

Jacek KORSKI
Kompania Węglowa SA, Katowice

LOGISTYKA I BEZPIECZEŃSTWO W PODZIEMNEJ KOPALNI WĘGLA KAMIENNEGO

Streszczenie. Podziemna kopalnia węgla kamiennego, w której odbywają się złożone procesy logistyczne, a jednocześnie występuje szereg zagrożeń naturalnych, jest obiektem umożliwiającym badanie wzajemnych relacji pomiędzy logistyką i bezpieczeństwem. Wystąpienie zagrożeń lub możliwe awarie techniczne mogą zaburzyć normalny proces logistyczny, którego ważną częścią są podprocesy logistyczne związane z zapewnieniem górnikom niezbędnych warunków dla przetrwania. Zapewnienie bezpieczeństwa wiąże się z działaniami z zakresu logistyki sytuacji kryzysowych. W artykule przedstawiono próbę łącznego potraktowania zagadnienia logistyki i bezpieczeństwa w podziemnej kopalni węgla kamiennego.

LOGISTICS AND SAFETY IN UNDERGROUND COAL MINE

Summary. Very complicated logistics processes are continuously going in underground coal mine. Different menaces are appearing in underground coal mine continuously in this same time. For this reason underground coal mine is very interesting place for researching logistics and safety relationship. Menaces or technical failure could disturb usual logistics process including life support process, which is very important part of all processes in underground coal mine. In this case safety with another one kind of logistics – crisis management logistics. This article is an attempt of logistics and safety complex analysis.

1. Wprowadzenie

Powszechnie znany i stosowany termin *logistyka* użyty został jako nazwa jednego z obszarów sztuki, a następnie nauki wojennej. Prawdopodobnie jednak, zanim termin ten znalazł się w powszechnym użyciu, to działania związane z doskonaleniem systemu logistycznego armii i państwa przyczyniły się do rozwoju Imperium Rzymskiego. Wielkie konflikty zbrojne XX wieku wskazały na znaczenie logistyki dla powodzenia złożonych

często operacji militarnych. Rosnąca konkurencja na coraz bardziej globalnym rynku wskazała na cywilną logistykę procesów gospodarczych jako na istotny czynnik wywalczenia i utrzymywania przewagi nad konkurencją. Mimo, że w powszechnym użyciu występuje wiele definicji, to najbardziej ogólną definicją wydaje się określenie: *logistyka* to zarządzanie procesami, przemieszczania dóbr i/lub osób oraz działania wspomagające te procesy w systemach, w których one zachodzą [7]. W dobie powszechnej standaryzacji procedur, obiektów technicznych i pojęć uchwałą nr 14 Komitetu Technicznego Europejskiego Komitetu Normalizacyjnego przyjęto przytoczoną wyżej definicję, ale jako *logistykę* rozumie się kształtowanie optymalnych strumieni i procesów przepływu materiałów i informacji w celu zaspokojenia potrzeb w określonym obszarze [7]. Z pojęciem logistyki wiążą się terminy: proces logistyczny, system logistyczny, kanał logistyczny.

Proces logistyczny to taki proces [5], w którym:

- rozmieszczenie,
- stan,
- przepływy

jego składowych, a więc ludzi, dóbr materialnych, informacji i środków finansowych, wymagają koordynacji z innymi procesami ze względu na kryteria lokalizacji, czasu, kosztów i efektywności spełniania celów organizacji.

System logistyczny to zbiór takich podsystemów, jak: zaopatrzenie, produkcja, transport i magazynowanie, zbył, wraz z relacjami pomiędzy podsystemami i między ich własnościami, ze stałą dążnością do wzrostu stopnia zorganizowania systemu. Ze względu na dynamikę systemu logistycznego oraz przepływy w nim *system logistyczny* to celowo zorganizowany i połączony w obrębie określonego układu gospodarczego fizyczny przepływ strumieni towarów, któremu towarzyszy przepływ środków fizycznych i informacji

Kanał logistyczny to droga, którą przebywają materiały (także ludzie) od miejsca początkowego do punktu docelowego, ale także zbiór wzajemnie zależnych organizacji współuczestniczących w procesie logistycznym [9].

Współcześnie dzieli się logistykę na logistykę procesów gospodarczych [1], logistykę obronną [2], a w tym obszarze logistykę wojskową i logistykę sytuacji kryzysowych [3,8].

