-8/7 i UMS-11 (rys. 48).



Rys.48. Samochody z urządzeniami mieszalniczo-załadowniczymi typu SMS K-8/7 i UMS-11 [157]

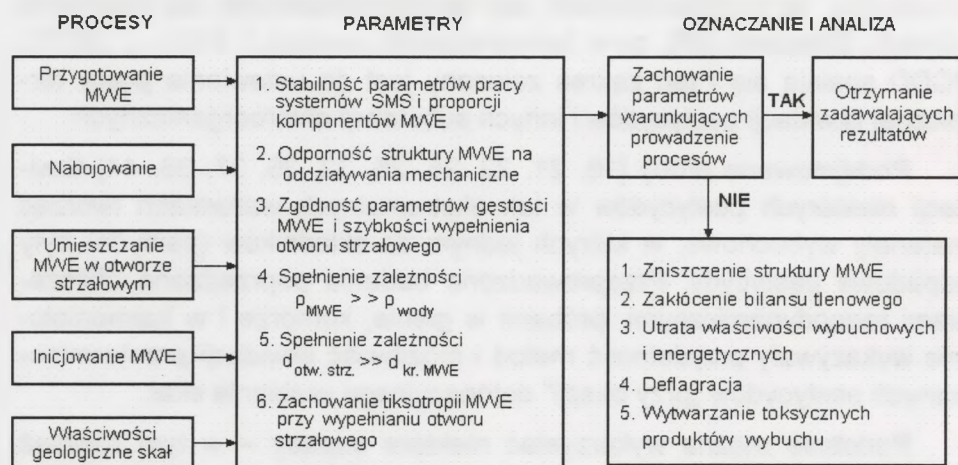


Rys.49. Schemat wytwarzania materiału wybuchowego emulsyjnego „EPA” [160]

Próby z tego typu systemami odbywały się w ciągu technologicznym, zapewniającym prowadzenie robót strzałowych w odległościach ponad 500 km.

Sposób wytworzenia MWE „EPA” w urządzeniach mobilnych przebiega według schematu przedstawionego [160] na rysunku 49.

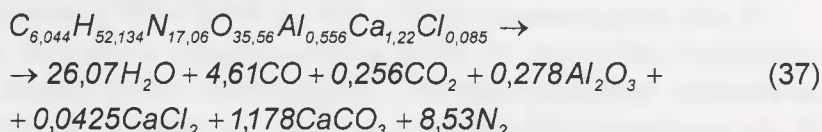
Stosowanie MWE wytworzonego jako „EPA” podlega szczegółowej ocenie czynników [161], które mają wpływ na bezpieczeństwo i efektywność wykorzystania materiału wybuchowego (rys. 50).



Rys.50. Czynniki eksploatacyjne wpływające na bezpieczeństwo i efektywność stosowania MWE [161]

Stosowanie samochodów z urządzeniami mieszalniczo-załadowniczymi do wytworzenia MWE „EPA” było ważnym aspektem ekonomiczno-środowiskowym. Materiał ten zawierał [159, 160] produkty przetwarzania stałych paliw raketowych. Okazało się, że dodatek 10% takich odpadów, pochodzących z pocisków raketowych, nie wpływa na pogorszenie charakterystyk wybuchowych MWE – nie powoduje też wzrostu ilości produktów toksycznych powstających przy detonacji MWE „EPA” a jednocześnie umożliwia tani sposób likwidacji zbędnej amunicji. Może być produkowany w postaci naboju jak również w samochodach z urządzeniami mieszalniczo-załadowniczymi i uznany jest za bezpieczny.

Równanie rozkładu MWE „EPA” [158]:

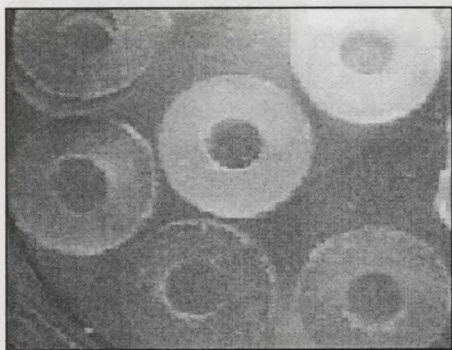


wskazuje, że w produktach detonacji nie pojawiają się ani dioksyny (PCDD) ani chlorowódor (HCl). Obecne tlenki glinu i wapnia, chlorki i węglany – substancje o małej toksyczności, przechodzą w stan stały w temperaturach poniżej 1000 °C; w procesie tym „wbudowują się” w objętość wysadzanego masywu bez wydzielenia do atmosfery.

Warto zaznaczyć że procesy wybuchowe w MWE zachodzą przy temperaturach 2 500 – 3 500 °C, ciśnieniu przekraczającym 6 000 MPa i w ciągu krótkiego czasu rzędu 1 – 10 ms. W takich warunkach nie ma przesłanek termodynamicznych ani termochemicznych do tworzenia dioksyn. Wiadomo [65], że w temperaturach powyżej 1 200 – 1 300°C, PCDD spalają się i ten zakres zalecany jest do ustawienia pracy termicznej likwidacji pestycydów i innych substancji chloroorganicznych.

Podjęmowano próby [16, 21, 22, 25, 26, 32, 36, 37, 38, 44] likwidacji niektórych pestycydów w tak ekstremalnych warunkach tworząc materiały wybuchowe, w których jednym ze składników (palnych) były odpadowe pestycydy. Przeprowadzone badania poprzedzone obliczeniami termodynamicznymi, próbami w glebie, komorze i w kamieniołomie wykazywały przydatność metod i możliwość likwidacji przeterminowanych pestycydów „przy okazji” detonacyjnego urabiania skał.

Podobnie można wykorzystać niektóre odpady – w tym również pochodzące z deelaboracji amunicji, jako składnik palny w MWE. Prowadzono badania [8, 19, 20, 39, 40], w których stosowano dodatki prochów bezdymnych nitroglicerynowych (NG) lub nitrocelulozowych (NC).



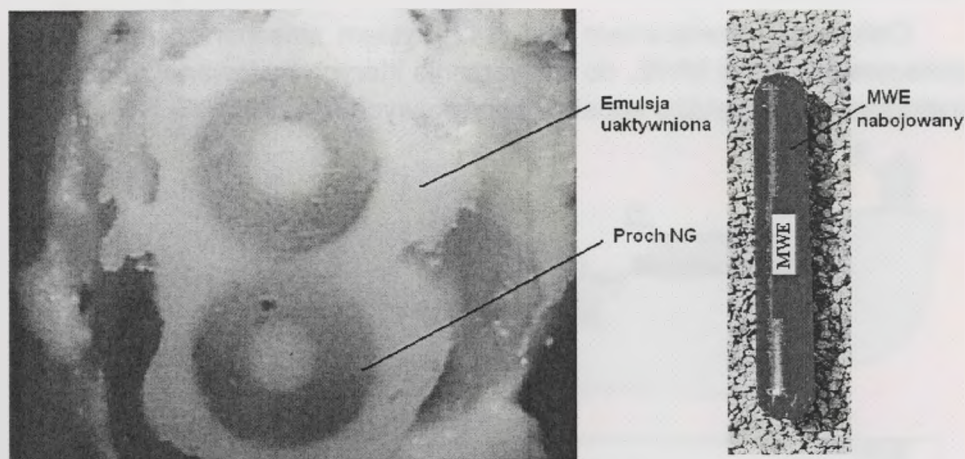
Proch nitroglicerynowy



Proch nitrocelulozowy

W celu przygotowania MWE – NG lub MWE – NC o właściwościach użytkowych zbliżonych do MWE przemysłowego, wykonano obliczenia parametrów termochemicznych. Uwzględniono różne bilanse tlenowe (B) dla poszczególnych rodzajów prochów, ze względu na różnice w ich

komponentach. W efekcie otrzymano MWE (rys. 51), którego parametry uzyskane z obliczeń odpowiadały MWE stosowanym bez dodatku tych wysokoenergetycznych komponentów.



Rys.51. Materiał wybuchowy emulsyjny zawierający proch nitroglicerynowy

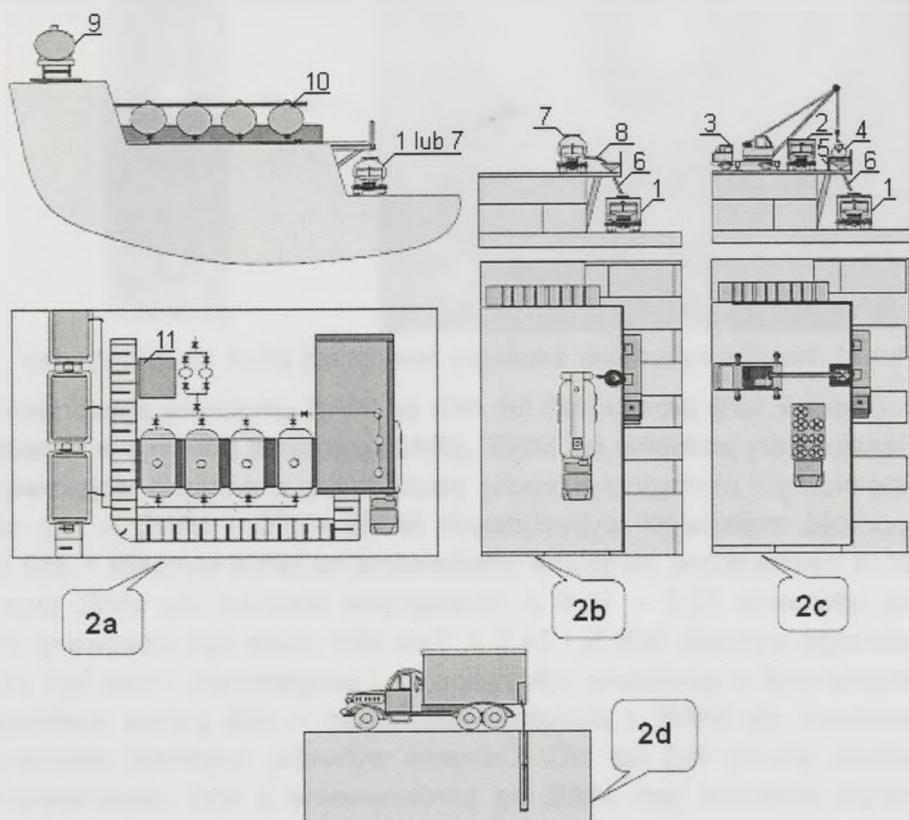
Dodatek 10% prochu (NG lub NC) do MWE umożliwia wytworzenie materiału, który podobnie jak MWE „EPA” skutecznie likwiduje w sposób ekonomiczny i ekologiczny prochy pochodzące z amunicji wojskowej. Odporność materiałów wybuchowych MWE – NG i MWE – NC na bodźce mechaniczne określana wrażliwością na tarcie wynosiła > 353 N a na uderzenie 12,7 – 19,6 J. Analogiczne wartości dla MWE przemysłowego wynosiły 305 N i 24,5 J. Taki MW może być stosowany do urabiania skał w górnictwie odkrywkowym i podziemnym; może być zamiennikiem dla MWE z dodatkiem aluminium – rolę paliwa spełniają wówczas prochy NG lub NC. Ciśnienie wybuchu, prędkość detonacji i energia właściwa tych MWE są porównywalne z MW zawierającym aluminium, gazy postrzałowe MWE z prochami nie zawierają Al_2O_3 .



Rys.52. Przenośny system produkcji emulsji i specjalistyczny pojazd [150]

W kopalniach podziemnych niewęglowych stosowane są [150] przenośne systemy produkcji emulsji lub emulsja przewożona jest specjalistycznymi pojazdami (rys. 52).

Ciekawym rozwiązaniem jest [142] system zmechanizowany kompleksowej produkcji MWE, do wytwarzania których budowane są obiekty znajdujące się w pobliżu kopalni odkrywkowych (rys. 53).



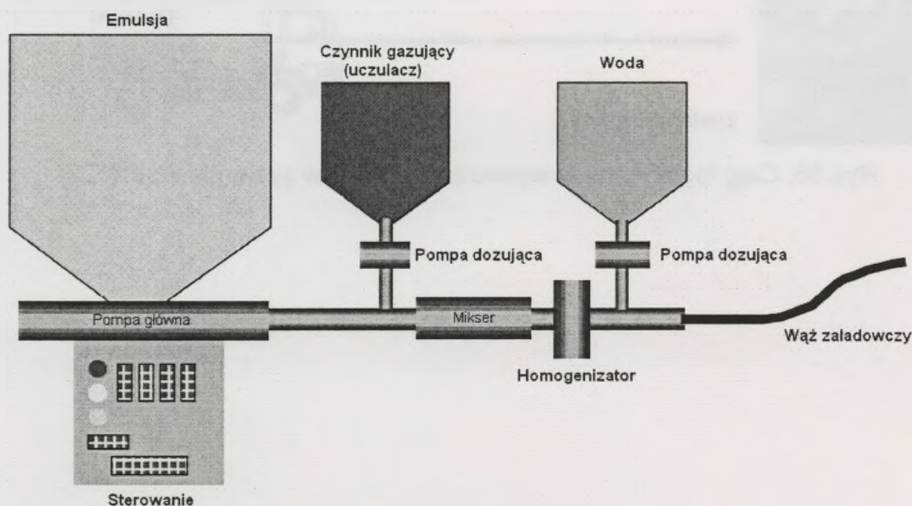
Rys.53. Schemat kompleksowej mechanizacji robót strzelniczych przy wykorzystaniu MWE [142]

2a – punkt przechowywania matrycy MWE przy kopalni odkrywkowej; 2b, 2c – punkt przeładunkowy; 2d – załadunek otworu strzałowego; 1 – maszyna (SZM) do załadunku „Akwatola-1 U” lub „Akwatola-3”; 2 – dostawa uczulacza; 3 – dźwig samochodowy; 4 – uczulacz na tarze (Big bag); 5 – podstawka pod tarę (Big bag); 6 – załadunek uczulacza; 7 – maszyna dostawcza matrycy MWE (DROM); 8 – rękaw do przelewu matrycy MWE; 9 – cysterna kolejowa z matrycą MWE; 10 – skład matrycy; 11 – pomieszczenie operatora

Proces technologiczny przygotowania MWE przebiega według następującego schematu: matryca z magazynu (poz. 2a) dostarczana jest na punkt przeładunkowy (2b) za pomocą SZM „Akwatol”; jeżeli matryca

dostarczana jest do punktu przeładunkowego maszyną dostawczą DROM (poz. 7), to jest przelewana za pomocą SZM „Akwatol” (poz. 1). Za pomocą dźwigu (poz. 3) lub innej instalacji, odmierzona porcja uczulacza (zgodnie z recepturą) z dostawczej maszyny (poz. 2) przez lej (poz. 6) wysypywana jest do SZM „Akwatol” (poz. 1) przy pracującym urządzeniu mieszającym. Mieszanie porcji uczulacza z matrycą odbywa się w zasobniku SZM przez około 45 minut, do połączenia elementów i otrzymania jednorodnej mieszaniny.

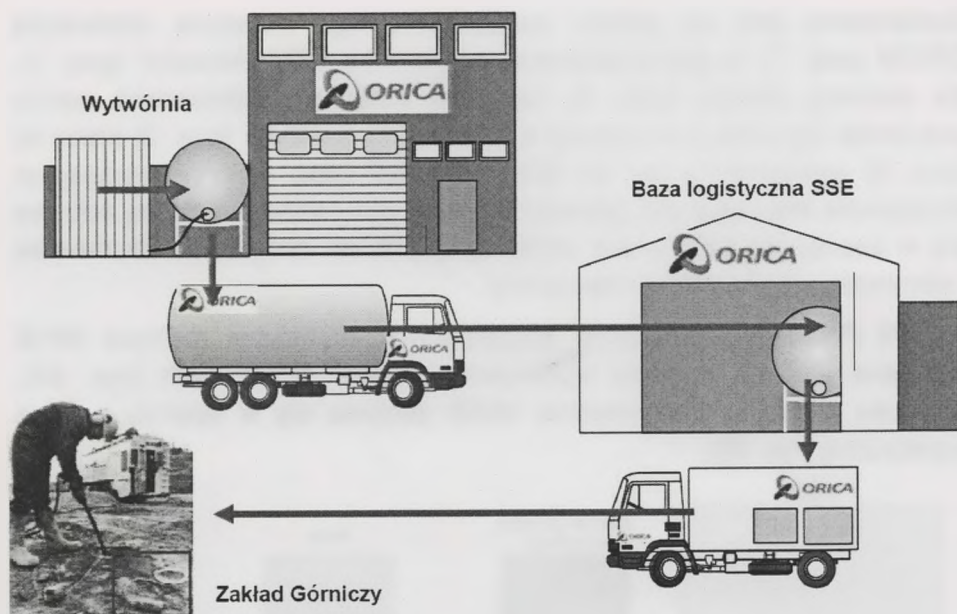
W Polsce wprowadzono system [136], w którym matryca MWE uczulana jest na miejscu wykonywania robót strzałowych (rys. 54), a proces produkcji i stosowania MWE odbywa się w oparciu o bazę logistyczną (rys. 55).



Rys.54. Schemat produkcji materiałów wybuchowych emulsyjnych w systemie SSE [136]

Firma Orica Poland Spółka z o.o. (poprzednio Dyno Nobel Poland Spółka z o.o.) – przedstawiciel firmy Orica, największego na świecie producenta i dystrybutora środków strzałowych (w tym MW luzem) wprowadziła wytwarzanie i obrót materiałami wybuchowymi Systemem SSE (Site Sensitised Emulsion).

Utworzono trzy bazy logistyczne; w stacjonarnej wytwórni produkowana jest emulsja, która transportowana jest do kolejnego miejsca przeładunku, gdzie skład samochodu uzupełniany jest o kolejne składniki MW, a następnie kierowany do miejsca ostatecznego przeznaczenia. Po załadunku otworów strzałowych matryca uczulana jest w otworze i dopiero wtedy nabiera cech MWE.



Rys.55. Ciąg logistyczny w wytwarzaniu MWE w systemie SSE [122]

8. Sposoby inicjowania i środki inicjujące

Sposób inicjowania materiałów wybuchowych zależy od czułości MW i organizacji prac strzałowych. Stosuje się następujące sposoby inicjowania:

- spłonki pobudzające inicjowane lontem prochowym,
- zapalniki elektryczne natychmiastowe i zwłoczne (milisekundowe, półsekundowe),
- systemy zapalników nieelektrycznych zwłocznych inicjowanych rurką detonującą poprzez konektory,
- systemy zapalników elektronicznych,
- lont detonujący,
- pobudzacze,
- ładunki udarowe.

W kopalniach podziemnych i odkrywkowych stosuje się lont detonujący pentrytowy, który w zależności od zagrożenia dzieli się na:

- skalny stosowany w zakładach górniczych niewęglowych,
- wodoszczelny węglowy, z powłoką barwy żółtej, który może być stosowany w podziemnych zakładach górniczych w polach niemetalicznych i pokładach klasy A i B zagrożenia pyłowego,
- wodoszczelny metanowy, z powłoką koloru niebieskiego, który może być stosowany przy wszystkich kategoriach zagrożenia metanowego i klasach zagrożenia pyłowego.

Lont detonujący inicjuje się zwykle przy użyciu zapalnika elektrycznego. Zapalniki elektryczne (ZE) posiadają stopień bezpieczeństwa wobec metanu i pyłu węglowego oraz wobec prądu elektrycznego, a także czas zadziałania tzw. opóźnienie, co przedkłada się na odpowiednie ich oznaczenie i podział [72].

W zależności od stopnia bezpieczeństwa wobec mieszaniny metanu z powietrzem i/lub mieszaniny pyłu węglowego z powietrzem wyróżnia się następujące grupy ZE:

- M – metanowe, spełniające określone wymagania bezpieczeństwa wobec mieszaniny metanu z powietrzem i mieszaniny pyłu węglowego z powietrzem,
- W – węglowe, spełniające określone wymagania bezpieczeństwa wobec mieszaniny pyłu węglowego z powietrzem,

- S – skalne, dla których nie normuje się bezpieczeństwa wobec mieszanin metanu z powietrzem i/lub pyłu węglowego z powietrzem.

W zależności od stopnia bezpieczeństwa wobec prądu elektrycznego rozróżnia się następujące klasy ZE:

- 0,20 – o bezpiecznym natężeniu prądu 0,20 A,
- 0,45 – o bezpiecznym natężeniu prądu 0,45 A,
- 2,0 – o bezpiecznym natężeniu prądu 2,0 A,
- 4,0 – o bezpiecznym natężeniu prądu 4,0 A.

Bezpieczne natężenie prądu oznacza, że prąd stały o podanych natężeniach może płynąć przez zapalnik w ciągu 5 minut, nie powodując jego odpalenia.

W zależności od czasu zadziałania wyróżnia się następujące rodzaje ZE:

- U – mikrosekundowe o czasie zadziałania poniżej 1 ms,
- N – natychmiastowe o czasie zadziałania 1 – 10 ms,
- M – milisekundowe o nominalnym czasie zadziałania 11 – 100 ms,
- P – półsekundowe o minimalnym czasie zadziałania 0,5 s.

Ze względu na dodatkowe właściwości wyróżnia się następujące typy ZE:

- C – ciśnienioodporne, odporne na ciśnienie wody powyżej 9,8 MPa,
- T – termoodporne, odporne na temperaturę powyżej 50 °C,
- B – antyelektrostatyczne, odporne na wyładowania elektryczności statycznej,
- G – mrozoodporne, odporne na temperatury – 15 °C.