W normalnym procesie podstawowym realizowanym w podziemnej kopalni węgla kamiennego występuje szereg powiązanych ze sobą podprocesów logistycznych. Istotną rolę odgrywają tu procesy i działania, których celem jest stworzenie w wyrobiskach kopalni warunków do bezpiecznego przebywania i wykonywania pracy przez ludzi [4]. W artykule podjęto próbę powiązania bezpieczeństwa w podziemnej kopalni węgla kamiennego z systemem i procesami logistycznymi tej kopalni.

2. Normalne procesy logistyczne w podziemnej kopalni węgla kamiennego

Jak wskazano [5], proces podstawowy w kopalni podziemnej jest w swojej istocie procesem transportowym, czyli logistycznym, związanym z opróżnianiem naturalnego magazynu kopaliny, czyli złoża. Schematycznie pokazano to na rys. 1.



Rys. 1. Proces wydobywczy w ujęciu logistycznym

Fig. 1. Mining process as a logistics process

Jednak w odróżnieniu od „klasycznych” magazynów dla celów pozyskania kopaliny w kopalni węgla kamiennego należy wykonywać drogi transportu i wyposażać je w środki transportu. Z tego powodu zachodzi potrzeba realizacji kolejnych operacji logistycznych związanych z tworzeniem infrastruktury logistycznej w kopalni, a po jej wykonaniu potrzebne są także operacje logistyczne związane z zasilaniem podstawowego procesu wydobywania węgla.

Na przykładzie jednego przodka pojmowanego jako miejsce urabiania i ładowania urobku można wskazać dla kopalni węgla kamiennego zespół niezbędnych do przetransportowania do i z niego materiałów. Na przykładzie jednego przodka (rozumianego jako miejsce urabiania i ładowania urobku) można przedstawić niezbędne procesy transportowe dla jego funkcjonowania [5].

Do przodka należy dotransportować:

- I. Powietrze – niezbędne dla:
 - podtrzymania funkcji życiowych ludzi,
 - zapewnienia właściwego komfortu cieplnego (nie tylko w przodku, ale i na drogach transportu),
 - zapewnienia tlenu dla silników spalinowych,
 - rozcieńczania wydzielających się (nie tylko w przodku) gazów i pyłów szkodliwych i niebezpiecznych,
 - sprzężarek lokalnych;
- II. Wodę technologiczną do:
 - chłodzenia maszyn i urządzeń,
 - profilaktyki przeciwpożarowej,
 - likwidacji zapylenia,
 - wykonania mieszanin technologicznych (piany, zaprawy, emulgaty).
- III. Powietrze sprężone dla:
 - napędu niektórych maszyn i urządzeń,
 - lokalnych urządzeń do zwalczania zagrożeń gazowych (strumienice itp.),
 - oddychania ludzi (w przypadkach szczególnych).
- IV. Media hydrauliczne (najczęściej emulsje olejowo-wodne) do zasilania urządzeń i maszyn hydraulicznych.
- V. Coraz częściej dostarcza się do ścian wydobywczych obojętne gazy techniczne jak azot, dwutlenek węgla do inertyzacji atmosfery w zrobach ścian zawałowych celem ograniczenia zagrożeń pożarowych i wybuchowych.
- VI. Materiały przemysłowe rozumiane jako:
 - maszyny, urządzenia, ich części i elementy,
 - materiały do profilaktyki przeciwwzgroźeniowej (m.in. pył kamienny, gaśnice, piany, materiały budowlane itp.),
 - materiały pędne, smary, oleje itp.,
 - obudowy wyrobisk,
 - inne materiały do wykonywania i utrzymania nośników transportowych (m.in. rury, przewody elektryczne i hydrauliczne, szyny itp.).
- VII. Podsadzkę (materiały do wypełnienia przestrzeni wybranej i likwidacji wyrobisk).
- VIII. Ludzi.