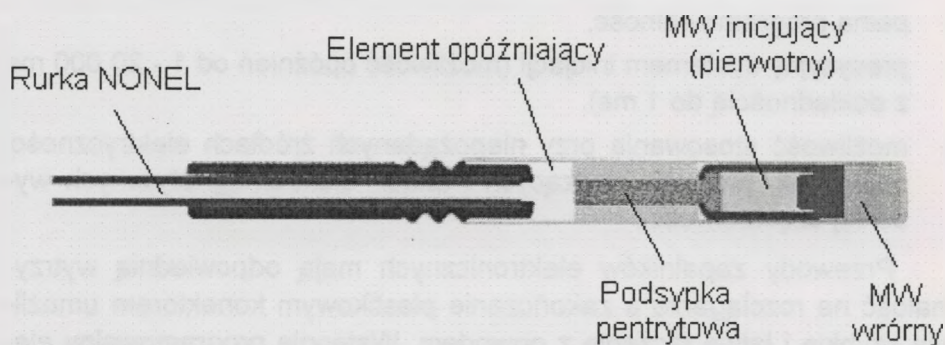
Powyższy podział i oznaczenie dotyczą standardowo stosowanych środków inicjujących. Olbrzymi postęp przy unowocześnianiu materiałów wybuchowych wymusza jednocześnie opracowywanie i wprowadzanie do stosowania nowoczesnych systemów inicjacji. Największe osiągnięcia, w tej dziedzinie, mają kraje najbogatsze. Na każdym prawie kontynencie wyspecjalizowały się zakłady produkujące zarówno środki strzałowe, jak i systemy inicjacji materiałów wybuchowych. Postęp możliwy jest dzięki wspomaganiu komputerowemu i zastosowaniu elektroniki również w tej gałęzi przemysłowej.

8.1. Nowoczesne środki inicjowania detonacji

Skuteczną alternatywą dla inicjowania elektrycznego stało się wprowadzenie systemów nielektrycznych (NONEL) i elektronicznych, które umożliwiają prace strzałowe w warunkach trudnych i niebezpiecznych dla standardowych systemów. Dotyczy to szczególnie upowszechnianego mechanicznego ładunku MW do otworów strzałowych i powstającej przy tym niebezpiecznej elektryczności statycznej, strzelania w warunkach zawodnionych i mokrych. W takich warunkach nie zawsze sprawdzają się zapalniki elektryczne.

NONEL jako system nielektryczny pozwala całkowicie pomijać wyżej wymienione warunki strzelania, a ponadto daje możliwość inicjowania całkowitego ładunku w rozbiciu na dowolną liczbę grup lub pojedynczych ładunków inicjowanych z zadaniem precyzyjnie opóźnieniem.

System nielektryczny, zwany systemem ciągłego inicjowania wybuchu, różni się od systemu elektrycznego zastosowaniem tzw. rurki detonującej zwanej potocznie Nonel'em (rys. 56). Jest to polietylenowa rurka o średnicy ok. 3 mm nasycona wewnątrz drobkami oktagonu i pyłu aluminiowego. Inicjowanie następuje poprzez iskrę elektryczną, wywołującą wybuch w rurce, który przemieszcza się z prędkością ok. 2 000 m/s. Przemieszczająca się fala uderzeniowa dociera w zapalniku do materiału inicjującego doprowadzając do jego wybuchu w sposób podobny jak w zapalnikach elektrycznych.



Rys.56. Schemat zapalnika nielektrycznego NONEL

Zapalniki nielektryczne są łatwe w montażu i łączeniu. Umożliwiają konstruowanie bardzo rozbudowanych sieci strzałowych.

Wszystkie otwory strzałowe w sieci są uzbrajane zapalnikami o takim samym czasie opóźnienia. Sekwencja opóźnień jest realizowana na

powierzchni za pomocą powierzchniowych konektorów. Dzięki jednokowemu opóźnieniu zapalników w otworach strzałowych uzyskuje się wystarczający czas na przekazanie sygnału inicjacji do wszystkich zapalników przed rozpoczęciem przemieszczania się urabianej calizny.



Zapalniki są standardowo zakończone rurką Exel™ w kolorze czerwonym. Powierzchniowe konektory Connectadet™ SL SL0-SL176 są zakończone rurką Exel™ w kolorze różowym. Można spotkać, w asortymencie różnych firm, inne jeszcze odmiany – wyróżnia je też inny kolor konektorów.

Zapalniki elektroniczne i systemy elektroniczne do inicjowania materiałów wybuchowych to jedna z najnowszych technologii. Pomimo iż są one droższe od zapalników klasycznych (elektrycznych czy nieelektrycznych) – zaczynają być rozpowszechniane na świecie – stosowane są głównie w Ameryce Północnej, Afryce i Australii.

Wśród wielu zalet zapalników elektronicznych wymienia się:

- pełną programowalność,
- precyzyjny system inicjacji (możliwość opóźnień od 1 - 20 000 ms z dokładnością do 1 ms),
- możliwość stosowania przy niepożądanych źródłach elektryczności statycznej, prądach błądzących i falach elektromagnetycznych wysokiej częstotliwości.

Przewody zapalników elektronicznych mają odpowiednią wytrzymałość na rozciąganie a zakończenie plastikowym konektorem umożliwia szybkie i łatwe łączenie z obwodem. Wstępnie programowalny elektroniczny system inicjowania, zaprojektowany jest do stosowania w górnictwie podziemnym, gdzie wymagana jest łatwość użycia i minimalna ingerencja użytkownika.

Zdalny, bezprzewodowy system inicjowania o pełnym zakresie programowania opóźnień np. SmartShot™, może odpalić z odległości 3 000 m aż 2 400 zapalników w jednym strzelaniu.

Zapalniki elektroniczne dopuszczone do stosowania w Polsce

Tabela 29

Nazwa środka strzałowego	Rodzaj	Nazwa producenta	Zakres stosowania
ERGONIC	Zapalnik elektroniczny skalny, programowalny o czasie opóźnienia od 0 do 2 000 ms	NITROERG S.A.	– Zakłady górnicze podziemne niewęglowe i niemietanowe, – zakłady górnicze odkrywkowe, – środek inicjujący (dla MW ładowanych mechanicznie). ERGONIC może być używany w temp. od -20 °C do +50 °C. Nie może być używany w warunkach zagrożenia wybuchem pyłu węglowego i/lub metanu.
NITRONIC	Zapalnik elektroniczny skalny, programowalny o czasie opóźnienia od 0 do 6 000 ms	NITROERG S.A.	– Zakłady górnicze podziemne niewęglowe i niemietanowe, – zakłady górnicze odkrywkowe, – inne prace strzałowe, – środek inicjujący (dla MW ładowanych mechanicznie). NITRONIC może być używany w temp. od -25 °C do +50 °C. Nie może być stosowany w warunkach zagrożenia wybuchem pyłu węglowego i/lub metanu.
HotShot 3G	Zapalnik elektroniczny skalny, programowalny o czasie opóźnienia od 0 do 20 000 ms	DetNet South Africa (Pty) Ltd.	– Zakłady górnicze podziemne niewęglowe i niemietanowe, – zakłady górnicze odkrywkowe, – środek inicjujący (dla MW ładowanych mechanicznie). HotShot 3G może być używany: – w temp. od -10 °C do +70 °C, – w temp. od -30 °C do +50 °C. Nie może być stosowany w warunkach zagrożenia wybuchem pyłu węglowego i/lub metanu.
Zapalnik i-konVS	Zapalnik elektroniczny skalny, programowalny o czasie opóźnienia od 0 do 8 000 ms	1. ORICA GERMANY GmbH 2. ORICA CANADA	– Zakłady górnicze podziemne niewęglowe, – zakłady górnicze odkrywkowe, – poza terenem zakładów górniczych (roboty wyburzeniowe). I-kon VS może być używany w temp. od -20 °C do +60 °C. Nie może być stosowany w warunkach zagrożenia wybuchem pyłu węglowego i/lub metanu.
Zapalnik i-kon	Zapalnik elektroniczny skalny, programowalny o czasie opóźnienia od 0 do 15 000 ms	1. ORICA GERMANY GmbH 2. Orica Canada	– Zakłady górnicze odkrywkowe, – zakłady górnicze podziemne niewęglowe, – poza terenem zakładów górniczych (roboty wyburzeniowe), – środek inicjujący (dla MW ładowanych mechanicznie). I-kon może być używany w temp. od -20 °C do +60 °C. Nie może być stosowany w warunkach zagrożenia wybuchem pyłu węglowego i/lub metanu.

Najbardziej zaawansowanym elektronicznym systemem inicjowania jest i-kon, składający się z zapalnika cyfrowego, logera i blastera [123]. Każdy zapalnik elektroniczny typu i-kon posiada unikalny kod identyfikacyjny, który jest rozpoznawany przez urządzenie logujące Logger. Urządzenie to umożliwia edycję (logowanie) zapalnika, przechowywanie w pamięci przypisanego danemu zapalnikowi opóźnienia oraz, w miarę potrzeb, swobodną jego reedycję. Logger (nie posiada wbudowanej funkcji uzbrajania zapalnika, czy jego odpalania) jest pośrednikiem w operacji odpalania. Zapalarka typu Blaster (cyfrowa jednostka strzelnicza) jest odpowiedzialna za tę funkcję. Odpalenie zapalnika elektronicznego typu i-kon jest możliwe dzięki dostarczeniu do zapalnika odpowiednio wygenerowanego sygnału cyfrowego (tzw. kod aktywacyjny) i prądu odpalającego. Metryka strzałowa projektowana jest za pomocą komputera, a następnie transmitowana do kieszonkowego urządzenia programującego, co skraca czas programowania podczas wykonywania prac strzałowych. Zapalnikowi (w pełni programowalnemu) można nadawać opóźnienia w zakresie od 0 do 15 000 ms, w interwale 1 ms. Zapalnik elektroniczny charakteryzuje się bardzo dużą dokładnością: $\pm 0,05$ ms dla zakresu opóźnień od 0 do 500 ms, oraz na poziomie $\pm 0,01\%$ dla opóźnień w przedziale powyżej 500 ms.

Najprostsza wersja zapalarki umożliwia odpalenie do 400 zapalników, przyłączonych do dwóch Loggerów, gdzie każdym z Loggerów można zalogować do 200 zapalników.

W asortymencie zapalników elektronicznych jest cała gama, ciągle udoskonalanego, sprzętu umożliwiającego odpalenie w jednej serii kilku tysięcy sztuk, a zarządzanie nimi nazywane jest elektronicznymi systemami inicjowania. Według informacji DataWeek [107], światowe zapotrzebowanie na zapalniki elektroniczne szacowane jest na 150 mln szt. rocznie. Przewidywany jest również znaczny spadek kosztów wytwarzania tego rodzaju zapalników. Rynek światowy opanowany jest przez liczne firmy, które mają w swojej ofercie również zapalniki elektroniczne; dominują tu dwie firmy Orica i DetNet. Główne regiony stosowania zapalników elektronicznych to Ameryka Północna, Afryka i Australia. Zainteresowanie zapalnikami elektronicznymi systematycznie wzrasta, a poszczególne kontynenty opanowane przez wyżej wymienionych liderów to:

- Ameryka Północna – DetNet (Kanada, USA), Orica (Kanada, USA), Davey Bickford (Kanada, USA), Austin, SDI (USA), Incitec Pivot,

- Ameryka Łacińska – DetNet, Orica (Chile, Brazylia), Davey Bickford (Chile), Austin,
- Australia – Orica, Incitec Pivot, DetNet, Davey Bickford, Austin,
- Afryka – DetNet (Afryka Środkowa), AEL Mining (Afryka Południowa), BME, EPC (dystrybutor),
- Azja – Orica (Indie, Chiny, Filipiny), Incitec Pivot, EPC (Bliski Wschód), SDI (Japonia, Tajlandia, Chiny); wejście na rynek Rosji i Chin zapowiadają firmy DetNet i Orica,
- Europa – Orica, Davey Bickford, Austin, SDI, Nitro-Bickford (dystrybutor).

Zapalniki elektroniczne wprowadzono również do stosowania w Zakładach Górniczych w Polsce. Zestawienie podstawowych parametrów i rodzajów tych zapalników posiadających dopuszczenie WUG, zamieszczono w tabeli 29.

8.2. Zdalne zarządzanie zakładem górniczym

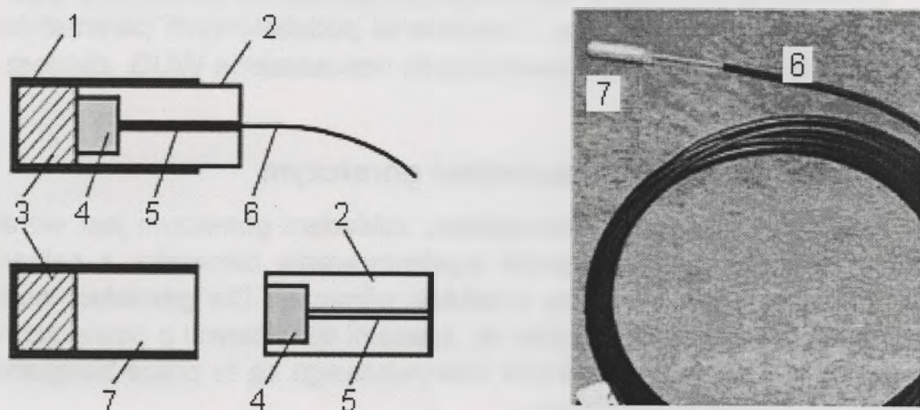
Kolejnym postępowaniem w zarządzaniu zakładem górniczym jest wdrażanie systemów umożliwiających wyeliminowanie człowieka z najbardziej niebezpiecznych etapów produkcji górniczej. Dla górnictwa podziemnego oznacza to sterowanie np. pracami strzałowymi z powierzchni kopalni, a w przypadku górnictwa odkrywkowego są to prace związane z całym systemem logistycznym.

Wprowadzono metodę sejsmiczną (należy do grupy metod falowych i jest metodą bezinwazyjną) badania ośrodka geologicznego. W wyznaczonych punktach na powierzchni terenu wzbudzane są fale sejsmiczne (z użyciem np. specjalnego MW), propagują w badanym ośrodku i natrafiają na niejednorodności, takie jak granice litologiczne, pustki, uskoki, itp. Wówczas ulegają zjawiskom przechodzenia, odbicia, załamania, dyfrakcji, rozproszenia. Sygnały są przesyłane do rejestratora sejsmicznego, a następnie w postaci cyfrowej do przenośnego komputera i zapisywane w plikach w formacie SEG. Po opracowaniu i przetworzeniu informacji za pomocą programu komputerowego uzyskuje się ocenę stanu geomechanicznego badanego ośrodka, m. in.:

- ocenę stopnia urabialności skał w kamieniołomach,
- granicę zrobów w badanym pokładzie,
- weryfikację skuteczności profilaktyki tapaniowej,
- określanie zaburzeń w budowie pokładów węglowych (uskoki, przerosty wymycia, zanik pokładu).

Dla ww. celów opracowano materiały wybuchowe sejsmiczne [131, 145]. Ładunek wybuchowy tworzy mieszanina MW, takich jak TNT, PETN, RDX lub HMX, które mogą zawierać aluminium lub inne składniki w zależności od formy produktu. Mogą to być również MWE lub dynamity. Ładunek materiału wybuchowego sejsmicznego umieszczany jest w rurze z tworzywa sztucznego lub w powłoce papierowej; ma długi okres trwałości przy właściwym przechowywaniu.

Materiały wybuchowe mogą też być inicjowane w tzw. systemie laserowego inicjowania (rys. 57) za pomocą światłowodów lub bezpośrednio przez powietrze; energia niezbędna do wywołania reakcji wybuchowej jest przesyłana od lasera do optycznego zapalnika [152].



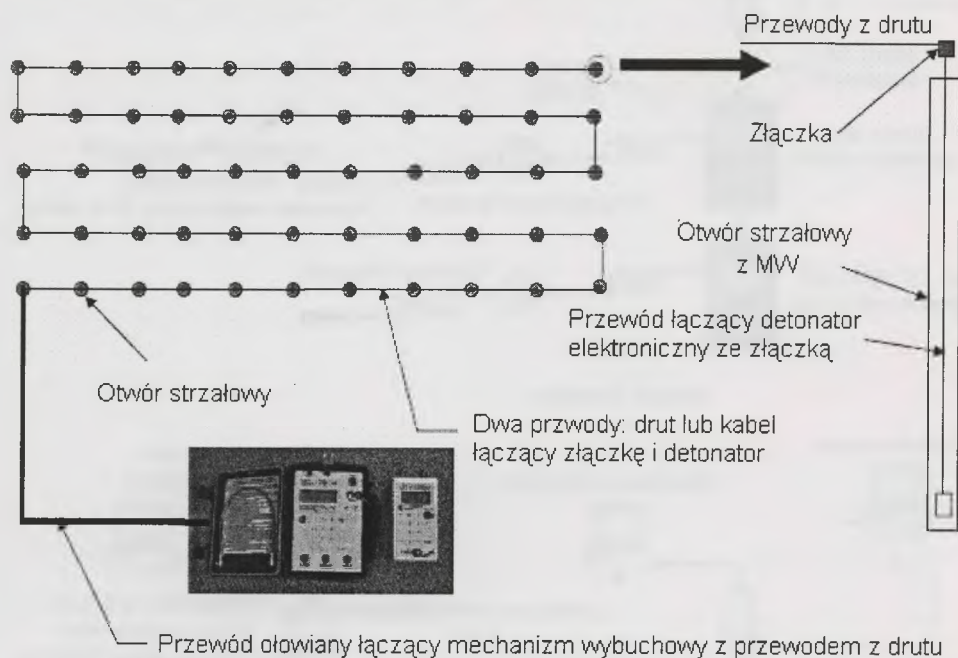
Rys.57. Schemat budowy optycznego zapalnika [152]

1 – aluminiowa rurka, 2 – tuleja, 3 – wtórny MW, 4 – pierwotny MW (wrażliwy na światło), 5 – przewód do instalowania światłowodu; 6 – światłowód; 7 – nabój

System z optycznym zapalnikiem zapewnia wysoki poziom bezpieczeństwa i ścisłą kontrolę, a może być stosowany tam gdzie prace strzelnicze są utrudnione, np. w zaludnionym terenie, przy zagęszczeniu zakładów produkcyjnych. Tradycyjne środki inicjowania w takich warunkach nie są bezpieczne.

Opracowano technologię zdalnego programowania i inicjowania ładunków materiałów wybuchowych [87]. System wykorzystuje technologię elektronicznego zaprogramowania opóźnień "na miejscu" (nie ma stałych czasów). W wyniku bezpośredniej komunikacji z zapalnikami możliwe jest ustalanie właściwego czasu opóźnienia dla projektowanego wybuchu, albo przed załadunkiem, po załadunku lub tuż przed odpaleniem. W rzeczywistości, system wykorzystuje pewien rodzaj pamięci

elektronicznej, która pozwala być programowana w dowolnym czasie. Po połączeniu przewodów cyfrowy rejestrator podłączony zostaje do obwodu strzałowego. Po sprawdzeniu funkcjonalności rejestrator łączony jest z cyfrową jednostką strzelniczą – blasterem (rys. 58).

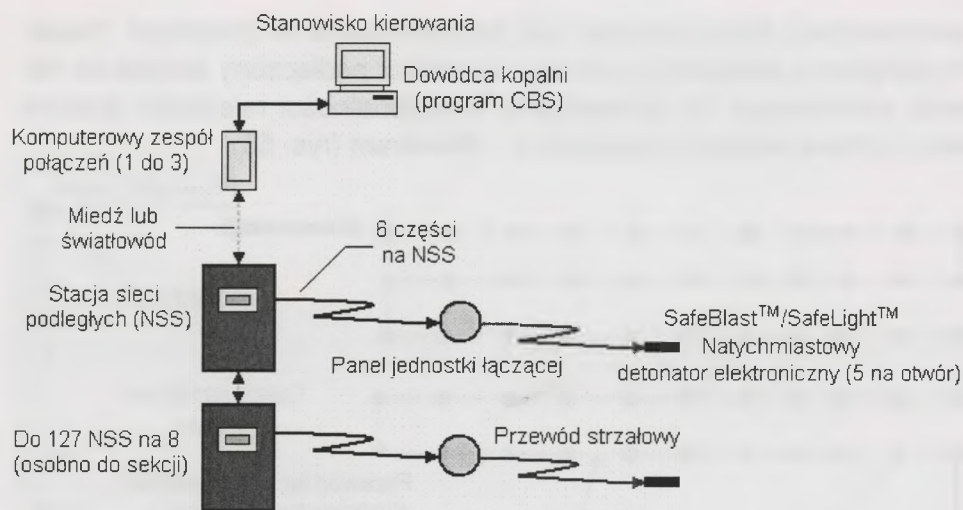


Rys.58. Elektroniczny system wybuchowy używający elektronicznego zapalnika [87]

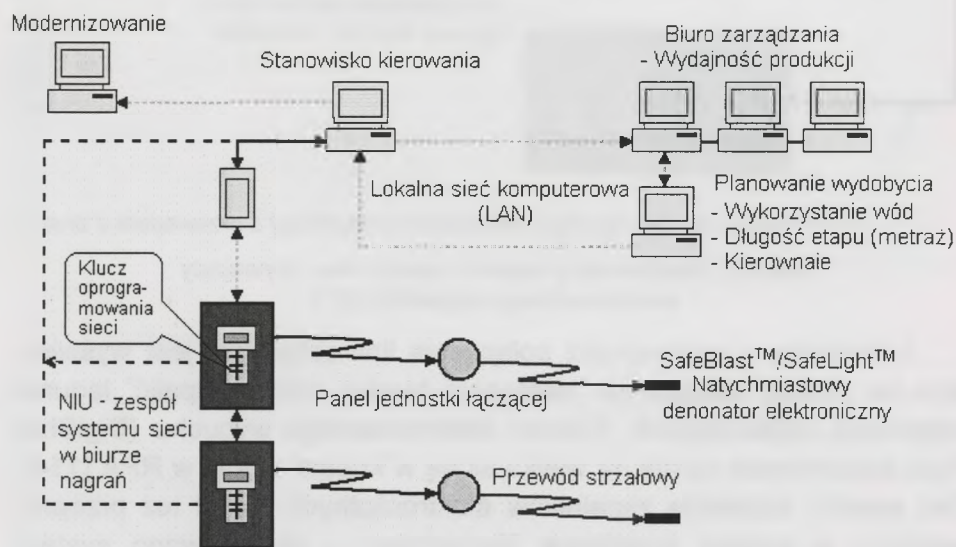
Informacja o poprawności połączenia linii strzałowej jest wyświetlana na ekranie urządzenia. Następnie blaster może „odpalić” ładunki materiałów wybuchowych. System elektronicznego wybuchu (DigiShot Plus) zastosowany został na wielką skalę w kopalni węgla w RPA [114]. Taki sposób odpalenia zapalników elektronicznych został też przeprowadzony w kopalni Alumbraera (Argentyna) – zastosowano system SURBS (Surface Remote Blasting System).

W Mining Weekly [112] wprowadzono, przez Sasol Nitro, scentralizowany systemu strzelniczy: SafeBlast oraz natychmiastowe zapalniki elektronicznego inicjowania rurką detonującą SafeStart (instantaneous electronic shocktube-starting detonator).

SafeBlast stosowany razem z SafeStart (rys. 59) zapewnia podwyższony poziom bezpieczeństwa i niezawodności robót górniczych w kopalniach podziemnych.



System SafeBlast

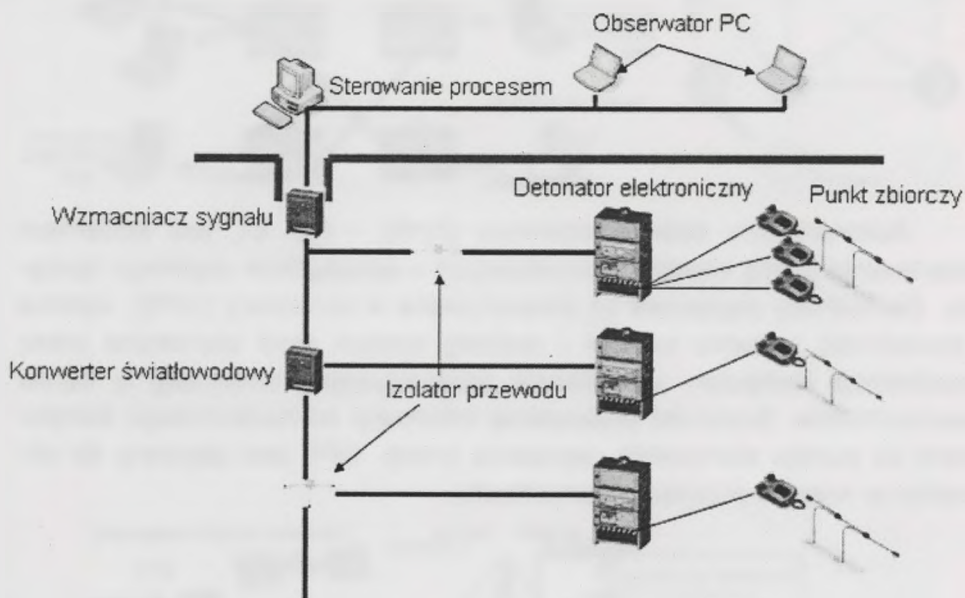


System SafeStart

Rys.59. Scentralizowany system strzelniczy SafeBlast i SafeStart [112]

Scentralizowany system strzelniczy umożliwia zdalną aktywację natychmiastowych zapalników elektronicznych, które zastępują tradycyjne zapalniki stosowane wcześniej jako zapalniki startowe. Nowe elektroniczne zapalniki startowe są odporne na napięcia generowane przez lampki hełmów górniczych i podziemne źródła prądu, na wyładowania elektryczności statycznej oraz wpływ fal elektromagnetycznych.

Inny system robót strzelniczych – również scentralizowany (rys. 60), opracowano [94] w dążeniu do zmniejszenia narażenia pracowników na niebezpieczne warunki pracy. Kontrolowanie wielokrotnych wybuchów w kopalni podziemnej może złagodzić ryzyko narażenia.



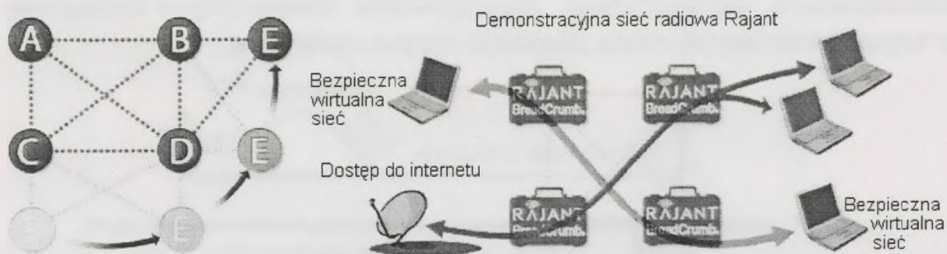
Rys.60. Wyidealizowany diagram scentralizowanego systemu elektronicznego robót strzelniczych [94]

System zawiera kontrolę detonacji na powierzchni, która monitoruje i relacjonuje wszystkie działania w czasie rzeczywistym w całym systemie. Sieć informacyjna, umieszczona z dala od efektów fali uderzeniowej – w dół do każdej skrzynki kontrolnej sterowanej przez pracownika. Skrzynki kontrolujące „zapoczątkowują” detonację przez dostarczanie poprawnego napięcia prądu elektrycznego i zakodowany sygnał inicjatorom.

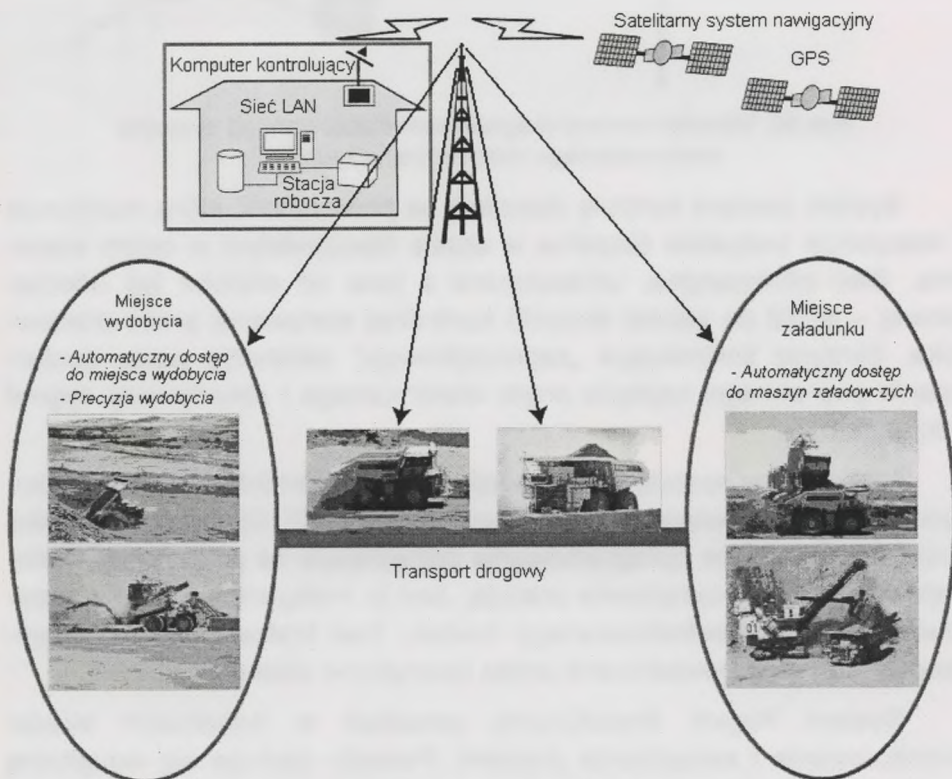
Niezawodny sposób komunikacji m.in. dla górników – radiową sieć typu Rajant oraz autonomiczny system przewozu [110] opracowano jako najnowocześniejsze oprogramowanie pozwalające na połączenia „wielokątowe”, gdy inne urządzenia pracują. Jest to inteligentny model w przeciwieństwie do scentralizowanego modelu. Sieć kratowa, szybko przystosowuje zmiany powodowane przez zewnętrzne działania.

System Rajant BreadCrumb umożliwił w kopalniach miedzi monitorowanie i zarządzanie pracami. Ponadto cechuje się wyjątkową umiejętnością działania w krótkim czasie. W ciągu trzech miesięcy sto-

sowania systemu osiągnięto olbrzymie oszczędności rzędu 7 mln dolarów.



Autonomiczny system przewozu (AHS) – rys. 61, jest systemem kierowania pracą kopalni odkrywkowych – szczególnie ciężkiego sprzętu. Samochody ciężarowe są zaopatrywane w kontrolery (GPS); wysoka dokładność systemu kontroli i radiowy system sieci sterowane przez nadzorczy komputer, umożliwiają przekazywanie informacji o kursie samochodów. Szybkość przesyłanej informacji od nadzorczego komputera do punktu sterowania usprawnia pracę. GPS jest używany do określenia miejsca przejazdu samochodu.

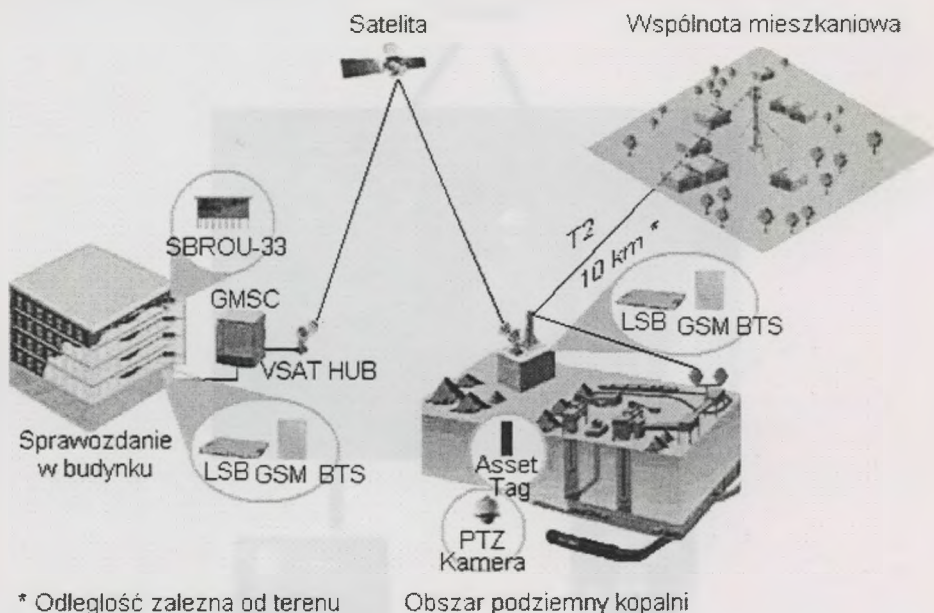


Rys.61. Autonomiczny system przewozu (AHS) [110]

Również sterowana jest praca załadunku i całej drogi pojazdu do miejsca rozładunku urobku. System jest tak sprawny, że zapewnia bezpieczeństwo ruchu pojazdów, ale jest też zdolny zapobiec ewentualnym zderzeniom – dzięki wykryciu przeszkody (samochodu lub innego środka na linii kursu) sygnalizuje o tym i powoduje działania naprawcze; natychmiastowa przerwa – zmniejszenie prędkości poruszania się lub zatrzymanie pracy pojazdu.

Osiągnięciem z ostatniego okresu, w systemie zdalnego zarządzania przedsiębiorstwem górniczym, jest zastosowanie tzw. sieci szerokopasmowego zdalnego zarządzania [140]. Dostępność z sieci ma bezpośredni wpływ na operacje zarządzania, bezpieczeństwo ludzi i wydajność pracy.

Ta sieć informacyjna działa jako prywatna sieć VNL's GSM & szerokopasmowe rozwiązanie dla przemysłu wydobywczego (rys. 62).



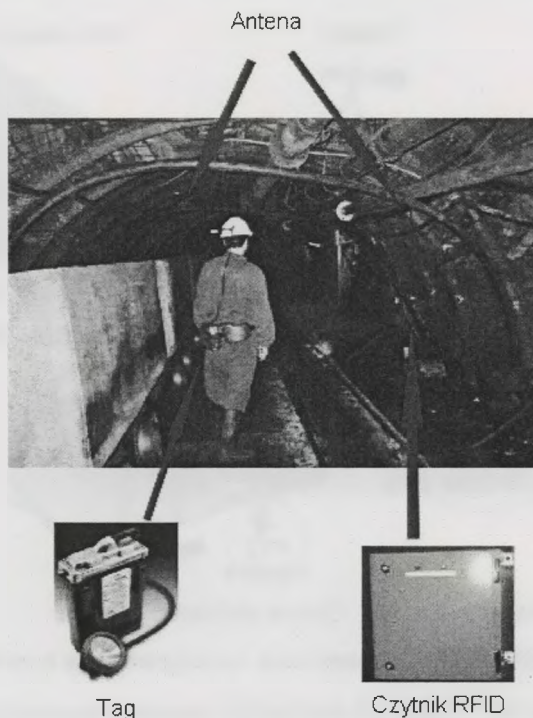
Rys.62. GSM & szerokopasmowe rozwiązanie dla kopaliń [140]

Rozwiązanie ww. integruje wszystkie aspekty systemu górniczego – informacje z głębi kopalń, budynków, wyposażenia i od personelu są przekazywane do wszystkich biur. Umożliwia to komunikację z pracownikami z każdego miejsca. Rozwiązanie jest niezawodne, wydajne; program łatwy do rozmieszczenia łączności głosowej wysokiej jakości. Szerokopasmowe rozwiązanie sprzyja odległej lokalizacji.

Odmianą tego systemu jest RFID (Radio Frequency Identification) – technologia, która umożliwia kontrolę w oparciu o fale radiowe. Odczyt i zapis danych odbywa się zdalnie, w czasie rzeczywistym, co przyspiesza i automatyzuje wszystkie procesy. Poszczególne urządzenia RFID integrowane są w systemy. System RFID działa w oparciu o następujące urządzenia:

- tag (transponder) – bierny lub aktywny,
- antenę,
- nadajnik i dekodery – urządzenie czytająco-programujące (czytnik, terminal).

RFID składa się z urządzeń czytających, oprogramowania oraz drukarki etykiet umożliwiającej również programowanie tagów. Rozmieszczenie składowych systemu RFID w warunkach kopalni, przedstawiono na rysunku 63.



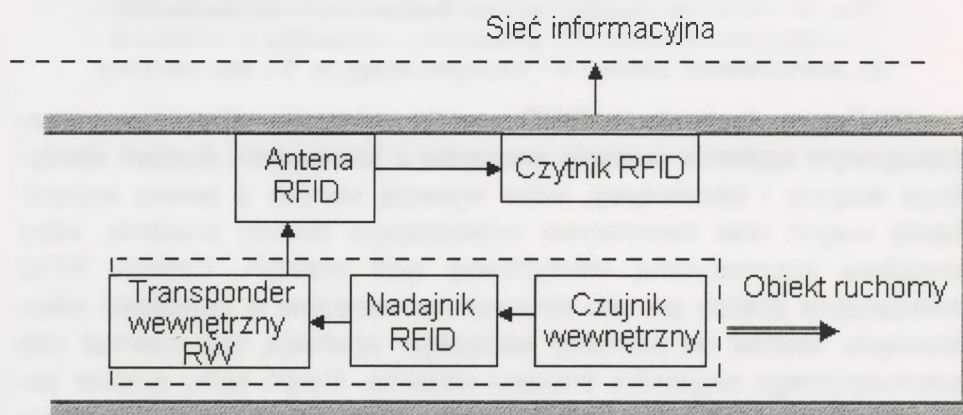
Rys.63. Rozmieszczenie anten, tagów i czytników RFID w kopalni [6]

Do monitorowania położenia i ruchu personelu, pojazdów oraz towarów w tunelach kopalń stosuje się m.in. Smart Tag. To system wykorzystujący najnowsze technologie z dziedziny RFID dalekiego zasięgu, składający się z aktywnych tagów RFID, sieci czytników oraz aplikacji

działającej na serwerze. Czytniki są połączone w sieć Ethernet za pomocą kabla (skrętki), światłowodów bądź specjalnych przekaźników Varis Smart Com Leaky Feeder. Aplikacja werbowa pozwala wielu użytkownikom na dostęp do danych o położeniu „śledzonych” miejsc.

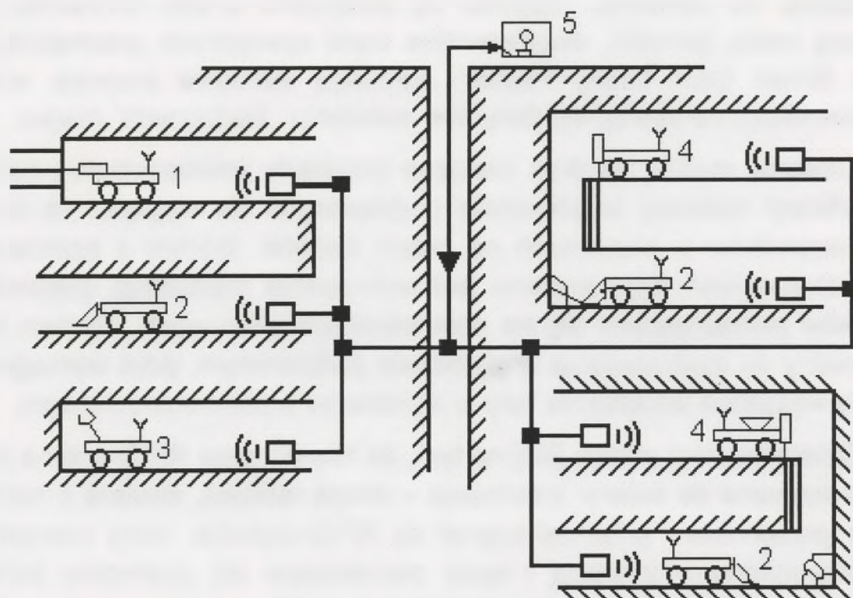
Obecnie można spotkać nieliczne przykłady zastosowania zdalnej identyfikacji radiowej w górnictwie podziemnym. Ze względu na dużą ilość wypadków w kopalniach na całym świecie, jednym z podstawowych zastosowań tego systemu jest wykrywanie nielegalnej obecności górników poruszających się na przenośnikach taśmowych. System ten jest trudny do zastosowania w górnictwie podziemnym, gdyż wymagane jest by wszystkie urządzenia były w wykonaniu przeciwwybuchowym.

Działanie sieci polega [85] na tym, że Nieruchoma RFID-antena jest przymocowana do ściany, informacja – drogą radiową, dociera z ruchomego przedmiotu i przenosi sygnał do RFID-czytnika, który następnie jest zapoznawany z siecią i łączy poruszające się pośrednie źródła z centrum informacyjnym na powierzchni (rys. 64).



Rys.64. Dostarczenie podziemnych informacji od ruchomego przedmiotu do RFID-czytnika [85]

Wykorzystanie systemu RFID może w przyszłości ułatwić pracę w kopalniach podziemnych, w miejscach, gdzie jest szczególnie niebezpiecznie dla górników. Obecnie, średnia głębokość kopalń to 1300 m. Głębiej warunki są trudniejsze i wydobywanie surowców droższe. Wysoka temperatura może utrudniać pracę i komplikować koordynację działań w czasie. W takich warunkach są przestoje maszyn i wyposażenia podziemnego z powodu niepełnej informacji. Można temu zaradzić przez kontrolę pracy maszyn pod ziemią z powierzchni (rys. 65).



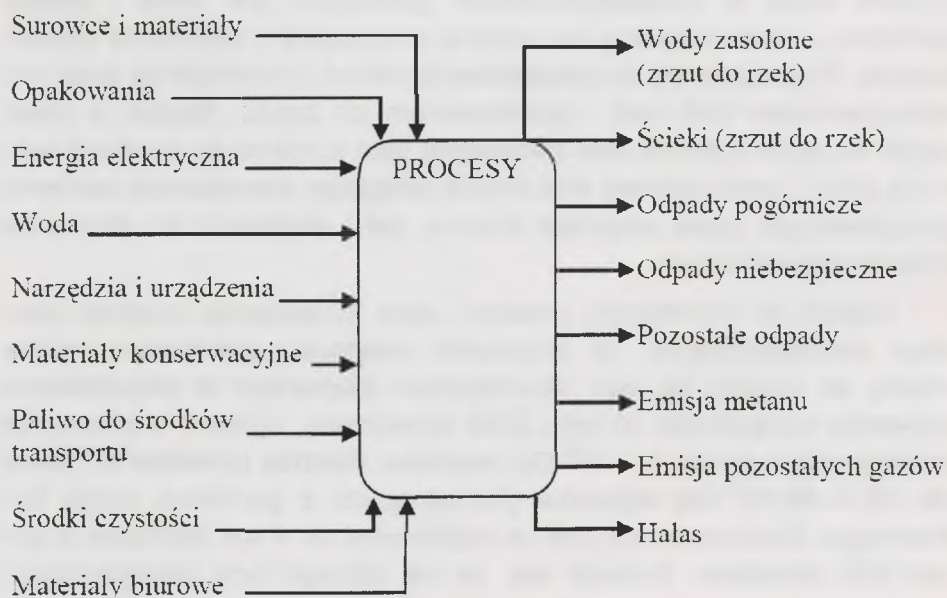
Rys. 65. Górnictwo podziemne bez podziemnych kierowców [85]
 1 – maszyna wiertnicza, 2 – załadunek – ładowarka, 3 – maszyna do „wstrzeliwania” betonu, 4 – maszyna ładująca, 5 – box kierowcy

W Polsce, technologia RFID została wdrożona głównie w samoobsługowym systemie ważenia wagonów z kamieniem. System identyfikuje wagony i lokomotywy, które wywożą kamień z terenu kopalni. Każdy wagon oraz lokomotywa wyjeżdżające dostały znacznik, który umożliwia automatyczną identyfikację tych maszyn. Czytniki RFID umieszczone zostały po obu stronach na przytorzu w odległości kilkudziesięciu metrów od pomostu ważącego; spełniają one również rolę automatycznego włącznika procesu ważenia. Dzięki temu system podaje całkowitą masę netto materiału przewożonego z kopalni, informacje o ilości oraz rodzaju lokomotyw i wagonów w składzie, także podaje datę i godzinę ważenia.