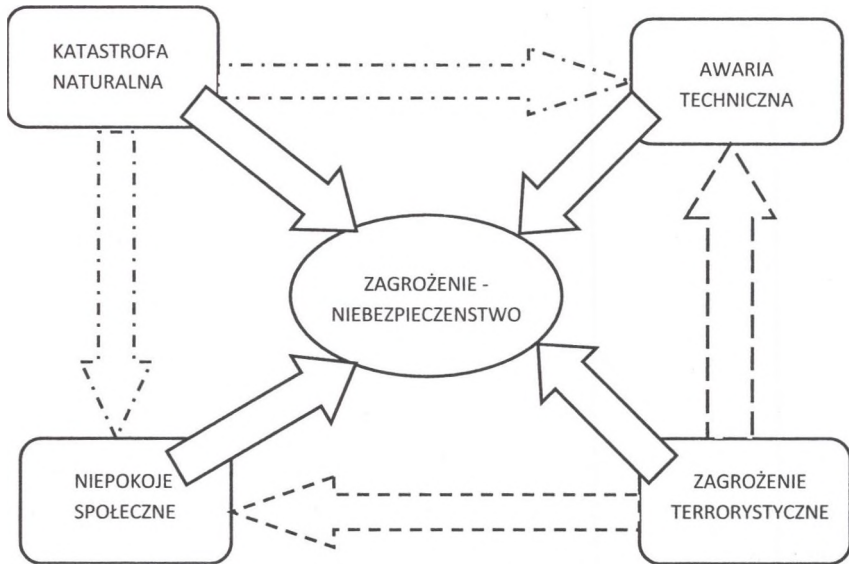
Z przodka należy wytransportować:

- I. Urobek rozumiany jako węgiel (wraz z zanieczyszczeniami lub skałą płonna).
- II. Powietrze zużyte (podgrzane i zanieczyszczone gazami, pyłami i parą wodną) po spełnieniu funkcji wymienionych wyżej.
- III. Wodę z procesów technologicznych i wydzielającą się z górotworu.
- IV. Materiały przemysłowe (definiowane jak poprzednio) do napraw i odzyskania dla ponownego wykorzystania w kopalni lub odsprzedaży.
- V. Ludzi.
- VI. Odpady (np. skałę płonną w przypadku wydzielenia jej w przodku).
- VII. Niekiedy, dla utrzymania odpowiedniego stanu atmosfery kopalnianej, odprowadza się w odrębnych układach transportowych ciepło (klimatyzacja, zamknięty obieg wody chłodzącej itp.) i/lub szkodliwe czy niebezpieczne gazy procesów górotworu (np. odmetanowanie).

Przedstawiony zestaw materiałów transportowych celowo został ekstremalnie rozszerzony. W innych zakładach wydobywczych wielu wymienionych grup materiałów nie używa się bądź są stale dostępne w miejscu wykonywania pracy (np. powietrze atmosferyczne w odkrywkowym zakładzie wydobywczym). Wśród wymienionych powyżej znajdują się materiały, które muszą być dostarczane (i odbierane) tylko w związku z obecnością ludzi w podziemiach kopalni.

3. Zagrożenia i ich logistyczne źródła w kopalni węgla kamiennego

Podjmując dyskusję o zagrożeniach w podziemnej kopalni węgla kamiennego, należy przywołać ogólne poglądy dotyczące źródeł zagrożeń będących przyczyną sytuacji kryzysowych. Na rys. 2 pokazano na podstawie analizy poglądów różnych autorów główne źródła zagrożeń w ujęciu ogólnym.



Rys. 2. Ogólne ujęcie źródeł zagrożeń
Fig. 2. Danger sources and relationship

Przedstawione na rysunku źródła (czy ogólne czynniki) zagrożenia mogą oddziaływać bezpośrednio lub pośrednio. Jako przykład można wskazać katastrofy naturalne, awarie techniczne czy ataki terrorystyczne, których bezpośrednim skutkiem jest śmierć lub obrażenia ludzi, ale z tych samych przyczyn może wystąpić zagrożenie dla życia i zdrowia wskutek utraty sprawności systemów technicznych, logistycznych i wywołany tym brak możliwości zaspokojenia życiowych potrzeb ludzi.

Wskutek występowania w podziemnej kopalni węgla kamiennego zagrożeń naturalnych możliwe jest także wystąpienie bezpośredniego zagrożenia dla zdrowia i życia znajdujących się w wyrobiskach ludzi (bezpośrednie skutki górniczych katastrof o podłożu geomechanicznym). Mogą się jednak ujawnić skutki wywołane czynnikami górniczo-geologicznymi, awariami urządzeń technicznych, niesprawnością systemu logistycznego kopalni, powodujących wstrzymanie operacji logistycznych zaspokajających potrzeby życiowe ludzi w podziemnych wyrobiskach (m.in. przykładowo, powietrze jako nośnik tlenu z jego funkcjami chłodzącymi).