Jest to technologia przyszłości, która będzie wdrażana dla poprawy bezpieczeństwa pracy.

9. Postęp techniczny i technologiczny – oddziaływanie na środowisko

Stan środowiska naturalnego zależy m. in. od właściwego gospodarowania jego zasobami. Postęp techniczny i nowoczesne technologie wprowadzane w celu zwiększenia wydajności pracy nie mogą wpływać negatywnie na środowisko. Zarządzanie zakładem górniczym przy nowoczesnym wyposażeniu sprzętowym jest proekologiczne i taki jest cel nadrzędny postępu. Nie jest to dobrowolność lecz wymóg prawny, który realizowany jest również przez przedsiębiorstwa górnicze. Oddziaływanie kopalni (niezależnie od jej charakteru) zawsze stwarzało zagrożenie dla zdrowia ludzi i środowiska. Określenie jaki jest wpływ i jakie czynniki mają ten wpływ na środowisko obrazuje, na przykładzie kopalni węgla kamiennego, schemat (rys. 66) określenia aspektów środowiskowych [121].



Rys.66. Określanie aspektów poprzez identyfikację elementów wejściowych i wyjściowych [121]

Identyfikacja elementów wejściowych i wyjściowych z procesów działalności kopalni (procesów wydobywczych) pozwala na określenie aspektów środowiskowych.

Elementy wyjściowe obrazują typowe oddziaływanie przedsiębiorstwa na środowisko – w tym przypadku górnictwo charakteryzuje ska-

zenie gleb i wód w wyniku zrzutu do rzek zasolonych wód oraz odprowadzanie ścieków.

Z terenu kopalni odprowadzane są:

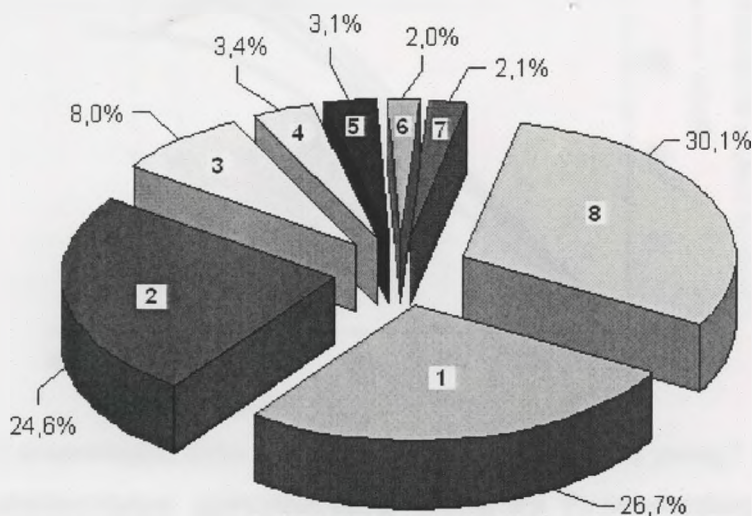
- wody opadowe z odwodnienia zwałowiska zewnętrznego,
- wody kopalniane z odwodnienia wyrobiska górniczego i jego przedpola,
- ścieki socjalno-bytowe z obiektów pomocniczych i administracyjnych obsługi kopalni,
- wody deszczowe spływające z terenów zaplecza technicznego.

Ochrona wód powierzchniowych przed nadmiernym zasoleniem wodami kopalnianymi jest jednym z największych problemów górnictwa – nie tylko ze względu na ochronę środowiska; jest to poważna bariera dla rozwoju przemysłu, rolnictwa, energetyki i gospodarki komunalnej. Zużycie wody w przedsiębiorstwach górniczych jest duże i postęp techniczny i technologiczny nie wpływa w znaczącym stopniu na spadek zużycia. Przyczynia się do poszukiwania metod i prowadzenia prac nad wykorzystaniem tych wód i ograniczeniem ich zrzutu. Będzie to miało wpływ na wykorzystanie wód zasolonych jako surowca do produkcji soli, wody pitnej i przemysłowej oraz innych związków chemicznych zarówno poszukiwanych przez przemysł krajowy, jak i możliwych do zbycia na rynkach zagranicznych.

Odpady to nieodłączny problem, obok wytwarzania ścieków, każdego przedsiębiorstwa. W przypadku przemysłu górniczego można mówić, że odpady są jego nieodłącznym elementem w pozyskiwaniu surowców mineralnych. W roku 2009 wytworzono, ogółem, w przemyśle wydobywczym ponad $111 \cdot 10^3$ Gg odpadów. Rocznie powstaje w Polsce ok. $16 - 35 \cdot 10^3$ Gg odpadów pochodzących z górnictwa węgla kamiennego. Składowane są one na powierzchni ok. 4 tys. hektarów w ponad 200 obiektach. Szacuje się, że na różnego typu składowiskach umieszczono do tej pory około $550 \cdot 10^3$ Gg odpadów pogórnicznych. Czynnikiem decydującym o wytwarzaniu tak pokażnej ilości odpadów jest skala działalności wydobywczej i przetwórstwa kopalni w Polsce [9]. Szczególne znaczenie ma węgiel kamienny, który jest podstawowym nośnikiem energii. Z tego powodu należy spodziewać się ciągłego wytwarzania odpadów związanych z tą dziedziną gospodarki. Ponad 97% odpadów z przemysłu wydobywczego wytworzonych zostało właśnie przez górnictwo węgla kamiennego. W ogólnej masie odpadów wytworzonych przez przemysł wydobywczy marginalne ilości – niecałe 3%

powstało w wyniku wydobywania i przeróbki kopalin pospolitych (piaski, żwiry, wapienie, piaskowce, dolomity) przy czym w 99% odpady te zostały poddane procesowi odzysku; w tym między innymi do bieżącej niwelacji i rekultywacji terenów w miejscu eksploatacji kopalin.

Ilość odpadów, jaka została wytworzona w wyniku działalności kopalń w roku 2009 przedstawiono [73] na rysunku 67.

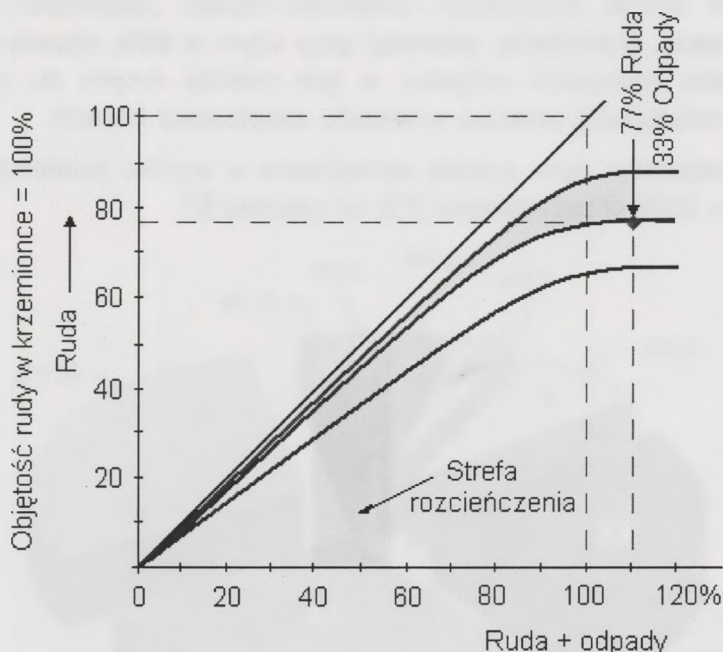


Rys.67. Odpady wytworzone według rodzajów w 2009 roku, z wyłączeniem odpadów komunalnych [73] 1 – odpady z flotacyjnego wzbogacania rud metali nieżelaznych, 2 – odpady powstające przy płukaniu i oczyszczaniu kopalin, 3 – mieszanki popiołowo-żużlowe z mokrego odprowadzania odpadów paleniskowych, 4 – popioły lotne z węgla, 5 – mieszaniny popiołów lotnych i odpadów stałych z wapniowych metod odsiarczania gazów odlotowych, 6 – odpady z wydobywania kopalin innych niż rudy metali, 7 – żużle z procesów wytopiania, 8 – pozostałe

W górnictwie niewęglowym, przy pozyskiwaniu rudy, ilość wytwarzanych odpadów w stosunku do surowca kształtuje się według danych [111] zamieszczonych na wykresie (rys. 68). Odpady są rozcieńczane i straty rudy mogą sięgać do 25%.

W ogólnym bilansie odpadów górniczych dominować będą odpady ze wzbogacania węgla. W kolejnych latach przewiduje się wzrost odzysku odpadów górniczych zdeponowanych na składowiskach w tym:

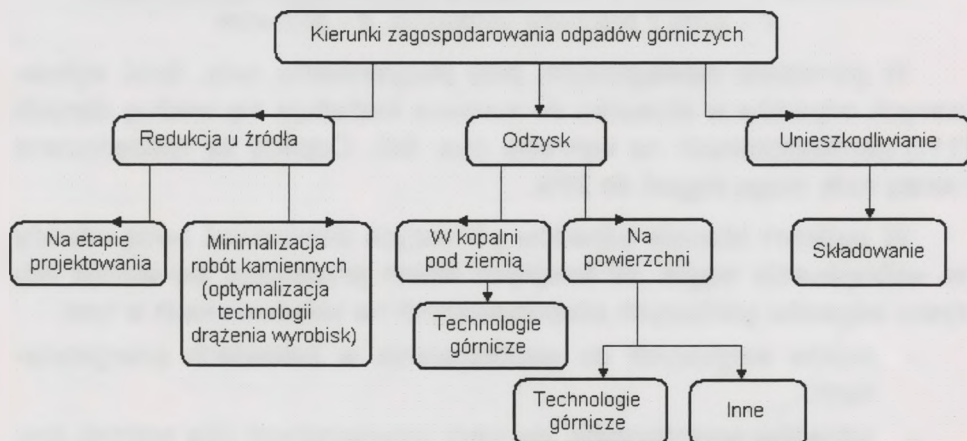
- mułów węglowych do współpalania w zakładach energetycznych,
- odpadów przerobczych, do robót inżynierskich (dla potrzeb drogownictwa).



Rys.68. Typowy stosunek rudy/odpadów podczas cyklu pozyskiwania [111]

Do podstawowych kierunków gospodarczego wykorzystania [71] odpadów z górnictwa węgla kamiennego należy (rys. 69):

- redukcja u „źródła” – na etapie projektowania oraz przez optymalizację technologii drążenia złożeń,
- odzysk – w kopalni pod ziemią i na powierzchni,
- unieszkodliwianie przez składowanie.



Rys.69. Kierunki zagospodarowania odpadów wydobywczych [90]

Główne metody odzysku odpadów z górnictwa węgla kamiennego to:

- niwelacja i rekultywacja terenów zdegradowanych działalnością wydobywczą,
- wykorzystanie jako podsadki lub jako materiału uszczelniającego,
- wykorzystanie w budownictwie inżynieryjnym.

Różnego rodzaju formy gospodarowania odpadami własnymi wydobywczymi oraz pochodzącymi z innych przedsiębiorstw, wykorzystywanymi w procesach technologicznych górnictwa bądź składowanymi w górotworze, mają istotne znaczenie gospodarcze [54].

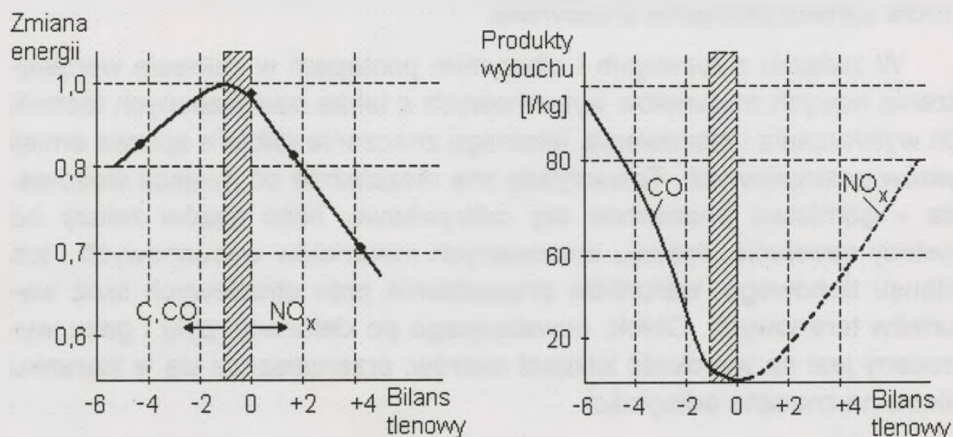
Emisja gazów towarzysząca procesom wydobywczym to kolejne źródła zanieczyszczenia środowiska.

W związku z rozwojem i olbrzymim postępowaniem w zakresie wprowadzenia nowych materiałów wybuchowych a także nowoczesnych technik ich wytwarzania i stosowania, istotnego znaczenia nabiera sprawa emisji gazów postrzałowych. Towarzyszą one niezależnie od miejsca stosowania – górnictwo podziemne czy odkrywkowe. Ilość gazów zależy od metody strzelania, rodzaju stosowanych materiałów wybuchowych i ich bilansu tlenowego, warunków prowadzenia prac strzałowych oraz warunków terenowych. Obłok, powstającego po detonacji, pyłu i gazu wyrzucany jest na wysokość kilkuset metrów; przemieszcza się w kierunku wiatru na znaczne odległości.

Z 1 kg MW wydziela się (w zależności od warunków strzelania) 0,043 – 0,254 kg pyłu; dwukrotny wzrost jednostkowego zużycia MW powoduje sześciokrotny wzrost pyłu [162]. Obłok zawiera pyły w ilości 600 – 5 000 mg/m³, które wyrzucane są na wysokość 150 – 250 m w ciągu 20 – 30 s. Po pewnym czasie (obłok porusza się) spadają na ziemię grubsze frakcje pyłu, a drobne przemieszczają się nawet na odległość 2 – 3 km od miejsca prowadzonych prac strzałowych. W zależności od występujących warunków atmosferycznych, produkty detonacji MW mogą zanieczyszczać okolice kopalni przez dłuższy czas.

Ocenia się, że emisja tlenków azotu (pochodzących z kopalni odkrywkowych w Polsce) może dochodzić do 875 000 kg/rok (w przeliczeniu na NO₂) w wyniku stosowania w 80% ANFO lub ANFO z dodatkiem TNT, w miejscu strzelania. Zła jakość komponentów oraz niestandardne wykonanie mieszaniny MW powodują przekroczenia ilości NO_x w gazach postrzałowych.

Prowadzona ocena „eksploatacyjna” [158] wpływu przygotowania i zastosowania MWE z dodatkiem odpadów pochodzących z paliw raketowych (MWE typu „EPA”) potwierdziła stabilność MWE (ze stosowanymi domieszkami) przy mechanicznym przygotowaniu i ładowaniu do otworów strzałowych z wykorzystaniem urządzeń mieszalniczo-załadowniczych UMS. Jak wykazały różne obserwacje zmiana stosunku między utleniaczem a składnikami palnymi, w wyniku błędów operatora, niestabilności w pracy urządzeń dozujących, prowadzi do zmiany MWE w bilansie tlenowym – odbiegającym od optymalnego. W tym przypadku pogarszają się właściwości energetyczne i wybuchowe MWE i wytwarzają się toksyczne produkty wybuchu (rys. 70).



Rys.70. Wpływ odchylenia parametru bilansu tlenowego na energetyczne wskaźniki MWE i zawartość toksycznych produktów wybuchu [160]

Podobnie MWE, których średnica krytyczna jest bliska średnicy otworu strzałowego, mogą prowadzić do przerywania detonacji i powstawania deflagracji, która także prowadzi do wytworzenia toksycznych produktów (niepełne utlenienie składników palnych) i obniżenia charakterystyk wybuchowych tego MW.

Stosowanie materiałów wybuchowych w przypadku prawidłowo prowadzonej techniki strzelniczej nie stanowi zagrożenia dla środowiska. Obowiązują ostre przepisy dotyczące dopuszczenia środków strzałowych do stosowania w górnictwie, które określają charakterystykę materiału wybuchowego pod względem:

- składu chemicznego,
- cech zewnętrznych,
- danych termodynamicznych,

oraz charakterystykę naboju, zakres stosowania i dopuszczalny okres składowania. Przepisy te nie określają dopuszczalnych zawartości innych gazów, które mogą powstawać w czasie wybuchu, gdyż zakłada się, że MW powinien mieć tak dobrany bilans tlenowy, że w czasie detonacji zachodzi całkowite i zupełne spalanie, a więc w produktach powinny pojawić się tylko związki występujące powszechnie w przyrodzie tj. H_2O , CO_2 i N_2 – nie będzie składników toksycznych.

W przepisach prawnych i wymaganiach na dopuszczenie MW do stosowania nie ustala się emisji innych składników toksycznych. Wspominano już, że materiały wybuchowe stosowane w górnictwie zawierają w swoim składzie dodatki metali, z których aluminium jest dość powszechne.

Aluminium jest zaliczane do czynników środowiskowych mogących mieć znaczenie w powstawaniu choroby Alzheimera [56, 82, 108]. Zasadnicze znaczenie dla zdrowia człowieka ma jego ilość, która może przedostać się do organizmu z pożywieniem i przy zażywaniu leków. Dzielne spożycie tego pierwiastka waha się w granicach 10 – 40 mg i jest absorbowane z układu pokarmowego w ilości mniejszej niż 1%. Stosunkowo nieduża jego część przechodzi przez barierę krew-mózg i wnika do mózgu. Zdolność mózgu do eliminacji aluminium jest mała, powodując tym samym jego akumulację w sposób wiekowo-zależny. Podwyższone stężenie Al stwierdzono w mózgu osób zmarłych na chorobę Alzheimera. Niektóre badania epidemiologiczne wskazują na zależność między stężeniem aluminium w wodzie pitnej i zapadalnością na chorobę Alzheimera [109]. Badania wykazały istnienie silnego związku tej choroby ze wzrostem przenikania do organizmu aluminium i jednoczesnym spadkiem spożycia magnezu i wapnia. Jak dotąd większość badań epidemiologicznych koncentruje się na narażeniu poprzez drogę pokarmową – picie wody. EPA zaleciła by poziom tzw. wtórnych maksymalnych zanieczyszczeń (SMCL) dla aluminium w wodzie pitnej wynosił 0,05 – 0,2 mg/l [3].

Tlenek aluminium – przekształcone aluminium (w procesach spalania, rozkładu detonacyjnego) do bardzo rozdrobnionej postaci, działa na organizm toksycznie. Uwalniane do atmosfery może tą drogą być wchłaniane przez organizm. Duża emisja Al_2O_3 emitowanego do atmosfery w czasie rozkładu detonacyjnego, jest trudna do zaakceptowania [17]. W związku z tym wydaje się słuszne poszukiwanie możliwości wyeliminowania tego dodatku energetycznego ze składu materiałów wybucho-

wych. W trosce o ochronę środowiska zakłady produkujące materiały wybuchowe są zobligowane do poszukiwania nowych, ekologicznych wyrobów a nabiera to szczególnego znaczenia przy stosowaniu MW w górnictwie odkrywkowym, gdzie jest bezpośrednia emisja produktów detonacji do atmosfery.

Ujednolicenie wymagań w sprawie emisji do atmosfery w przypadku prowadzenia działalności przemysłowej związanej ze stosowaniem MW i amunicji wprowadziły Australia i Nowa Zelandia ustalając Standardy Klasyfikacji Przemysłowej [5]. Ustalono obowiązek składania sprawozdań z emisji i transferu MW dla tych obiektów przemysłowych, które mają działalność powiązaną z Australia and New Zealand Standard Industrial Classification (ANZSIC). Przedsiębiorstwa górnicze powinny klasyfikować informacje o typie i ilości zdetonowanych materiałów wybuchowych.

Celem metody szacunkowej oceny emisji (Emission Estimation Technique – EET) jest pomoc w uzyskaniu, z zakładów przemysłowych i obiektów usługowych, raportów i transferu emisji wymienionych substancji do wykazu krajowego (National Pollutant Inventory – NPI). Opisane są procedury i zalecone podejście dla oszacowania tej emisji.

Ten sposób podejścia może w przyszłości ujednolicić sposób obliczania emisji – podobnie jak wprowadzenie systemu REACH uporządkowało produkcję substancji niebezpiecznych powyżej 1 tony, przez obowiązek zarejestrowania tego faktu w systemie. Powstanie systemu REACH było wyrazem pilnej konieczności opracowania jednolitego na obszarze całej Wspólnoty Europejskiej aktu prawnego, mającego na celu zminimalizowanie negatywnego oddziaływania na środowisko substancji niebezpiecznych [74, 75].

Ciekawym aspektem jest znaczenie używania materiałów wybuchowych w redukcji emisji gazów cieplarnianych [151].