Swoistym przykładem powodującej zagrożenia niesprawności systemu logistycznego kopalni jest przekroczenie dopuszczalnych stężeń gazów niebezpiecznych, które należy postrzegać jako przekroczenie zdolności transportowej (przeciążenie systemu logistycznego).

Skutkiem takiego przeciążenia może być bezpośrednie niebezpieczeństwo dla ludzi w postaci atmosfery niezdanej do oddychania lub powstania wybuchowego stężenia gazów.

4. Logistyczne uwarunkowania zapewnienia bezpieczeństwa w podziemnej kopalni węgla kamiennego

Wystąpienie bezpośredniego zagrożenia w podziemnej kopalni węgla kamiennego (czy ogólniej - w kopalni podziemnej) może być wywołane bezpośrednim mechanicznym oddziaływaniem na ludzi (czynniki geomechaniczne), bezpośrednim oddziaływaniem czynników termicznych lub mechanicznych wskutek niesprawności systemów logistycznych i brakiem możliwości podtrzymywania życiowych funkcji człowieka także wskutek szeroko rozumianej niesprawności systemu logistycznego kopalni. W przypadku zagrożenia tąpnięciami, bezpośrednim mechanicznym skutkiem tąpnięcia może być utrata życia przez ludzi znajdujących się w strefie bezpośredniego ujawnienia się skutków. Jednak wskutek tąpnięcia może dojść do utraty drożności wentylacyjnej wyrobisk i w konsekwencji powstania atmosfery niezdanej do oddychania lub powstania niebezpiecznych np. wybuchowych mieszanin gazów. Utrata drożności wyrobisk może także skutkować odcięciem ludziom dróg wyjścia i w konsekwencji utraty żywności i/lub wody. Przenosząc wprost doświadczenia z obszaru zarządzania w kryzysie, można wskazać praktyczne rozwiązania związane z fazą tzw. odbudowy krótkotrwałej w kryzysie jako działania zapewniającego doraźne przetrwanie ludzi w sytuacji zagrożenia. Możliwe są tutaj i stosowane w praktyce rozwiązania zapewniające ludziom przetrwanie i ustabilizowanie sytuacji, jak:

- zastosowanie środków ochronnych na trasie ewakuacji poza wyrobiska zagrożone lub poza podziemne wyrobiska (opuszczenie strefy zagrożonej);
- zastosowanie środków ochrony i udanie się do strefy zapewniającej minimalne warunki do przetrwania do czasu usunięcia zagrożenia (schron);
- ewakuacja do strefy umożliwiającej przetrwanie wraz z częściowym przywróceniem funkcji logistycznych niezbędnych dla funkcjonowania ludzi i wykonanie drogi ewakuacji.

Przedstawione wyżej warianty rozwiązań znajdują zastosowanie w górnictwie różnych krajów świata, przy czym istotnym czynnikiem wyboru są tutaj warunki górnictwo-geologiczne, w tym głębokość.

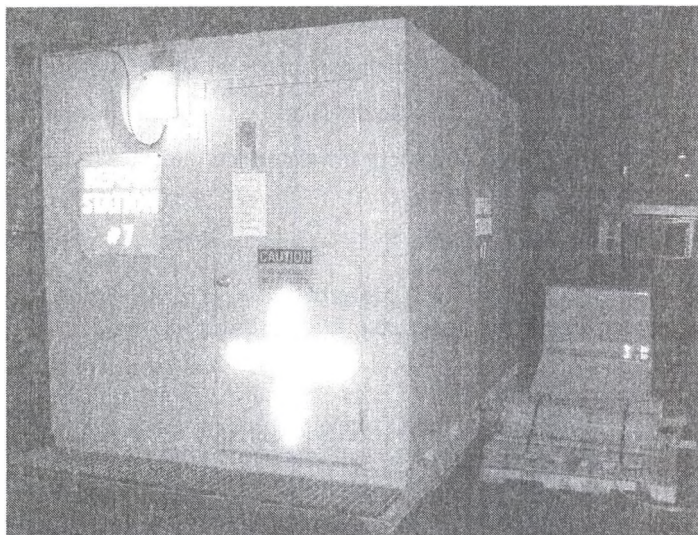
4.1. Zastosowanie środków ochronnych na trasie ewakuacji poza wyrobiska zagrożone lub poza podziemne wyrobiska (opuszczenie strefy zagrożonej)