Dane przedstawione w tabeli 30 uzmysławiają w jaki sposób wykorzystanie surowców energetycznych zmniejsza emisję ditlenku węgla nawet o 8 razy w porównaniu z wydobywaniem za pomocą urządzeń mechanicznych i do 40 razy w przypadku rozdrabniania.

Można uznać, że materiały wybuchowe są formą energii o niskim poziomie zanieczyszczeń, a ich stosowanie powinno być promowane. Emisja ditlenku węgla do atmosfery może być znacząco zredukowana jeżeli używane będą materiały wybuchowe w pracach wydobywczych;

ich stosowanie powinno być traktowane priorytetowo ze względów ekologicznych.

Redukcja emisji CO₂ przy stosowaniu MW w pracach wydobywczych [151]

Tabela 30

Rodzaj prac	kWh/Mg	\$/kWh	\$/Mg	kg CO ₂ /Mg
Prace strzałowe	0,43	0,38	0,16	0,20
Wydobycie mechaniczne	3,24	0,07	0,23	1,49
Rozdrabnianie	17,82	0,07	1,25	8,19

W przypadku prowadzenia prac wydobywczych z użyciem MW osiąga się niewielką emisję CO₂ w przeliczeniu na energię materiału wybuchowego.

Z nieprawidłowym załadunkiem otworów strzałowych (niewłaściwie prowadzona technika strzelnicza) związane jest zjawisko niekorzystnego oddziaływania na środowisko w postaci drgań sejsmicznych. Jeżeli w otworze strzałowym jest wolna przestrzeń, wyzwolona energia w czasie detonacji jest marnowana i przekształca się w drgania parasejsmiczne gruntu – energia wybuchu nie jest wykorzystywana do rozdrobnienia/kruszenia skały. Mówiąc najogólniej, kluczowym czynnikiem, który kontroluje ilość i rodzaj wibracji produkowanych MW jest przestrzeń zamknięta materiałów wybuchowych oraz odległość od otoczenia.

Drgania sejsmiczne (zwane parasejsmicznymi – przyczyną jest działalność ludzka, a nie źródła naturalne), mogą powodować:

- uszkodzenia budynków zlokalizowanych w otoczeniu kopalń,
- spękania górotworu,
- osiadanie podłoża,
- osuwiska oraz spełzywanie skarp i zboczy,
- wzajemne przesunięcia warstw skalnych lub ich rozwarstwienia,
- uaktywnienie uskoków tektonicznych,
- zmiany konsystencji skał luźnych (upłynnienie zawodnionych piaszków lub zagęszczenie nawodnionych stref gruntowych),
- zmianę warunków hydrogeologicznych wód podziemnych.

Na oddziaływanie drgań sejsmicznych wpływa też rodzaj stosowanych zapalników – gdy ładunek MW odpalany jest przy użyciu zapalników milisekundowych, promień strefy szkodliwych drgań sejsmicznych zwiększa się 1,5 razy. Metoda inicjowania MW zapalnikami nieelektrycz-

nymi podniosła stopień bezpieczeństwa wykonywania robót strzałowych. Energia przeznaczona do inicjacji MW wytwarzana jest przez falę uderzeniową o niskiej energii, która kierowana jest do przewodu sygnałowego (rurki plastikowej). Energia fali jest na tyle duża, że może zainicjować MW lub element opóźniający zapalnika, ale jednocześnie jest za mała do rozerwania przewodu (rurki) lub odpalenia znajdujących się w pobliżu materiałów wybuchowych. Ponadto wprowadzenie zapalników typu NONEL zmniejszyło czułość na prądy błądzące, elektryczność statyczną, fale elektromagnetyczne wysokiej częstotliwości emitowane przez nadajniki tych fal, wyładowania atmosferyczne oraz mały zakres opóźnień milisekundowych i ich małą dokładność. Dalszą poprawę bezpieczeństwa pracy a także zmniejszenie szkód w środowisku spowodowało wprowadzenie zapalników elektronicznych. Z uwagi na uzyskanie opóźnienia z dokładnością do 1 ms a nawet z czasem opóźnienia do 20 000 ms w znacznym stopniu ograniczona została strefa drgań generowanych robotami strzałowymi. Duża dokładność czasów opóźnień, umożliwia eliminację zjawiska nakładania się czasów detonacji ładunków MW w poszczególnych otworach strzałowych.

Jest to bardzo istotne przy dużym zużyciu materiałów wybuchowych, co ma miejsce w ostatnich latach. Pod koniec roku 2010 w Polsce funkcjonowało prawie 6 000 odkrywkowych zakładów górniczych. Środki strzałowe stosowane były w 159 zakładach górniczych tego typu, w których wydobyto ok. $95 \cdot 10^3$ Gg surowców skalnych. Do ich urobienia zużyto około 19 Gg materiałów wybuchowych, przy ogólnej ilości ponad 36 Gg MW zużytych we wszystkich rodzajach górnictwa. Mimo zwiększającego się zużycia materiałów wybuchowych nie zaobserwowano wzrostu liczby wypadków spowodowanych środkami strzałowymi. Na przestrzeni siedmiu lat (tabela 31) nie zanotowano [55] w górnictwie odkrywkowym ani jednego tzw. wypadku strzałowego.

Jedyny wypadek, który miał miejsce w roku 2010 związany był z detonacją niewypału.

Poprawa bezpieczeństwa jest wynikiem ograniczonego dostępu pracowników do MW a także mniejsza jest liczba osób będących w zasięgu oddziaływania robót strzałowych. Wspecjalizowane firmy, które zajmują się kompleksową obsługą zakładów górniczych spowodowały, że środki strzałowe dostarczane są do wyrobiska bezpośrednio przed wykonywaniem robót strzałowych lub produkowane są w otworach krótko przed ich odpaleniem – ogranicza to dostęp osób postronnych do

materiałów wybuchowych. Nie ma też konieczności magazynowania materiałów wybuchowych na terenie zakładu górniczego. Ryzyko związane z transportem tych niebezpiecznych substancji zmalało – dostarcza się przeważnie komponenty do wytwarzania MW, które nie są substancjami wybuchowymi.

**Zestawienie liczby wypadków strzałowych
w odkrywkowych zakładach górniczych [55]**

Tabela 31

Lata	Ilość zużytych MW, mln kg	Liczba wypadków	Liczba poszkodowanych	Liczba wypadków śmiertelnych
1993	6,8	2	2	1
1994	7,2	1	2	1
1996	8,2	1	1	–
1998	7,9	1	1	–
1999	9,1	1	2	1
2000	10,0	–	–	–
2001	8,8	1	3	1
2002	8,2	–	–	–
2003	9,8	–	–	–
2004	10,0	–	–	–
2005	11,3	–	–	–
2006	11,9	–	–	–
2007	16,0	–	–	–
2008	16,5	–	–	–
2009	18,0	–	–	–
2010	19,1	1	1	–

Podsumowaniem wytwarzania, stosowania, magazynowania oraz transportu materiałów wybuchowych w aspekcie ochrony człowieka i środowiska pracy jest „Karta charakterystyki” – paszport bezpieczeństwa materiału wybuchowego. Sporządza się ją, podobnie jak:

- dane techniczne i parametry MW – zawierają informacje o przydatności MW do stosowania w szczególnych warunkach (rodzaj zakładu górniczego, zagrożenie wybuchem pyłu węglowego lub metanu), informacje o dopuszczalnym okresie magazynowania, sposobie przechowywania, o niszczeniu, inicjowaniu, warunkach ładowania, przydatności w warunkach wilgoci, przydatności do użycia w wyso-

kiej i niskiej temperaturze; zawierają też charakterystykę właściwości fizykochemicznych i termodynamicznych,

- deklarację zgodności – potwierdzenie przez Główny Instytut Górnictwa spełnienia wymagań bezpieczeństwa zgodnie z Dyrektywą Rady 93/15/EEC z dnia 5. 04. 1993 r. wprowadzoną do stosowania Ustawą z dnia 21 czerwca 2002 r.; wydawana jest dla konkretnego materiału wybuchowego,
- instrukcję bezpiecznego użytkowania – zawiera informacje i zalecenia służące zapewnieniu bezpiecznego postępowania użytkowników danego MW; zidentyfikowane są zagrożenia (wybuchem, pożarowe, toksykologiczne) i podane zalecenia szczegółowe,
- ID – świadectwo nadania numeru identyfikacyjnego MW przeznaczonego do użytku cywilnego (zawiera nazwę i rodzaj MW); świadectwo wystawia Prezes Wyższego Urzędu Górniczego,
- kartę przekazania odpadu.

Przykład karty charakterystyki, w której szczegółowo określone są:

- identyfikacja preparatu/identyfikacja przedsiębiorstwa,
- identyfikacja zagrożeń,
- skład i informacja o składnikach,
- pierwsza pomoc,
- postępowanie w przypadku pożaru,
- postępowanie w przypadku niezamierzonego uwolnienia do środowiska,
- postępowanie z preparatem i magazynowanie,
- kontrola narażania i środki ochrony indywidualnej,
- właściwości fizyczne i chemiczne,
- stabilność i reaktywność,
- informacje toksykologiczne,
- postępowanie z odpadami,
- informacje o transporcie,
- informacje dotyczące uregulowań prawnych, i inne

zamieszczono [80], dla MWE, poniżej.

KARTA CHARAKTERYSTYKI MATERIAŁY WYBUCHOWE EMULSYJNE



43-150 Bieruń
ul. Chemików 133
tel.: (0-32) 21 60 101
fax: (0-32) 21-60-379
e-mail: nitroerg@nitroerg.pl

Wydanie 2	
Data wydania 11 II 2008	
Data aktualizacji 7 VIII 2009	
Strona: 1	Egz. nr
Stron: 12	

1 IDENTYFIKACJA PREPARATU / IDENTYFIKACJA PRZEDSIĘBIORSTWA

1.1 Nazwa produktu:

MATERIAŁY WYBUCHOWE EMULSYJNE (EMULINITY)

występujące pod następującymi nazwami handlowymi: EMULINIT 2, EMULINIT 4, EMULINIT 5, EMULINIT 7L, EMULINIT 8M, EMULINIT PM

w nabojach w otoczkach foliowych i luzem.

1.2 Zastosowanie preparatu

Emulinity są używane w górnictwie podziemnym i odkrywkowym jako materiały wybuchowe skalne w warunkach, gdzie nie ma zagrożenia wybuchem metanu i pyłu węglowego.

Emulinit 5 i Emulinit 7L są używane w górnictwie podziemnym niewęglowym.

Emulinit 8M może być stosowany do mechanicznego załadunku.

Emulinit PM jest używany w górnictwie podziemnym i odkrywkowym jako materiał wybuchowy metanowy specjalny.

Zabrania się stosowania emulinitów oprócz Emulinitu PM w warunkach zagrożenia wybuchem mieszanin pyłu węglowego z powietrzem i mieszanin metanu z powietrzem.

1.3 Producent:

NITROERG S.A.
43-150 Bieruń
ul. Chemików 133

Lokalizacja produkcji:

43-150 Bieruń, ul. Chemików 133

1.4 Telefon alarmowy:

032/21-60-183 (czynny całą dobę)

2 IDENTYFIKACJA ZAGROŻEŃ

2.1 Klasyfikacja

E ; R 2

X_m ; R 22 36/37/38

2.2 Zagrożenie wybuchem

E Preparat wybuchowy R 2

Występuje zagrożenie wybuchem wskutek uderzenia, tarcia, oddziaływania ognia i innych czynników energetycznych. Rozkład materiału wybuchowego następuje w temperaturze

KARTA CHARAKTERYSTYKI MATERIAŁY WYBUCHOWE EMULSYJNE			
 NITROERG	43-150 Bieruń ul. Chemików 133 tel.: (0-32) 21 60 101 fax: (0-32) 21-60-379 e-mail: nitroerg@nitroerg.pl		Wydanie 1
			Strona: 2 Stron: 11 Egz. nr

powyżej 180 °C. Podczas ogrzewania i spalania wydzielają się silnie toksyczne tlenki azotu i inne gazy.

2.3 Zagrożenie toksykologiczne

X_n Preparat szkodliwy R 22 36/37/38

Działa szkodliwie po połknięciu oraz drażniąco na oczy, drogi oddechowe i skórę.

Pozostałe zagrożenia

2.4 Zagrożenie pożarowe

Preparat jest trudnoopalny. Spalanie małych ilości w zanikniętej przestrzeni lub spalanie dużych ilości przechodzi w detonację. Zagrożenie pożarem występuje także jako efekt wtórny wybuchu.

2.5 Zagrożenie ekotoksykologiczne

Podstawowe substancje wchodzące w skład w/w preparatów są łatwo rozpuszczalne w wodzie i w rozpuszczonej postaci mogą być przyswajalne przez rośliny. Nadmierna ilość tych substancji w zbiornikach wodnych może być przyczyną eutrofizacji.

Następstwem eutrofizacji jest wzmożony rozwój roślin w szczególności glonów i oraz zachwianie równowagi tlenowej zbiornika, zwłaszcza w obszarach przydennych, gdzie opadające obumarłe organizmy ulegają rozkładowi. Może to nawet spowodować zupełny zanik tlenu w warstwach dennych zbiornika i rozpoczęcie procesów beztlenowych z wydzielaniem siarkowodoru, metanu i innych trujących substancji.

3 SKŁAD I INFORMACJA O SKŁADNIKACH

3.1 Azotan (V) amonu 60 ÷ 80 %

Klasyfikacja substancji:

O ; R 8

Numer CAS: 6484-52-2

Numer EINECS: 229-347-8

Numer rejestracji EChA: 05-2114319495-46-0000

Podmiot rejestrujący: Zakłady Azotowe Puławy S.A.

3.2 Azotan (V) sodu 7 ÷ 25 %

Klasyfikacja substancji:

O ; R 8

X_n ; R 22

R 36/37/38

Numer CAS: 7631-99-4

Numer EINECS: 231-554-3

Numer rejestracji EChA: 05-211418315-59-0000

Podmiot rejestrujący: Zakłady Azotowe Kędzierzyn S.A.

KARTA CHARAKTERYSTYKI MATERIAŁY WYBUCHOWE EMULSYJNE



43-150 Bieruń
ul. Chemików 133
tel.: (0-32) 21 60 101
fax: (0-32) 21-60-379
e-mail: nitroerg@nitroerg.pl

Wydanie 2

Strona: 3

Stron: 11

Egz. nr

3.3 Azotan (V) wapnia ok. 20 % (występuje tylko w preparacie o nazwie Emulinit 7L)

Klasyfikacja substancji:

O : R 8

X_i : R 36

Numer CAS: 13477-34-4

Numer EINECS: 233-332-1

3.4 Związki chemicznie gazyfikujące (Uczulacz) max. 0,07 % (występuje tylko w preparacie o nazwie Emulinit 7L)

Klasyfikacja substancji:

O : R 8

T : R 25

N : R 50

Numer CAS: 7632-00-0

Numer EINECS: 231-555-9

Numer rejestracji ECHA: 05-2114118316-57-0000

Podmiot rejestrujący: Zakłady Azotowe Kędzierzyn S.A.

3.5 Aluminium 2,4+5,0 % (występuje tylko w preparatach o nazwie Emulinit 2 i Emulinit 8M)

Klasyfikacja substancji:

F : R 10

R 15

Numer CAS: –

Numer EINECS: 231-072-3

Pozostałe składniki preparatu nie są klasyfikowane jako niebezpieczne

Numer indeksowy dla preparatu - nie ustalono

Numer CAS dla preparatu - nie ustalono

Numer EINECS dla preparatu - nie ustalono

4 PIERWSZA POMOC

Przy zatruciu inhalacyjnym: Wezwać lekarza. Wyprowadzić zatrutego z miejsca narażenia. Zapewnić spokój w dowolnej pozycji. Zagrożenie stanowią także gazowe produkty spalania lub wybuchowego rozkładu preparatu. W przypadku zatrucia gazami postrzałowymi wyprowadzić zatrutego z miejsca narażenia i wezwać lekarza.

Przy skażeniu skóry: w razie kontaktu preparatu ze skórą, umyć skórę dużą ilością bieżącej wody z mydłem. W razie wystąpienia zmian na skórze, lub pogorszenia samopoczucia, udać się do lekarza.

KARTA CHARAKTERYSTYKI MATERIAŁY WYBUCHOWE EMULSYJNE		
 NITROERG	43-150 Bieruń ul Chemików 133 tel.: (0-32) 21 60 101 fax: (0-32) 21-60-379 e-mail: nitroerg@nitroerg.pl	Wydanie 2
		Strona: 4 Stron : 11 Egz nr

Przy skażeniu oczu: Wezwać lekarza. Płukać, dużą ilością wody, najlepiej bieżącej przez kilkanaście minut (uniknąć silnego strumienia wody ze względu na ryzyko mechanicznego uszkodzenia oka).

Przy zatruciu drogą pokarmową: Wezwać lekarza. Natychmiast po połknięciu poszkodowanemu podać do picia dużo wody a także, w miarę możliwości węgiel leczniczy i starać się wywołać wymioty.

5 POSTĘPOWANIE W PRZYPADKU POŻARU

Preparat do palenia się nie potrzebuje tlenu atmosferycznego dlatego efektywność środków gaśniczych jest niewielka i może się ograniczać jedynie do obniżenia temperatury i rozpuszczenia utleniaczy.

Zaalarmować otoczenie o zagrożeniu wybuchem.

Jeśli preparat bierze udział w pożarze, nie podejmować prób gaszenia, zarządzić natychmiastową ewakuację wszystkich osób znajdujących się w pobliżu.

Jeśli preparat nie bierze bezpośredniego udziału w pożarze, gasić pożar przy pomocy środków i metod dostosowanych do pożaru, zapobiegać przerzucaniu się ognia na preparat.

Wezwać Straż Pożarną i Policję.

Środki gaśnicze: woda z bezpiecznej odległości, dwutlenek węgla, proszki gaśnicze, piany odporne na alkohol. Nie wolno stosować wody w sąsiedztwie instalacji elektrycznych.

Specjalne wyposażenie ochronne podczas akcji ratunkowej: nałożyć odzież ochronną gazoszczelną z aparatem izolującym drogi oddechowe.

Uwaga: produkty spalania i rozkładu są toksyczne

Telefon alarmowy: 112

Straż pożarna: 998

Policja: 997

Pogotowie ratunkowe: 999

6 POSTĘPOWANIE W PRZYPADKU NIEZAMIERZONEGO UWOLNIENIA DO ŚRODOWISKA

Zawiadomić otoczenie o zagrożeniu. Zabezpieczyć preparat i miejsce rozsypania przed osobami postronnymi. Usunąć źródła zapłonu (ugasić otwarty ogień, ogłosić zakaz palenia). Unikać wdychania oparów. W przypadku poważnej awarii lub zagrożenia wezwać Straż Pożarną i Policję. W przypadku uszkodzenia opakowań ostrożnie zebrać rozsypany produkt (nie dopuszczając do iskrzenia) i umieścić w szczelnym opakowaniu (np. worek PE). Podczas

KARTA CHARAKTERYSTYKI MATERIAŁY WYBUCHOWE EMULSYJNE

 NITROERG	43-150 Bieruń ul. Chemików 133 tel.: (0-32) 21 60 101 fax: (0-32) 21-60-379 e-mail: nitroerg@nitroerg.pl		Wydanie 2
			Strona: 5 Stron: 11 Egz. nr

zbierania preparatu stosować rękawice ochronne. Nie dopuścić do przedostania się preparatu do kanalizacji i wód powierzchniowych. Odpady preparatu niszczyć według punktu 13.

7 POSTĘPOWANIE Z PREPARATEM I MAGAZYNOWANIE

7.1 Postępowanie z preparatem: Podczas stosowania zachować środki ostrożności: nie jeść, nie pić, unikać kontaktu z preparatem, unikać wdychania par, przestrzegać higieny osobistej, pracować w wentylowanych pomieszczeniach, nie używać iskrzących narzędzi, unikać działania na preparat otwartego ognia, wysokiej temperatury i uderzeń. Chronić przed oddziaływaniem czynników atmosferycznych (bezpośredniego działania promieni słonecznych, opadów itp.)

7.2 Magazynowanie: W magazynach odpowiadających przepisom dla materiałów wybuchowych. Temperatura magazynowania powinna wynosić:

dla Emulinitu 2	od 10 do 30 °C
dla Emulinitu 4	od 10 do 30 °C
dla Emulinitu 5	od 10 do 30 °C
dla Emulinitu 7L	nie podlega magazynowaniu
dla Emulinitu 8M	od 10 do 30 °C
dla Emulinitu PM	od 10 do 30 °C

7.3 Wspólne magazynowanie: Wyłącznie z materiałami klasy 1, grupy zgodności C, D, E, G i S wg przepisów ADR. Ilości preparatu w magazynach są ściśle regulowane przepisami.

8 KONTROLA NARAŻENIA I ŚRODKI OCHRONY INDYWIDUALNEJ

8.1 Rodzaje narażenia – normatywy higieniczne

dla glinki metalicznego (proszku stabilizowanego)

pył całkowity	NDS	2,5 mg/m ³
pył respirabilny	NDS	1,1 mg/m ³

dla azotanów

pył całkowity	NDS	10,0 mg/m ³
---------------	-----	------------------------

8.2 Wymagania dotyczące środków ochrony indywidualnej

Podczas pracy z zaelaborowanymi materiałami wybuchowymi stosowanie środków ochrony osobistej zgodne z obowiązującymi przepisami.

8.3 Metody oceny narażenia w środowisku pracy

PN-Z-04008-07:2002. PN-Z-04008-07:2002/Az1:2004 Ochrona czystości powietrza. Pobieranie próbek. Zasady pobierania próbek powietrza w środowisku pracy i interpretacji wyników.

KARTA CHARAKTERYSTYKI MATERIAŁY WYBUCHOWE EMULSYJNE

	43-150 Bieruń ul Chemików 133 tel.: (0-32) 21 60 101 fax: (0-32) 21-60-379 e-mail: nitroerg@nitroerg.pl	Wydanie 2	
		Strona: 6 Stron.: 11	Egz nr

PN-Z-04030-05:1991 Ochrona czystości powietrza. Badanie zawartości pyłu. Oznaczanie pyłu całkowitego na stanowiskach pracy metodą filtracyjno-wagową.

PN-Z-04030-06:1991 Ochrona czystości powietrza. Badanie zawartości pyłu. Oznaczanie pyłu respirabilnego na stanowiskach pracy metodą filtracyjno-wagową.

9 WŁAŚCIWOŚCI FIZYCZNE I CHEMICZNE

Stan skupienia w temperaturze 20°C

Wygląd zewnętrzny

Barwa

Zapach

Temperatura rozkładu

Wrażliwość na uderzenie

ciało stałe plastyczne

jednorodna, plastyczna mieszanina, w nabojach w otoczkach foliowych lub luzem

biała lub lekko różowa do szarej

bez zapachu

powyżej 180 °C

brak reakcji do co najmniej 5 J

brak reakcji do co najmniej 30 J (tylko

w przypadku Emulinitu 8M)

Wrażliwość na tarcie

brak reakcji do co najmniej 200 N

Rozpuszczalność w wodzie w 20°C

następuje wyekstrahowanie substancji rozpuszczalnych

Współczynniki wrażliwości:

	Współcz. wrażliwości mechanicznej	Współcz. wrażliwości termicznej	WSPÓŁCZYNNIK WRAŻLIWOŚCI
	R_m	R_t	R_w
Emulinit 2	6.32	6.67	6.49
Emulinit 4	4.90	3.33	4.04
Emulinit 5	7.74	6.30	6.98
Emulinit 7L	—	—	—
Emulinit 8M	10.00	6.58	8.11
Emulinit PM	10.00	5.37	7.33

10 STABILNOŚĆ I REAKTYWNOŚĆ

W temperaturze otoczenia preparat jest stabilny. Preparat wrażliwy na bodźce mechaniczne, termiczne i elektryczne. Unikać kontaktu z otwartym ogniem, wysoką temperaturą, elektrycznością statyczną. Unikać uderzenia, tarcia i innych czynników niosących energię.

Produkty wybuchu: woda, tlenki azotu, tlenki węgla, azot, wodór.

Produkty spalania: woda, tlenki azotu, tlenki węgla, azot.

KARTA CHARAKTERYSTYKI MATERIAŁY WYBUCHOWE EMULSYJNE

	43-150 Bieruń ul. Chemiczków 133 tel.: (0-32) 21 60 101 fax: (0-32) 21-60-379 e-mail: nitroerg@nitroerg.pl	Wydanie 2	
		Strona: 7 Stron.: 11	Egz. nr

11 INFORMACJE TOKSYKOLOGICZNE

Preparat może powodować podrażnienie oczu, dróg oddechowych i skóry. W kontakcie ze skórą może wykazywać działanie alergiczne. Wszystkie składniki preparatu są ze sobą silnie powiązane i stabilizowane środkiem emulgującym i nie są toksyczne. Działają szkodliwie w kontakcie ze skórą i po połknięciu. W warunkach zgodnych z przeznaczeniem nie stanowią zagrożenia dla zdrowia.

Drogi wchłaniania: przez skórę, błony śluzowe, układ oddechowy, przewód pokarmowy.

12 INFORMACJE EKOLOGICZNE

Zawarty w preparacie azotan amonu jest dobrze rozpuszczalny w wodzie - występuje zagrożenie skażenia gleby i wód powierzchniowych. Azotan amonu jest dobrze przyswajalny przez środowisko, po niedługim czasie następuje jego wykorzystanie przez rośliny.

Dopuszczalne zanieczyszczenie powietrza atmosferycznego - nie ustalone.

Dopuszczalne zanieczyszczenie śródlądowych wód powierzchniowych - nie ustalone.

Stężenie toksyczne dla wodnych organizmów zwierzęcych i roślinnych dla preparatu - nie ustalone.

13 POSTĘPOWANIE Z ODPADAMI

Odpady materiałów wybuchowych emulsyjnych, klasyfikowane są jako odpady o nazwie „Inne materiały wybuchowe” o kodzie 16 04 03* i należy je unieszkodliwiać przez detonację.

Odpady opakowań zanieczyszczone materiałami wybuchowymi są klasyfikowane jako „Opakowania zawierające pozostałości substancji niebezpiecznych lub nimi zanieczyszczone” o kodzie 15 01 10* i należy je unieszkodliwiać poprzez termiczne przekształcenie na wolnym powietrzu zgodnie z Ustawą o odpadach.

Unieszkodliwianie odpadów może być prowadzone wyłącznie przez uprawniony podmiot.

NITROERG S.A. przyjmuje do unieszkodliwiania odpady materiałów wybuchowych i opakowania zanieczyszczone materiałami wybuchowymi, które wprowadza na rynek.

14 INFORMACJE O TRANSPORCIE

Opakowanie materiałów wybuchowych emulsyjnych i jego oznakowanie podlega przepisom RID/ADR/IMDG. Oznakowanie na opakowaniu preparatu musi zawierać co najmniej: nazwę przewozową w języku polskim, oraz jeżeli preparat jest transportowany poza granicami Polski, w języku angielskim, niemieckim lub francuskim i numer rozpoznawczy materiału poprzedzony literami UN. Na każdym opakowaniu musi być umieszczona nalepka ostrzegawcza oraz nazwa handlowa materiału wybuchowego.

Materiały wybuchowe emulsyjne są preparatami niebezpiecznymi o klasyfikacji RID/ADR/IMDG:

KARTA CHARAKTERYSTYKI MATERIAŁY WYBUCHOWE EMULSYJNE

 NITROERG	43-150 Bieruń ul Chemików 133 tel.: (0-32) 21 60 101 fax: (0-32) 21-60-379 e-mail: nitroerg@nitroerg.pl	Wydanie 2	
		Strona: 8 Stron : 11	Egz nr

Numer rozpoznawczy materiału: UN 0241
Prawidłowa nazwa przewoźowa: MATERIAŁ WYBUCHOWY, KRUSZĄCY, TYP E
angielska EXPLOSIVE, BLASTING, TYPE E
niemiecka SPRENGSTOFF, TYP E
francuska EXPLOSIF DE MINE DU TYPE E

Klasa: 1
Kod klasyfikacyjny: 1.1 D

Kategorycznie zabrania się przewożenia w jednym pojeździe materiałów wybuchowych emulsyjnych wspólnie z innymi materiałami niebezpiecznymi za wyjątkiem materiałów niebezpiecznych klasy 1 grupy zgodności C.D.E.G i S. Opakowania transportowe muszą być oznakowane zgodnie z przepisami RID/ADR. Środki transportu, kontenery oraz ich oznakowanie muszą być zgodnie z przepisami RID/ADR/TMDG.

Tablica barwy pomarańczowej:

Nalepka ostrzegawcza:



Oznakowanie pojazdów

Oznakowanie pojazdów i opakowań

15 INFORMACJE DOTYCZĄCE UREGULOWAŃ PRAWNYCH

Nabywanie i przechowywanie materiału wybuchowego wymaga uzyskania stosownego pozwolenia zgodnie z Ustawą o materiałach wybuchowych przeznaczonych do użytku cywilnego lub Ustawą o wykonywaniu działalności gospodarczej w zakresie wytwarzania i obrotu materiałami wybuchowymi, bronią, amunicją oraz wyrobami i technologią o przeznaczeniu wojskowym lub policyjnym.

Przepisy Prawa:

- Ustawa z dnia 11 stycznia 2001 r. o substancjach i preparatach chemicznych (Dz.U.01.11.84 z późniejszymi zmianami).
- Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001r. o odpadach (Dz.U. 07.39.251) oraz rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 27 września 2001r. w sprawie katalogu odpadów (Dz.U. 01.112.1206).
- Ustawa z dnia 21 czerwca 2002 o materiałach wybuchowych przeznaczonych do użytku

KARTA CHARAKTERYSTYKI MATERIAŁY WYBUCHOWE EMULSYJNE		
 NITROERG	43-150 Bieruń ul. Chemików 133 tel.: (0-32) 21 60 101 fax: (0-32) 21-60-379 e-mail: nitroerg@nitroerg.pl	Wydanie 2
		Strona: 9 Stron : 11 Egz. nr

cywilnego (Dz. U. 02.117.1007).

- Ustawa z dnia 11 maja 2001 r. o opakowaniach i odpadach opakowaniowych (Dz.U.01.63.638 z późniejszymi zmianami).
- Ustawa z dnia 22 czerwca 2001 r. o wykonywaniu działalności gospodarczej w zakresie wytwarzania i obrotu materiałami wybuchowymi, bronią, amunicją oraz wyrobami i technologią o przeznaczeniu wojskowym lub policyjnym (Dz.U. 01.67.679).
- Ustawa z dnia 28 października 2002 r. o przewozie drogowym towarów niebezpiecznych (Dz. U. 02.199.1671).
- Rozporządzenie (WE) nr 1907/2006 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 18 grudnia 2006 w sprawie rejestracji, oceny, udzielania zezwoleń i stosowanych ograniczeń w zakresie chemikaliów (REACH), utworzenia Europejskiej Agencji Chemikaliów, zmieniające dyrektywę 1999/45/WE oraz uchylające rozporządzenie Rady (EWG) nr 793/93 i rozporządzenie Komisji (WE) nr 1488/94, jak również dyrektywę Rady 76/769/EWG i dyrektywy Komisji 91/155/EWG, 93/67/EWG, 93/105/WE i 2000/21/WE.
- Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 17 czerwca 2002 w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w odkrywkowych zakładach górnictwa wydobywających kopaliny podstawowe (Dz. U. 02.96.858 z późniejszymi zmianami).
- Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 28 czerwca 2002 w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w odkrywkowych zakładach górnictwa wydobywających kopaliny otworami wiertniczymi (Dz. U. 02.109.961 z późniejszymi zmianami).
- Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 28 października 2002r w sprawie pomieszczeń magazynowych i obiektów do przechowywania materiałów wybuchowych, broni, amunicji oraz wyrobów o przeznaczeniu wojskowym i policyjnym. (Dz.U.02.190.1589).
- Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 29 listopada 2002 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy (Dz.U.02.217.1833 z późniejszymi zmianami).
- Rozporządzenie Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 9 lipca 2003r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy produkcji, transporcie wewnątrzzakładowym oraz obrotie materiałów wybuchowych, w tym wyrobów pirotechnicznych (Dz.U.03.163.1577).
- Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 2 września 2003 r. w sprawie kryteriów i sposobu klasyfikacji substancji i preparatów chemicznych (Dz.U.03.171.1666 z późniejszymi zmianami).

KARTA CHARAKTERYSTYKI MATERIAŁY WYBUCHOWE EMULSYJNE

	43-150 Bieruń ul. Chemiczków 133 tel.: (0-32) 21 60 101 fax: (0-32) 21-60-379 e-mail: nitroerg@nitroerg.pl	Wydanie 2	
		Strona: 10 Stron: 11	Egz. nr

- Rozporządzenia Ministra Zdrowia z 5 marca 2009 r. w sprawie oznakowania opakowań substancji niebezpiecznych i preparatów niebezpiecznych oraz niektórych preparatów chemicznych (Dz.U.09.53.439).
- Rozporządzenie Ministra Gospodarki i Pracy z dnia 5 lipca 2004 w sprawie ograniczeń, zakazów lub warunków produkcji obrony lub stosowania substancji niebezpiecznych i preparatów niebezpiecznych oraz zawierających je produktów (DZ. U. 04. 168.1762 z późniejszymi zmianami).
- Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 28 września 2005 r. w sprawie wykazu substancji niebezpiecznych wraz z ich klasyfikacją i oznakowaniem (Dz.U.05.201.1674).
- Umowa europejska dotycząca międzynarodowego przewozu drogowego towarów niebezpiecznych (ADR).

Klasyfikacja preparatu :

E Produkt wybuchowy

X_n Produkt szkodliwy

Uwaga: zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Zdrowia z 5 marca 2009 w sprawie oznakowania opakowań substancji niebezpiecznych i preparatów niebezpiecznych oraz niektórych preparatów chemicznych opakowań z materiałem wybuchowym nie znakuje się zgodnie z tym rozporządzeniem a jedynie zgodnie z przepisami ADR.

Określenia zagrożenia (R):

R2 - zagrożenie wybuchem wskutek uderzenia, tarcia, kontaktu z ogniem lub innymi źródłami zapłonu

R22 - działa szkodliwie po połknięciu

R36/37/38 - działa drażniąco na drogi oddechowe i skórę

Określenia dotyczące prawidłowego postępowania (S):

S1 - przechowywać pod zamknięciem

S20/21 - nie jeść i nie pić oraz nie palić tytoniu podczas stosowania produktu

S35 - usuwać produkt i jego opakowanie w sposób bezpieczny

S36 - nosić odpowiednią odzież ochronną

S41 - nie wdychać dymów powstałych w wyniku pożaru lub wybuchu

S45 - w przypadku awarii lub jeśli źle się poczujesz niezwłocznie zasięgnij porady lekarza - jeśli to możliwe pokaż etykietę

Ocena Bezpieczeństwa Chemicznego dla preparatu i jego składników nie została przeprowadzona.

KARTA CHARAKTERYSTYKI MATERIAŁY WYBUCHOWE EMULSYJNE



43-150 Bieruń
ul. Chemików 133
tel.: (0-32) 21 60 101
fax: (0-32) 21-60-379
e-mail: nitroerg@nitroerg.pl

Wydanie 2

Strona: 11

Stron : 11

Egz nr

16 INNE INFORMACJE

Niniejszą Kartę charakterystyki opracowano na podstawie następujących danych źródłowych:

1. Karta charakterystyki i danych technicznych bezpieczeństwa dla saletry amonowej opracowana przez Zakłady Azotowe „Puławy” S.A.
2. Karta charakterystyki (Arkusze danych bezpieczeństwa) dla azotanu sodu opracowana przez Zakłady Azotowe „Kędzierzyn” S.A.
3. Karta charakterystyki (Arkusze danych bezpieczeństwa) dla azotynu sodu opracowana przez Zakłady Azotowe „Kędzierzyn” S.A.
4. Karta charakterystyki dla aluminium granulowanego opracowana przez HOESCH GRANULES GMBH

Wyjaśnienie określeń zagrożenia R stosowanych przy klasyfikacji surowców:

- | | |
|-----------|---|
| R8 | - kontakt z materiałami zapalnymi może spowodować pożar |
| R10 | - produkt łatwopalny |
| R15 | - w kontakcie z wodą uwalnia skrajnie łatwopalne gazy |
| R22 | - działa szkodliwie po połknięciu |
| R25 | - działa toksycznie po połknięciu |
| R36 | - działa drażniąco na oczy |
| R36/37/38 | - działa drażniąco na oczy, drogi oddechowe i skórę |
| R50 | - działa bardzo toksycznie na organizmy wodne |

Informacje oraz dane zawarte w niniejszej Karcie Charakterystyki zostały określone na podstawie powyższych dokumentów oraz naszych wiadomości o produkcji i praktyki. Dane opisują produkt ze względu na bezpieczeństwo i nie mogą być uznawane za wartości gwarantowane. Użytkownik jest odpowiedzialny za stworzenie warunków bezpiecznego magazynowania i stosowania materiału wybuchowego. Podczas sporządzania Karty Charakterystyki brano pod uwagę wyłącznie przewidywane zastosowania. Użytkownik bierze na siebie pełną odpowiedzialność za skutki niewłaściwego obchodzenia się z preparatem, jak też za stosowanie preparatu niezgodnie z jego przeznaczeniem.

10. Podsumowanie

Olbrzymi postęp w zakresie sprzętu oraz technologii opracowanych na potrzeby produkcji i stosowania materiałów wybuchowych w górnictwie ma na celu zapewnienie bezpiecznej pracy oraz brak negatywnego wpływu na środowisko. Zarządzanie zakładem górniczym zostało prawie do perfekcji opanowane przez nowoczesne systemy elektroniczne. W dążeniu do wyeliminowania człowieka z miejsc najbardziej uciążliwych i niebezpiecznych wdrażane są systemy zdalnego sterowania pracą a nawet rozpowszechnia się tzw. sztuczną inteligencję. Maszyny oraz sprzęt obsługiwany dotychczas przez pracownika zostaje zastąpiony sterowanym z powierzchni systemem informatycznym. W związku z tym można sądzić, że stan środowiska związany z procesami wydobywczymi uległ poprawie. Istotnie – wymusiły to oprócz postępu, przepisy prawne. W trosce o środowisko naturalne wprowadzono wymagania prawidłowego postępowania z odpadami, które są nieodłącznym elementem każdej działalności człowieka. Rekultywacja terenów zdegradowanych stała się już faktem i zmienia pozytywnie otoczenie kopalni.

Przemysł górniczy, jako wiodący w naszym kraju, jest uznawany za najbardziej rozwinięty – węgiel jest nadal podstawowym nośnikiem energii. Eksploatacja węgla i innych surowców na przestrzeni lat stwarzała problemy środowiskowe. Obecnie, mimo wielu działań podejmowanych na rzecz środowiska, jego degradacja ma nadal miejsce. Zmienił się jedynie sposób gospodarowania otoczeniem kopalni. Przepisy wymusiły prowadzenie właściwej gospodarki odpadami – zagospodarowanie na miejscu, albo przekazanie odpowiednim firmom. Dzięki wprowadzeniu niektórych rozporządzeń i aktów prawnych nie ma już bezimiennych odpadów – każdemu rodzajowi przypisuje się kod sześciocyfrowy i ustala sposób postępowania. Również uregulowano sprawę zaszłości i z wielu miejsc zniknęły hałdy, które przez lata stanowiły problem nie tylko krajobrazowy, ale ze względu na skład (zawierały odpady niebezpieczne – również pierwiastki promieniotwórcze), były przyczyną negatywnego oddziaływania na środowisko. Stan środowiska pogarszało skażenie rzek jako efekt zrzutu ścieków – zasolonych wód kopalnianych. Zanieczyszczenie wody przez taką działalność doprowadziło, w wielu przypadkach, do pogorszenia stanu rzek i jezior w obrębie zakładów wydobywczych. Życie biologiczne uległo często całkowitemu zniszczeniu. Osiadanie terenu związane z niewłaściwą eksploatacją

węgla (wydobywanie pod terenami zamieszkałymi) przyczyniło się do wytworzenia różnych zapadlisk, niecek i zagłębień. Znane są przypadki pęknięcia domów i tworzenia się „zapadlisk” na drogach. To wszystko sprawiało, że koszty wydobywania węgla były dodatkowo obciążone kosztami naprawy wyrządzonych szkód w środowisku.

Monografia ma na celu zwrócenie uwagi na problemy środowiskowe związane z pozyskiwaniem surowców przy detonacyjnym urabianiu. Spróbowano przybliżyć tego rodzaju technologię a przede wszystkim wykazać jak postęp wpływa na stan środowiska. Głównym aspektem, na który zwrócono szczególną uwagę była produkcja i stosowanie materiałów wybuchowych oraz ukazanie, na tle odbiorcy (przemysł górniczy węglowy, niewęglowy i kopalnie odkrywkowe), problemów środowiskowych związanych z współczesnym ich wytwarzaniem.

Ostatnie lata zaowocowały olbrzymim postępowaniem w tym zakresie. Produkcja MW przeniosła się z tradycyjnej – wytwarzania w zakładach, do miejsc ich stosowania. Największe osiągnięcie to wytwarzanie tzw. materiałów wybuchowych ekologicznych, za które uznano MWE, ANFO i Heavy-ANFO.

Wytwarzane są one z surowców bezpiecznych i stają się MW dopiero w momencie uczulenia w otworze strzałowym (ma to miejsce w przypadku MWE). Natura tych materiałów wybuchowych i ich niektóre właściwości – np. wodoodporność, sprawiają że praca przy załadunku do otworów strzałowych jest zautomatyzowana i nie wymaga wcześniejszego odwodnienia otworu. Oczywiście obok tych materiałów nadal wytwarzane są tradycyjne – typu: dynamit, amonit, barbaryt, ale w mniejszych ilościach. Powstało szereg firm, które opanowały rynek produkcji MW. Dla Polski oznaczało to, że jedyny jeszcze rodzimy zakład funkcjonuje jako połączenie dwóch firm, których udział w produkcji nie jest dominujący.

Stosowanie samobieżnych „wytwórni” MW luzem wpływa na poprawę ogólnego stanu bezpieczeństwa transportu towarów niebezpiecznych po drogach publicznych – ogranicza transport gotowych materiałów wybuchowych.

Uniwersalność stosowanych urządzeń mieszalniczo-załadowniczych (tzw. samobieżne samochody) polega na możliwości wytwarzania MW bezpośrednio na miejscach przeprowadzania prac strzałowych. Pozwala to programować i komponować różne rodzaje MW o zadanych charakterystykach fizykochemicznych i wybuchowych, a tym samym optymalizować

zować wypełnienie otworów strzałowych pod względem energetycznym dla otrzymywania maksymalnej wydajności.

Wprowadzenie nielektrycznych detonatorów było kolejnym postępowaniem i krokiem w kierunku poprawy bezpieczeństwa gdyż umożliwiło inicjowanie całkowitego ładunku w rozbiciu na dowolną liczbę grup lub pojedynczych ładunków inicjowanych z zadaniem precyzyjnie opóźnieniem. Łatwość montażu i łączenia pozwala konstruować bardzo rozbudowane sieci strzałowe o takim samym czasie opóźnienia dzięki czemu uzyskuje się wystarczający czas na przekazanie sygnału inicjacji do wszystkich zapalników przed rozpoczęciem przemieszczania się urabianej calizny.