Najbardziej rozpowszechnionym rozwiązaniem w sytuacji zagrożenia jest ewakuacja ludzi poza strefę zagrożenia. W tej sytuacji istotne jest wskazanie trasy ewakuacji i zapewnienie autonomii przeżycia na drodze wycofania do miejsca bezpiecznego. Z tego powodu powszechnie stosuje się pochłaniacze chroniące przed najbardziej prawdopodobnymi gazami i/lub izolacyjne aparaty oddechowe. Czynnikiem istotnie obniżającym ryzyko jest tutaj skrócenie czasu ekspozycji na czynniki zagrożenia. Między innymi z tego powodu w górnictwie węglowym wielu krajów jako zasadę przyjmuje się zwielokrotnianie dróg ucieczkowych przez wykonywanie dwóch lub więcej równoległych wyrobisk z licznymi połączeniami między nimi. W sytuacji zawału lub pożaru pozwala to na stosunkowo łatwe ominięcie zagrożonej strefy. Istotnym ograniczeniem takiego rozwiązania jest pozostawianie licznych resztek, które stwarzają dodatkowe zagrożenia. Z tego powodu rozwiązania z redundancją dróg ewakuacji mają ograniczone zastosowanie do eksploatacji jednopokładowej na stosunkowo niewielkich głębokościach. Czynnikiem istotnie obniżającym ryzyko jest także szybkie wykrycie zagrożenia (nim nie stanie się ono krytyczne) i równie szybkie poinformowanie wszystkich zagrożonych osób o konieczności i kierunku wycofania. Istotnym zagrożeniem jest nadmierna długość dróg ewakuacji z ekspozycją na czynniki niebezpieczne. W sytuacji stresu może to być przeszkoda trudna do pokonania.

4.2. Zastosowanie środków ochrony i ewakuacja do strefy zapewniającej minimalne warunki do przetrwania do czasu usunięcia zagrożenia (schron)

W historii światowego górnictwa przypadki samoratowania się ludzi przez tworzenie stref zapewniających minimalne warunki do przetrwania do czasu nadejścia pomocy znane są od dawna. Warunkiem wdrożenia takiego rozwiązania musi być zaufanie lub wiara zagrożonych w możliwość dotarcia pomocy. W górnictwie podziemnym niektórych państw są stosowane rozwiązania zapewniające przetrwanie ludzi do czasu ustąpienia lub usunięcia zagrożenia. Takim rozwiązaniem są schrony rozmieszczone w miejscach o znanej lokalizacji i dobrze oznakowanych trasach dojścia. Schron taki wyposażony w butle ze sprężonym powietrzem zapewnia naciśnieniową izolację w przypadku wystąpienia atmosfery niezdanej do oddychania, znajduje się w nim woda i środki łączności. Jak wspomniano, jest to rozwiązanie, które wymaga poinformowania zagrożonych pracowników o lokalizacji optymalnego, ze względu na miejsce wystąpienia zagrożenia, schronu.

Na rys. 3 pokazano przykład takiego schronu.



Rys. 3. Podziemny schron w jednej z kopalń kanadyjskich
Fig. 3. Refugee station in Canadian underground mine

W przypadku coraz powszechniejszego rozproszenia pracowników bardzo istotne jest pilne przekazanie każdemu pracownikowi informacji o konieczności ewakuacji i wskazanie bezpiecznego miejsca. Jednym z możliwych rozwiązań jest zastosowanie w wyrobiskach systemów anten ciekających i wyposażenie pracowników w radiotelefony lub pagery. Na rys.4 pokazano przykład lampy górniczej wyposażonej w pager. Bardzo ważne jest dokładne i widoczne w każdych warunkach oznakowanie dróg dojścia do schronów



Rys. 4. Lampa górnicza z pagerem
Fig. 4. Miner's helmet lamp with pager

Przedstawione rozwiązanie pozwala na zaspokojenie minimalnych potrzeb życiowych ludziom, ale niestety nie może być stosowane w każdych warunkach. Jako bardziej prymitywne, ale odpowiadające tej idei, rozwiązanie można wskazać stosowane w przeszłości w Zagłębiu Dolnośląskim urządzenia umożliwiające oddychanie powietrzem sprężonym z rurociągu w sytuacji wystąpienia atmosfery niezdanej do oddychania na skutek wpływu czy wyrzutu CO₂.