Sposób „odpalania” ładunków MW, a w przypadku zapalników NONEL sekwencja opóźnień, przeniosły się na powierzchnię. Można w pełni i precyzyjnie programować systemem inicjacji (nawet z dokładnością do 1 ms). Nie ma też zagrożeń od prądów błądzących i elektryczności statycznej – są one odporne na ten rodzaj prądu.

Wdrażanie systemów elektronicznych umożliwia wyeliminowanie człowieka z najbardziej niebezpiecznych etapów produkcji. Niezawodny sposób komunikacji m.in. dla górników – siecią radiową i dalszy rozwój informatyki i radioelektroniki pozwoli na zastosowanie procesu identyfikacji obiektów, a postęp w mikroelektronice przyczyni się do miniaturyzacji sprzętu.

Nie wiadomo jak zmieni to w ostatecznym rozrachunku pracę w zakładach górniczych oraz jaki wpływ na zdrowie ludzi będą mieć tego rodzaju osiągnięcia (np. praca w polu elektrycznym). Zwykle wynik ujemny uwidacznia się po latach i jest następstwem kumulacji różnych składowych.

Ujemny wpływ pracy i kontaktu z nitroestrami (wytwarzanie MW nitroestrowych) skutkuje zachorowalnością na nowotwory pracowników, którzy odeszli już na emerytury i nie mają styczności z tym czynnikiem rakotwórczym. Dlatego stosowanie MW, z których wyeliminowano nitroestry należy uznać jako przełom w tej dziedzinie produkcji. Omawiana szkodliwość wpływu aluminium na organizm człowieka (dodatek stosowany w MW uznanych za ekologiczne) nie jest na dzień dzisiejszy jednoznaczna i z pewnością większym zagrożeniem jest obecność Al w żywności. Udowadnia się nawet, że znacznym jego źródłem jest herbata, kawa i zboża oraz kontakt żywności z aluminiowymi opakowaniami.

Przy wprowadzonym postępie zwrócono szczególną uwagę na bezpieczeństwo pracy, które uzyskuje się – dane statystyczne o braku wypadków to potwierdzają. Nie pomija się też wpływu zmian na środowisko naturalne – ujemne skutki są niwelowane i system prawny wymusza działania proekologiczne.

Przy wprowadzanym systemie elektroniki można jedynie spodziewać się w niedalekiej przyszłości odpadów tej grupy i to w nasilonym wymiarze. Żywotność większości domowego sprzętu elektronicznego jest przewidziana na 5 lat, a omawiane w monografii urządzenia to sprzęt eksploatowany z dużo większą intensywnością.

Można się zastanawiać, czy dzięki nowym technikom i technologiom nasza przyszłość może uniezależnić przyszłe pokolenia od strategicznych surowców?

Były saudyjski Minister Ropy Naftowej i Surowców Mineralnych, szejk Ahmed Zaki Łamani powiedział: „Epoka kamienia łupanego nie skończyła się z powodu braku kamieni...”; czy zatem omawiane technologie będą miały sens dla przyszłości?

Literatura

- [1] Adamczyk J.: Analiza LCA konwencjonalnych źródeł ciepła jako narzędzie zarządzania środowiskowego w sektorze budownictwa, *Archiwum Gospodarki Odpadami i Ochrony Środowiska*, Vol. 11 (2), 1-8, 2009.
- [2] Adamczyk W.: *Ekologia wyrobów*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2004.
- [3] Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). *Toxicological Profile for Aluminum*. Atlanta 2008.
- [4] Akhavan J.: *The chemistry of explosives*, The Royal Society of Chemistry, UK, Cambridge 2004.
- [5] Australia Government, Department of Sustainability, Environment, Waste, Population and Communities: *National Pollutant Inventory, Emission estimation technique manual for explosives detonation and firing ranges*, Version 3.0, January 2012.
- [6] Bezprzewodowy System Lokalizacji BSL Pro: <http://sevitel.pl/>, 21 luty 2012.
- [7] Bęben A., Kwiatek J.: O pewnych aspektach pracy koparek jednoczyniowych, *Surowce i Maszyny Budowlane*, nr 6, 55-60, 2008.
- [8] Biegańska J. Utilizacja połączeniowo z razborki bojepriskasow bezdimnowo porocha, *Ekologiczeskij Wiestnik Rosji*, Moskwa, No 9, 36-39, 2009. Беганьска Й.: Утилизация полученного с разборки боеприпасов бездымного пороха, *Экологический Вестник России*, Москва, № 9, 36-39, 2009.
- [9] Biegańska J., Czop M.: Analiza odpadów górniczych w aspekcie ich zagospodarowania, *Zrównoważona produkcja i konsumpcja surowców mineralnych*, Rozdział III, 139-147, Wydawnictwo IGSME PAN, Kraków 2011.
- [10] Biegańska J., Kwiatkowski S., Olek J.: An overview of explosives applied in mineral materials mining and modern methods of their initiation. 3rd International Conference on Explosives and Blasting Technique, Varna, 28-30 wrzesień 2006.
- [11] Biegańska J., Matyszkiewicz B.: Nowoczesne przemysłowe materiały wybuchowe źródłem emisji toksycznego tlenu glinu, *Górnictwo Odkrywkowe*, Czasopismo naukowo-techniczne, Rocznik XLII Nr 5-6, 127-133, 2000.
- [12] Biegańska J., Olek J., Brodowiak J.: Możliwość wykorzystania tworzyw sztucznych jako źródła energii, *Praca zbiorowa pod redakcją*

- prof. Janusza W. Wandrasza „Termiczne unieszkodliwianie odpadów. Procesy termiczne w gospodarce odpadami w regionach przyrodniczo-cennych”, 251-266, Poznań 2004.
- [13] Biegańska J., Olek J., Brodowiak J.: Wytwarzanie materiałów wybuchowych emulsyjnych w otworach strzałowych sposobem na poprawę zarządzania środowiskiem, Centrum Mechanizacji Górnictwa KOMAG: „Zarządzanie środowiskiem na terenach uprzemysłowionych – nowoczesne systemy, techniki i technologie”, Tom II, 185-197, Wydawnictwo Komdruk-Komag, Gliwice 2005.
- [14] Biegańska J., Olek J., Matyszkiewicz B.: Zastosowanie odpadowych tworzyw sztucznych jako modyfikatora właściwości emulsyjnych materiałów wybuchowych, Praca zbiorowa pod redakcją Janusza W. Wandrasza i Krzysztofa Píkonia: „Paliwa z odpadów” Tom V, 227-232, Wydawnictwo HELION, Gliwice 2005.
- [15] Biegańska J.: Doskonalenie techniki strzelniczej w górnictwie, Przegląd Górniczy, 3 (1072), Tom 68 (CVIII), 55-58, marzec 2012.
- [16] Biegańska J.: Ekologiczny sposób utylizacji niebezpiecznych związków chemicznych metodą niekonwencjonalną, Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna: „Ochrona człowieka i środowiska naturalnego przed skażeniami”, Wojskowy Instytut Chemii i Radiometrii, Warszawa-Rembertów, 7-8 czerwca 2010.
- [17] Biegańska J.: Eliminacja aluminium z niektórych wyrobów przemysłowych elementem ochrony środowiska, Ochrona i Inżynieria Środowiska. Zrównoważony Rozwój. Monografie Nr 35, 39-47, Wydawca: Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki AGH, Kraków 2007.
- [18] Biegańska J.: Evaluation of the state and direction disposal of plastic waste. 15th Conference on Environment and Mineral Processing, Part I, 159-164, Czech Republic VŠB-TU Ostrava, 8-10.06.2011.
- [19] Biegańska J.: Ispolzowanije nitroceljujoznogo porocha w emulsyjnych wzrywczatych wesczczestwach, Fizyka Gorenia i Wzrywa, T. 47, No. 3, 132-134, 2011.
- [20] Biegańska J.: Metody utilizacii neprigodnyh boepripasov. Sotrudničestvo dlâ rešeníâ problemy othodov. Materialy V meždunarodnoj konferencii, Har'kov, Ukraina, 2-3 aprelâ. Nezavisimoe Agentstvo Ekologičeskoj Informacii Ekolnform. Har'kov, 149-152, 2008.

- [21] Biegańska J.: Neutralization of 4,6-Dinitro-o-cresol Waste Pesticide by Means of Detonative Combustion, *Environ. Sci. Technol.*, Vol. 39(4), 1190-1196, 2005.
- [22] Biegańska J.: Niekonwencjonalny sposób unieszkodliwiania pestycydów, *Przemysł Chemiczny*, 91/6, 1292-1297, 2012.
- [23] Biegańska J.: Obliczeniowa metoda oceny zagrożenia środowiska toksycznymi produktami wybuchowego urabiania skał. Cz. I Współczesne kompozycje wybuchowe, *Przemysł Chemiczny*, 91/7, 1385+1387/2012.
- [24] Biegańska J.: Obliczeniowa metoda oceny zagrożenia środowiska toksycznymi produktami wybuchowego urabiania skał. Cz. II Ocena stref zagrożenia, *Przemysł Chemiczny*, 91/9. s. 1000+1002. 2012.
- [25] Biegańska J.: Ocena możliwości zastosowania odpadowych środków ochrony roślin jako składników palnych w górniczych materiałach wybuchowych, *Praca zbiorowa pod redakcją Janusza W. Wandrasza i Krzysztofa Piekonia „Paliwa z odpadów” Tom IV*, 103-106, Wydawnictwo HELION, Gliwice 2003, IV Międzynarodowa Konferencja „Paliwa z odpadów 2003.
- [26] Biegańska J.: Ocena przydatności metod unieszkodliwiania dwunitro-orto-krezolu (DNOC) w zależności od formy jego występowania w środowisku, *Zeszyty Naukowe Inżynieria Środowiska*, z. 56, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice, s.88, 2007.
- [27] Biegańska J.: Ocena szkodliwości ogni sztucznych dla widzów i środowiska, *Ekologia i technika VIII*, 3, 78-82, 2000.
- [28] Biegańska J.: Ochrona środowiska w aspekcie eksploatacji surowców mineralnych metodą kruszenia materiałami wybuchowymi, *Materiały z Konferencji Naukowo-Technicznej: "Jakość Środowiska Techniki i Technologie"*, KOMEKO 2001, 237-248, Szczyrk 13-15.03. 2001.
- [29] Biegańska J.: Opakowania po materiałach niebezpiecznych, *Branżowy Magazyn Przemysłowy Chemia Przemysłowa*, Nr 24 (164), 9, 11-12, Grudzień 2000.
- [30] Biegańska J.: Przegląd bezpiecznych środków strzałowych stosowanych w górnictwie, „Innowacyjne i przyjazne dla środowiska techniki i technologie przeróbki surowców mineralnych. Bezpieczeństwo - Jakość - Efektywność" Monografia, 301-314, Wydawca Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Gliwice 2011.

- [31] Biegańska J.: Sposoby gospodarowania odpadami z materiałów wybuchowych w świetle aktualnych przepisów prawa. VIII Międzynarodowe Forum Gospodarki Odpadami. „Kompleksowe zarządzanie Gospodarką Odpadami”, Poznań 2009.
- [32] Biegańska J.: Sposób unieszkodliwiania odpadowych pestycydów PL 207937, 2011.
- [33] Biegańska J.: Stosowanie MW Heavy - ANFO sposobem na poprawę ochrony środowiska w kopalniach odkrywkowych, Prace Naukowe Głównego Instytutu Górniczego, Seria: Konferencje N° 43 „Bezpieczeństwo robót strzałowych w górnictwie”, 151-155, 2002.
- [34] Biegańska J.: Stosowanie systemów elektronicznych w procesach wydobywczych – przegląd nowoczesnych metod, „Innowacyjne i przyjazne dla środowiska techniki i technologie przeróbki surowców mineralnych. Bezpieczeństwo - Jakość - Efektywność” Monografia, 347-358, Wydawca Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Gliwice 2012.
- [35] Biegańska J.: Termiczne metody odzysku energii z odpadów, Przetwórstwo Tworzyw, 5(143)/17, 292-296, wrzesień-październik 2011.
- [36] Biegańska J.: Уничтожение динитро-орто-крезола (ДНОК) взрывчатыми веществами. Международная научно-практическая конференция Морская Экология – 2007 (MOREK-2007), Владивосток, 3-5 октября 2007. Уничтожение динитро-орто-крезола (ДНОК) взрывчатыми веществами. Международная научно-практическая конференция Морская Экология – 2007 (МОРЭК-2007), Владивосток, 3-5 октября 2007.
- [37] Biegańska J.: Уничтожение пестицидов – динитро-орто-крезола (ДНОК) взрывчатыми веществами, Экологический Вестник России, Москва, № 11, 38-40, 2009. Беганьска Й.: Уничтожение пестицидов – динитро-орто-крезола (ДНОК) - взрывчатыми веществами, Экологический Вестник России, Москва, № 11, 38-40, 2009.
- [38] Biegańska J.: Unieszkodliwianie odpadowych środków ochrony roślin metodą detonacyjnego spalania, Zeszyty Naukowe Inżynieria Środowiska, z. 49, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice, s.131, 2003.
- [39] Biegańska J.: Using Nitrocellulose Powder in Emulsion Explosives. Combustion, Explosion, and Shock Waves, Vol. 47 (3), 366-368, 2011.

- [40] Biegańska J.: Utilization of nitrocellulose powder from expired military ammunition as an aluminium substitute in emulsive blasting materials, 3rd International Conference on Waste Management and Technology, Tsinghua University, China, Beijing, November 5-7th, 2008.
- [41] Biegańska J.: Utylizacja odpadów z przemysłu materiałów wybuchowych – możliwości i problemy, Centrum Mechanizacji Górnictwa KOMAG: "Technika w Służbie Środowiska" KOMEKO 2003, Tom II, 101-116, 2003.
- [42] Biegańska J.: Wpływ strzelania wielkimi ładunkami w kopalniach odkrywkowych na ekologię środowiska, Maszyny Górnicze, 25-30, Gliwice wrzesień 2001.
- [43] Biegańska J.: Wpływ wprowadzonych zmian w stosowaniu materiałów wybuchowych w górnictwie podziemnym na bezpieczeństwo pracy, "Paliwa – Bezpieczeństwo – Środowisko. Innowacyjne Techniki i Technologie" Monografia, 195-205, Wydawca Instytut Techniki Górniczej KOMAG, Gliwice 2010.
- [44] Biegańska J.: Zlokalizowane zanieczyszczenia środowiska pestycydami oraz niekonwencjonalne metody ich likwidacji, Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych Nr 33, 27-33, Warszawa 2007.
- [45] Braithwaite M., Byers B.W., Minchinton A.: The use of ideal detonation computer codes in blast modeling. Proc. 5th Int. Symp. on Rock Fragmentation by Blasting – Fragblast 5, Montreal. Rotterdam: Balkema 1996.
- [46] Burchart-Korol D.: Środowiskowa ocena technologii hutnictwa żelaza i stali na podstawie LCA, Prace Naukowe GIG, Górnictwo i Środowisko, nr 3, 5-13, 2010.
- [47] Carini V.P., Carvalho J.A.Jr., Castro J.N.C., et al.: Study of monoethanolamine nitrate content reduction in explosive slurries, J. Braz. Soc. Mech. Sci. & Eng., vol.32 no.3, Rio de Janeiro July/Sept. 2010.
- [48] COM: Zintegrowana polityka przemysłowa w erze globalizacji. Konkurencyjność i zrównoważony rozwój na pierwszym planie. Bruksela dnia 28.10.2010.
- [49] COM: Zapewnienie dostępności surowców dla przyszłego dobrobytu Europy. Projekt europejskiego partnerstwa innowacji w dziedzinie surowców, Bruksela dnia 29.02.2012.
- [50] Curran M.A.: Development of life cycle assessment methodology: a focus on co-product allocation, Ohio, USA 2008.

- [51] Curran M.A.: Life-Cycle Assessment, Encyclopedia of Ecology, Oxford, Academic Press 2008.
- [52] Czaplicka K. (red.), Zastosowanie oceny cyklu życia (LCA) w ekobilansie kopalni, Główny Instytut Górnictwa, Katowice, 2002.
- [53] Czaplicka K.; Bojarska-Kraus M.: Zastosowanie oceny cyklu życia w przemyśle wydobywczym. Metoda szacowania ekowskaźników dla procesów jednostkowych Prace Naukowe GIG. Górnictwo i Środowisko. nr 2, 5-16, 2002.
- [54] Czop M., Biegańska J.: Zastosowanie kruszywa mineralnego w procesie rekultywacji składowiska, Zrównoważona produkcja i konsumpcja surowców mineralnych, Rozdział III, 131-138, Wydawnictwo IGSME PAN, Kraków 2011.
- [55] Departament Górnictwa WUG: Stan bezpieczeństwa przy wykonywaniu robót strzałowych w górnictwie odkrywkowym, Katowice 2011.
- [56] Doll R.: Review: Alzheimer's disease and environmental aluminium. Age Ageing, 22, 138–153, 1993.
- [57] Drożdziel A.: Raport: Za 12 lat w Polsce zabraknie prądu. Ministerstwo Gospodarki. 21.07.2008.
- [58] Durucan S., Korre A., Paspaliaris I., et al.: Life Cycle assessment of Mining Projects for Waste Minimization and Long Term Control of Rehabilitated Sites, Proceedings of the Fourth Annual European Workshop, Stockholm, Sweden, 140-148, July 2001.
- [59] Dyląg J.: Węgiel brunatny, Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa 2011.
- [60] Dyno Nobel Inc.: Ammonium nitrate: www.dynonobel.com, 23.04.210.
- [61] Eco-Management and Audit Scheme – Rozporządzenie 761/2001 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 19 marca 2001 r. dopuszczające dobrowolny udział organizacji w systemie zarządzania środowiskowego i audytu we wspólnocie (EMAS).
- [62] EN 13631-1: Materiały wybuchowe do użytku cywilnego – Materiały wybuchowe kruszące – Część 1: Wymagania. 2005.
- [63] Escales R.: Nitroglyzerin und Dynamit, Leipzig, Verlag von Veit, 1908.
- [64] ESSEEM Conference, Dresden 24.September 2010.

- [65] Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Guidelines on Disposal of Bulk Quantities of Pesticides in Developing Countries. – Rome: FAO, 1986.
- [66] Gabryś H.L.: Elektroenergetyka w Polsce 2009. Co dalej z węglem dla energetyki?, Biuletyn Górniczy, Nr 7-8 (169-170), Lipiec - Sierpień 2009.
- [67] Glapa W., Korzeniowski J.I.: Mały leksykon górnictwa odkrywkowego, Wydawnictwa i Szkolenia Górnicze Burnat & Korzeniowski, Wrocław 2005.
- [68] Gollinger-Tarajko M.: Metody oceny ekologicznej i ekonomicznej modernizacji procesów technologicznych na przykładzie wytwarzania związków chromu i fosforu, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej, Kraków, 2002.
- [69] Gołąbek B., Kasperski J., Ogórek M., et al.: Dostawy środków strzałowych jako nowoczesny wachlarz usług w warunkach kopalni Rogoźnica wraz z analizą korzyści techniczno-organizacyjnych, Górnictwo i Geoinżynieria, Rok 28, Zeszyt 3/1, 129-136, 2004.
- [70] Góralczyk M., Kulczycka J.: The financial aspects of LCA in the Polish mining industry, 1st International Conference On Life Cycle Management LCM 2001, Copenhagen, Denmark, 27-29 August 2001.
- [71] Góralczyk S., Baic I.: Odpady z górnictwa węgla kamiennego i możliwości ich gospodarczego wykorzystania, Polityka Energetyczna, Tom 12, Zeszyt 2/2, 145-156, 2009.
- [72] Górnicze zapalniki elektryczne. Podział i oznaczenie [PN-C-86024: 1994].
- [73] GUS – Ochrona Środowiska 2010, Informacje i Opracowania Statystyczne, Warszawa 2010.
- [74] Harat A., Biegańska J.: Ujednolicenie systemów zarządzania środowiskowego substancjami niebezpiecznymi, Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych Nr 38, 80-88, Warszawa 2009.
- [75] Harat A., Biegańska J.: Zakres stosowania uregulowań zawartych w rozporządzeniu REACH w odniesieniu do odpadów, Archiwum Gospodarki Odpadami i Ochrona Środowiska, vol. 11, nr 4, 1-8, 2009.
- [76] Harrit N.H., Farrer J., Jones S.E., et al.: Active Thermitic Material Discovered in Dust from the 9/11 World Trade Center Catastrophe, The Open Chemical Physics Journal, Volume 2, 7-31, 2009.

- [77] Huculak M.: Rozdział 5. Rewitalizacja terenów przemysłowych. Polskie doświadczenia i perspektywy. Jarczewski W. (red.), Przesztrzenne aspekty rewitalizacji – śródmieścia, blokowiska, tereny przemysłowe, pokolejowe i powojkowe, Instytut Rozwoju Miast, Kraków, 2009.
- [78] Kabziński A.: Wydobycie surowców mineralnych w województwie świętokrzyskim, Surowce i Maszyny Budowlane, nr 5, 42-46, 2007.
- [79] Karczewska A.: Metody rekultywacji gleb zdegradowanych i dewastowanych, Konferencja na temat: „Ochrona gruntów rolnych w województwie dolnośląskim. Degradacja gleb na terenach rolniczej przestrzeni produkcyjnej i jej przeciwdziałanie” – Polanica Zdrój 28-29 lutego 2008.
- [80] Karta charakterystyki materiały wybuchowe emulsyjne, Spółka NITROERG S.A.: www.nitroerg.pl/, 07.08. 2009.
- [81] Kasiński J.R.: Węgiel brunatny. Bilans perspektywicznych zasobów kopalin Polski wg stanu na 31 XII 2009 r. pod red. Wołkowicza S., Smakowskiego T., Speczika S.: Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa 2011.
- [82] Kawahara M.: Effects of aluminum on the nervous system and its possible link with neurodegenerative diseases, Journal of Alzheimer's Disease, Vol. 8, no. 2, 171–182, 2005.
- [83] Kicki J.: Bilans surowców kopalin i wód podziemnych w Polsce, Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa 2003.
- [84] Konkluzja Rady: Stawianie czoła wyzwaniom związanym z rynkami towarowymi i surowcami – dokument 5992/11 z 3 lutego 2011r.
- [85] Konyukh V.: Simulation of mining in the future, Proceedings of IASTED International Conference on Control, Diagnostics, and Automation (ACIT 2010), 1-6, Novosibirsk, Russia, June 15-18, 2010.
- [86] Kopalnia Surowców Skalnych „KLĘCZANY” Sp. z o.o. <http://www.ksskleczany.pl/>, 04.04.2012.
- [87] Kortnik J., Bratun J.: Use of electronic initiation systems in mining industry. RMZ – Materials and Geoenvironment, Vol. 57, No. 3, 403-414, 2010.
- [88] Kowalski Z., Kulczycka J., Góralczyk M.: Ekologiczna ocena cyklu życia procesów wytwórczych (LCA), Wydawnictwa Naukowe PWN, Warszawa, 2007.

- [89] Kozioł W., Czaja P.: Górnictwo skalne w Polsce – stan obecny, perspektywy i uwarunkowania rozwoju, *Górnictwo i Geologia*, Tom 5, Zeszyt 3, 41-58, 2010.
- [90] Kozioł W., Piotrkowski Z.: Aktualne kierunki zagospodarowania odpadów z udostępniania węgla kamiennego. AGH Kraków, Materiały konferencyjne: Foresight w zakresie priorytetowych i innowacyjnych technologii zagospodarowania odpadów pochodzących z górnictwa węgla kamiennego, Warszawa 2009.
- [91] Kudełko J., Korzekwa W., Barańska A.: Ocena cyklu życia produktu w przedsięwzięciach górniczych – projekt LICYMIN w 5 Programie Ramowy Unii Europejskiej, *Cuprum: Czasopismo Naukowo-Techniczne Górnictwa Rud*, nr 2, 2004.
- [92] Kulczycka J. (red.): Ekologiczna ocena cyklu życia (LCA) nową techniką zarządzania środowiskowego, Wydawnictwo Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, Kraków 2001.
- [93] Kulczycka J., Góralczyk M., Koneczny K.: Merging LCC into LCA – the example of Polish mining industry, *CIRP Seminar on Life Cycle Engineering*, Copenhagen, Denmark, May 2003.
- [94] Laubscher P.J.: Increasing safety through the introduction of an electronically-based centralized blasting system, *The Southern African Institute of Mining and Metallurgy Hard Rock Safe Safety Conference*, 281-290, 2009.
- [95] Malon A., Mikulski S.Z., Oszczepalski S., et al.: Rudy miedzi i srebra, Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa 2011.
- [96] Malon A., Tymiński M.: Węgiel kamienny, Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa 2011.
- [97] Maranda A., Gołabek B., Kasperski J.: Materiały wybuchowe ekologiczne nowej generacji. Jakość Środowiska Techniki i Technologia, *Komeko* 2001, Szczyrk 13-15.03.2001.
- [98] Maranda A., et al.: Wpływ dodatku pyłu aluminiowego na parametry detonacyjne saletroli. Konferencja Naukowo-Techniczna: Bezpieczeństwo Robót Strzałowych w Górnictwie. GIG, Katowice 1999.
- [99] Maranda A., Kuczyńska B.: Ekologiczna analiza procesów produkcji wybranych górniczych materiałów wybuchowych, 8th International Conference IPOEX 2011 Explosives Research – Application – Safety, June 6-8, Ustroń Zawodzie, Poland 2011.

- [100] Maranda A., Nowaczewski J., Trzciński W.: Detonation of Aluminized Explosives with Sodium Azide, 6 th Int. Seminar EURO-PYRO'95, Tours, June 5-9, 1995.
- [101] Maranda A., Paszula J., Szymański R.: Badanie zdolności do detonacji i wybranych parametrów detonacyjnych amonali uczulanych pyłem alumiiniowym płatkowanym, Przegląd Górniczy, Nr 12 (1069), Tom 66(CVII), 64-71, grudzień 2011.
- [102] Maranda A.: Research on the Process of Detonation of Explosive Mixtures of the Oxidizer Fuel Type Containing Aluminium Powder, Propellants Explos. Pyrotech., 15 (4), 161-165, 1990.
- [103] Maranda A.: The Role of Aluminium Powder in the Process of Detonation of Condensed Explosives, 5 th Int. Conf. EURO-PYRO'93, Strasbourg, June 6-11, 1993.
- [104] Marczak M.: Aktualizacja raportu KGHM, 24 marca 2011.
- [105] Matusiak T.: Nowy program LIFE: więcej dla środowiska, www.europa.eu, 24.12.2011.
- [106] Matwiejczuk W.W., Czursalow W.P.: Wzrywnyje raboty – Uczebnoje posobieje, Akademicheskij Projekt, 2002. Матвейчук В.В., Чурсалов В.П.: Взрывные работы – Учебное пособие, Академический Проект, 2002.
- [107] McDowell M.: DataWeek, SA electronics companies profile: DetNet International, 23.02.2005.
- [108] McLachlan C., Kruck T., Lukiw W., et al.: Would decreased aluminium ingestion reduce the incidence of Alzheimer's disease?. Can Med Assoc J., 145, 793–804, 1991.
- [109] Michel P., Commenges D., Dartigues J-F., et al.: Study of the relationship between aluminium concentration in drinking water and risk of Alzheimer's disease. New York: Wiley, 387-391, 1991.
- [110] Mining and blasting: <http://miningandblasting.wordpress.com/>, 25 February 2011.
- [111] Mining in steep orebodies, 33–37: www.atlascopco.com, Second edition 2007.
- [112] Mining Weekly “Mining safety hallmark of Sasol Nitro's new centralized blasting”, 23.10.2009.
- [113] Mirek A., Krzelowski J., Stanek M.: Bezpieczeństwo robót strzałowych w zakładach górniczych, Prace Naukowe GIG, Górnictwo i Środowisko, nr 4/2, 109-122, 2010.

- [114] Modern Mining, AEL Mining Service: www.aelminingservice.com/, 01.11.2011.
- [115] Modrzejewski Sz., Łabuda I.: Określenie zasięgu strefy zagrożenia toksycznymi produktami wybuchowego urabiania złóż w górnictwie odkrywkowym. Prace Naukowe Instytutu Górnictwa Politechniki Wrocławskiej Nr 91, Seria Konferencje 2000.
- [116] Norma ISO 14001 – Systemy zarządzania środowiskowego. Specyfikacja i wytyczne w zakresie stosowania, 2005.
- [117] OECD Environmental Outlook Baseline, 2007.
- [118] OECD Environmental Outlook Baseline, 2012.
- [119] OECD Environmental Outlook to 2030, OECD Rights and Translation unit (PAC), Paris, France 2008.
- [120] OECD Environmental Outlook to 2050. The Consequences of Inaction, OECD Paris, France 2012.
- [121] Ogrodnik R.: Identyfikacja aspektów środowiskowych jako podstawa opracowania systemu zarządzania środowiskowego w przedsiębiorstwie górniczym [w:] Knosala R. (red.): Komputerowo zintegrowane zarządzanie. Tom II. Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Opole 2011.
- [122] Orica Mining Services: <http://www.oricaminingsservices.com/de/>, 10.02.2008.
- [123] ORICA: <http://www.oricaminingsservices.com/pl/>, 18.05.2012.
- [124] Papliński A., Piotrowski T., Maranda A., et al.: Integralna ocena zagrożenia pożarowo-wybuchowego i zagrożenia dla środowiska stwarzanego przez materiały wybuchowe według metodyki Temclev-Ex. V Międzynarodowa Konferencja Uzbrojeniowa, WAT, Waplewo, 2004.
- [125] Patent belgijski 1899: nr 145 599.
- [126] Patent brytyjski 1899: nr 24 377.
- [127] Patent India 2009 : nr 231 589.
- [128] Patent niemiecki 1900: nr 172 327.
- [129] Patent PL: 1979: nr 103 271 , 1982: nr 108 937, 1983: nr 117 150, 1986: nr 132 917, 1988: nr 156 982, 1989: nr 161 543.
- [130] Patent PL: 1982: nr 114 822.
- [131] Patent US 6 490 529, 2002.
- [132] Patent USA 1998 : nr 5 728 969.
- [133] Patent USA: 2003: nr 20 030 024 619, 2004: nr 20 040 016 479.

- [134] Patent: USA: 1969: nr 3 447 978, 1986: nr 4 216 040, 1993: nr 4 110 134.
- [135] Person P.A., Holmberg R., Lee J.: Rock Blasting and Explosives Engineering, CRC Press, Boca Raton New York, 1994.
- [136] Pietkiewicz K., Prędkie S.: Samobieżne systemy mieszająco – załadownicze materiałów wybuchowych luzem, Bełchatów, 26.09.2007.
- [137] 51 Forum Surowców Niemetalicznych, Przewodnik. Surowce skalne i chemiczne Małopolski, Polska Akademia Nauk, Warszawa 5-7.05.2009.
- [138] Piotrowski T., Frączak M., Buczkowski D., et al.: The Ranking of Explosives by Use of Material Indices as Proposed in the TEMCLEV – Ex Method, Central European Journal of Energetic Materials, Vol. 3, No. 1-2, 3–18, 2006.
- [139] PN-EN ISO 14040. Zarządzanie środowiskowe – Ocena cyklu życia – Zasady i struktura. 2000.
- [140] Privately Owned & Managed Networks: <http://www.vnl.in/>, February 2012.
- [141] Przemysł na świecie, Wydawnictwa Edukacyjne WIKING 2005-2008. <http://www.wiking.edu.pl/>, 04.04.2012.
- [142] Rabotinskij N.I., Sachinow P.X., Sosnin W.A.: Nowyje ekologiczeskije bezopasnyje i efektiwnyje promyszlennyje W W w Rosji i za rubieżom Woprosy sowerszenstwowanija wzrywnych rabot, Gornyj Żurnal, No. 11-12, 46-48, 1996. Работинский Н.И., Сахинов Р.Х., Соснин В.А.: Новые экологические: безопасные и эффективные промышленные ВВ в России и за рубежом: Вопросы совершенствования взрывных работ, Горн. Журн., №11-12, 46-48, 1996.
- [143] Rachwalski J., Liberka G.: Materiały wybuchowe ekologiczne. Jakość Środowiska Techniki i Technologie, Komeko 2001, Szczyrk 13-15.03.2001.
- [144] Razowska-Jaworek L., Pluta I.: Przegląd występowania kwaśnych wód kopalnianych w różnych rejonach górniczych świata. Przegląd Górniczy, Vol. 61, 5, 31-38, 2005.
- [145] Recommended Safe Working Practices – Orica Seismic Products, June 2009.
- [146] Rozporządzenie Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 9 lipca 2003 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy produkcji, transporcie wewnątrzzakładowym oraz obrocie ma-

teriałów wybuchowych, w tym wyrobów pirotechnicznych (Dz. U. Nr 163, poz. 1577).

- [147] Rozporządzenie Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 1 kwietnia 2003 r. w sprawie przechowywania i używania środków strzałowych i sprzętu strzałowego w zakładach górniczych (Dz. U. Nr 72, poz. 655).
- [148] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 5 grudnia 2002 r. w sprawie wartości odniesienia dla niektórych substancji w powietrzu (Dz. U. Nr 1, poz. 12).
- [149] Sermet E., Górecki J.: Ocena geologiczno-górnictwej atrakcyjności złóż kamieni łamanych i blocznych, Surowce i Maszyny Budowlane, nr 5, 8-12, 2007.
- [150] Sharma P.D.: Bulk Emulsion Explosive Enhances Blast Efficiency in UG Metal Mines <http://miningandblasting.wordpress.com/>, December 23, 2011.
- [151] Sharma P.D.: (B.Tech – Hons.) in Mining Engineering from IIT, Kharagpur, India 1979.
- [152] Sobolew W.W.: Technologia i bezpieczeństwo wykończenia wyrywanych robót. Narodowy Górniczy Uniwersytet, Dniepropietrowsk 2008. Соколев В.В.: Технология и безопасность выполнения взрывных работ. Национальный Горный Университет, Днепропетровск 2008.
- [153] Spółka NITROERG S.A.: www.nitroerg.pl/, 21.04.2012.
- [154] Strzelec-Łobodzińska J.: Wybrane aspekty funkcjonowania górnictwa w Polsce, Górnictwo i Geologia, Tom 5, Zeszyt 3, 101-111, 2010.
- [155] Sućeska M.: Test methods for explosives, Springer, New York 1995.
- [156] Sun Ark Aluminium Industries (P) Limited: www.lucule.com, www.sunark.in, 25.04.2012.
- [157] Sziman L.N., Ustimienko E.B., Czeltanow E.B.: Konwersyjna obróbka produktów gidromechaniczekowo izwłeczenija twierdowo rakietowo topliwa dla połuczenija wktiwnowo wieszczestwa, prinimienijemowo w sredstwach inicirowanija i wzrywanija: Wysokoenergietyczeskaja obraborka materiałow, ART.-PRESS, Dniepropietrowsk, 2009. Шиман Л.Н., Устименко Е.Б., Челтонов М.М.: Конверсионная обработка продуктов гидромеханиче-

ского извлечения твердого ракетного топлива для получения активного вещества, применяемого в средствах инициирования и взрывания: Высокоэнергетическая обработка материалов, АРТ-ПРЕСС, Днепропетровск 2009.

- [158] Sziman L.N., Ustimienko E.B., Czmlil W.D.: Ob ustowijach obrazowania polichlorirowannych dioksinow w produktach wzrywa EWW EPA, soderzaszczich perchlorat ammonija, wisti doneckowo girniczowo instituta, No 2, 275-278, 2010. Шиман Л.Н., Устименко Е.Б., Чмил В.Д.: Об условиях образования полихлорированных диоксинов в продуктах взрыва ЭВВ EPA, содержащих перхлорат аммония, Вісті Донецького гірничого інституту, №2, 275-278, 2010.
- [159] Sziman L.N., Ustimienko E.B., Sobolew W.W.: Ispolzowanie produktow piererabotki twierdowo rakietnowo topliwa w promyszlennych emulsjonnych W W: Perpiektiwy razwitija Wostocznowo Donbasa, Czast 1, JURGTY, Nowoczerkask, 2010. Шиман Л.Н., Устименко Е.Б., Соколев В.В.: Использование продуктов переработки твердого ракетного топлива в промышленных эмульсионных ВВ: Перспективы развития Восточного Донбасса, Часть 1, ЮРГТУ, Новочеркасск 2010.
- [160] Sziman L.N.: Issledowanije faktorow bezopasnowo primienienija emulsjonnych W W z produktami utylizacji twierdowo rakietowo topliwa, Naukowyj wisnik NGY, No 9, 24-27, 2009. Шиман Л.Н.: Исследование факторов безопасного применения эмульсионных ВВ с продуктами утилизации твердого ракетного топлива, Науковий вісник НГУ, № 9, 24-27, 2009.
- [161] Sziman L.N.: Srawitielnaja faktornaja ocenka primienienija wodosoderzaszczich W W s produktami utylizacji twierdowo rakietowo topliwa, Naukowyj wisnik NGY, No 6, 106-109, 2010. Шиман Л.Н.: Сравительная факторная оценка применения водосодержащих ВВ с продуктами утилизации твердого ракетного топлива, Науковий вісник НГУ, № 6, 106-109, 2010.
- [162] Szlagowski A.: Zmiany środowiska przyrodniczego spowodowane działalnością górniczą w monitoringu regionalnym i lokalnym. Monitoring Środowiska Regionu Świętokrzyskiego, nr.1, 39-46, Kieleckie Towarzystwo Naukowe, Kielce 1993.

- [163] Szydłowski M., Engel H.W., Ociepa A.: Po prostu EMAS. Wprowadzenie do systemów zarządzania środowiskowego. Narodowa Fundacja Ochrony Środowiska, Warszawa 2005.
- [164] Tołkanowicz E., Żukowski K.: Kamienie łamane i bloczne, Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa 2011.
- [165] Urbański T.: Chemistry and technology of explosives, New York, Pergamon Press, 1984.
- [166] Właściwości pyłu respirabilnego emitowanego z wybranych instalacji, Pod redakcją Jana Koniecznyńskiego, Redakcja WORKS & STUDIES, Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska PAN Zabrze, Polska 2010.
- [167] Woskobojnikow I.M.: Okislenije aljuminija w udarnych i detonacjonnych wołnach, Chemiczeskaja Fizyka, 28, No 12, 40-44, 2009. Воскобойников И.М: Окисление алюминия в ударных и детонационных волнах, Химическая Физика, 28, № 12, 40–44, 2009.
- [168] Wyższy Urząd Górniczy: Stan bezpieczeństwa i higieny pracy w górnictwie w 2008 roku, Katowice, marzec 2009.
- [169] Wzorek Z., Buczak E., Kowalski Z., et al.: Ocena cyklu życia procesów wzbogacania rud cynku i ołowiu, Gospodarka Surowcami Mineralnymi, 19, Special Issue, 103-115, 2003.
- [170] Xuguang W.: Emulsion Explosives, Metallurgical Industry Press. Beijing 1994.
- [171] Zelenkin W.G., Borowik W.G., Babkin M.Ju.: Teoria gorenia i wzrywa, Izdatelskij centr JurGY, Czeljabinsk 2011. Зеленкин В.Г., Боровик С.И., Бабкин М.Ю.: Теория горения и взрыва, Издательский центр ЮурГУ, Челябинск 2011.
- [172] Zukovich, Morhard & Wade, LLC, Eagleville, Pennsylvania USA: <http://www.exploenergy.com>, 25 kwiecień 2012.

Technologia, bezpieczeństwo wytwarzania i stosowania materiałów wybuchowych w górnictwie w aspekcie oddziaływania na środowisko

Streszczenie

Problematyka bezpiecznej produkcji, zwłaszcza substancji niebezpiecznych jakimi są materiały wybuchowe, nigdy nie traci na aktualności. Nabiera to szczególnego znaczenia w dobie olbrzymiego postępu i modernizowania gospodarki.

Materiały wybuchowe są stosowane od wielu lat w górnictwie podziemnym węglowym, niewęglowym i odkrywkowym. Zmieniła się technika wydobywania i modyfikacji uległy również stosowane materiały wybuchowe. W ostatnich latach zwrócono szczególną uwagę na oddziaływanie przemysłu wydobywczego na środowisko, ponieważ skutki eksploatacji surowców pozyskiwanych przez ten przemysł doprowadziły do zmian w środowisku i przyczyniły się do jego degradacji.

Przystąpienie Polski do Unii Europejskiej wymusiło zmianę technologii i procesu produkcyjnego na proekologiczny. Ochrona środowiska uregulowana została przepisami prawa, co sprowadza się do przeciwdziałania zanieczyszczeniom, przywracania elementów przyrodniczych do stanu właściwego oraz gospodarowania zasobami zgodnie z zasadą zrównoważonego rozwoju i racjonalnego przekształcania środowiska. Nie dziwi fakt wprowadzania systemów elektronicznych umożliwiających wyeliminowanie człowieka z najbardziej niebezpiecznych etapów pozyskiwania surowców naturalnych. Niezawodny sposób komunikacji m.in. dla górników – siecią radiową i dalszy rozwój informatyki i radioelektroniki pozwala na zastosowanie procesu identyfikacji obiektów a postępowanie w mikroelektronice przyczynia się do miniaturyzacji sprzętu.

Zmiany technologiczne w produkcji materiałów wybuchowych uwzględniają aspekty: bezpieczeństwa wytwarzania, stosowania oraz środowiskowe – nie powinny generować odpadów i wpływać negatywnie na środowisko.

W monografii przedstawiono charakterystykę materiałów wybuchowych stosowanych w przemyśle wydobywczym i zaprezentowano zmiany prowadzące do poprawy bezpieczeństwa robót strzałowych. Omówiono wprowadzone bezpieczne i ekologiczne materiały wybuchowe oraz sposób wykonywania robót strzałowych przy użyciu tych materiałów. Szczególną uwagę zwrócono na wpływ postępu technicznego i technologicznego na środowisko.

Technology, safety of production and the use of explosives in the mining industry in the context of an impact on the environment

Abstract

The issue of safe production, especially of hazardous substances such as explosives, is always actual. It is especially important in times of a big progress and modernization of the economy.

Explosives have been used for many years in the underground coal mining, opencast and other raw materials mining as well. The technique of the extraction has changed and explosives have been modified too. In recent years particular attention has been paid to the impact of mining industry on the environment, because the effects of exploitation of raw materials have led to changes in the environment and they have contributed to its degradation.

Polish accession to the European Union has forced the change of technology and a production process for more environmentally friendly ones. Environmental protection was regulated by law that amounts to pollution prevention, restoration of the natural elements to the appropriate state, rational conversion of the environment and the management of resources in accordance with the principle of sustainable development and the rational transformation of the environment. It is possible due to implementation of electronic systems which enable humans to be eliminated from the most dangerous stages of the sourcing of raw materials. Reliable means of communication among others for the miners, such as the radio network and the further development of information technology and radioelectronics, allows for the identification of objects and the progress in microelectronics contributes to the miniaturization of equipment at the same time.

Technological changes in the production of explosives include following aspects: safe production, their use and environmental aspects. They should not generate waste and affect on the environment negatively.

In the monograph there has been presented the characteristics of explosives used in mining and changes leading to improvement of the safety of the blasting. There have been discussed safe and ecological explosives and the ways how to perform blasting with the use of these materials. Special attention was paid to the impact of technological and technical progress on the environment.

ISBN: 978-83-60708-63-7