4.3. Ewakuacja do strefy umożliwiającej przetrwanie wraz z częściowym przywróceniem funkcji logistycznych niezbędnych dla funkcjonowania ludzi i wykonanie drogi ewakuacji

W górnictwie amerykańskim, w warunkach gdzie jest to wykonalne i uzasadnione, stosuje się wydzielone fragmenty wyrobisk wyposażone w urządzenia zapewniające przetrwanie i naciśnieniową izolację od innych wyrobisk. Często wykonuje się otwory wiertnicze do powierzchni umożliwiające szybkie nawiązanie kontaktu z odciętymi i wsparcie logistyczne. Umożliwia to w sytuacji zagrożenia szybką komunikację z odciętymi i współdziałanie z nimi w akcji ratowniczej. Tego typu „przetrwalniki” są wynikiem doświadczeń górnictwa wielu krajów, gdzie, pozbawieni możliwości ewakuacji, górnicy na podstawie wiedzy i doświadczenia oraz w wiary w nadejście pomocy podejmowali skuteczne działania na rzecz przetrwania do czasu nadejścia pomocy.

5. Wnioski

W referacie skupiono się na wpływie czynnika logistycznego na bezpieczeństwo podziemnej kopalni węgla kamiennego. W oparciu o rozważania można sformułować następujące wnioski:

1. Występowanie zagrożeń naturalnych w podziemnej kopalni węgla kamiennego może być bezpośrednim lub pośrednim czynnikiem zagrożenia.
2. Istotne źródło zagrożenia pojmowanego jako deficyt bezpieczeństwa stanowią stany awaryjne szeroko rozumianego systemu logistycznego podziemnej kopalni węgla kamiennego.
3. Istotnym czynnikiem zmniejszania zagrożenia w podziemnej kopalni węgla kamiennego jest zapewnienie zagrożonym ludziom zachowania niezbędnych funkcji logistycznych na minimalnym poziomie.

Odrębnej analizy wymaga logistyka prowadzenia akcji ratowniczych, należy jednak zauważyć, że przedstawione w podrozdziałach 4.2 i 4.3 rozwiązania wiążą się ze sprawnym prowadzeniem akcji ratowniczej, a więc także ze sprawną logistyką.

BIBLIOGRAFIA

1. Abt S.: Logistyka w teorii i praktyce. Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej w Poznaniu, Poznań 2001.
2. Brzeziński M.: Logistyka wojskowa. Dom Wydawniczy Bellona, Warszawa 2005.
3. Cieślarczyk M., Kuriata R.: Kryzysy i sposoby radzenia sobie z nimi. Wydawnictwo Naukowe – Wyższej Szkoły Kupieckiej, Łódź 2005.
4. Korski J.: Logistyka produkcji a koszty produkcji w kopalni węgla kamiennego. Materiały Szkoły Ekonomiki i Zarządzania w Górnictwie 2000, Kraków 2000.
5. Korski J.: Wdrażanie metody procesowo-logistycznej w zarządzaniu kosztami w kopalni węgla kamiennego. Praca doktorska, Wydział Górnictwa i Geologii Politechniki Śląskiej, Gliwice, luty 2006.
6. Korski J.: Zarządzanie kryzysowe w sytuacji zagrożenia ekologicznego – pożaru składowiska odpadów pogórnich. W monografii „Zarządzanie środowiskiem w aspekcie zrównoważonego rozwoju terenów przemysłowych”. Centrum Mechanizacji Górnictwa KOMAG, Gliwice 2007, s. 67-76.
7. Kuriata A.: Podstawy logistyki. Fundacja Rozwoju Wyższej Szkoły Morskiej w Gdyni, Gdynia 2005.
8. Nowak E.: Logistyka w sytuacjach kryzysowych. Akademia Obrony Narodowej, Warszawa 2005.
9. Praca zbiorowa [Fertsch M. – red.]: Słownik terminologii logistycznej. Seria: Biblioteka Logistyka. Instytut Logistyki i Magazynowania, Poznań 2006.

Recenzent: Prof. zw. dr hab. inż. Roman Magda