

UWARUNKOWANIA LOGISTYCZNE POKRYCIA ZAPOTRZEBOWANIA NA SUROWCE SKALNE W ZALEŻNOŚCI OD RODZAJU, JAKOŚCI ORAZ OPTYMALIZACJI DRÓG I ŚRODKÓW

LOGISTICS CONSIDERATIONS AS FOR SATYSFYING A DEMAND FOR ROCK MATERIAL DEPENDING ON ITS KIND, QUALITY AS WELL AS OPTIMIZATION OF ROADS AND RESOURCES

Dorota Lochańska, Marek Stryszewski – Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Górnictwa i Geoinżynierii, Katedra Górnictwa Odkrywkowego, Kraków

Artykuł omawia metody określania popytu na kruszywa w odniesieniu do miejsc wydobycia, a także przedstawia elementy zagospodarowania złóż dla wydobycia i spedycji kruszyw. Określono też sposób wyboru rodzaju transportu i jego koszty w zależności od odległości i innych uwarunkowań.

This paper discusses methods of defining demand for aggregate as regards mining sites and it also presents elements of deposits development for mining and dispatching of aggregate. The way of selecting type and cost of transport depending on distance and other conditions was also defined.

Przyjmując, że logistyka, to proces planowania zaspokajania ekonomicznie uzasadnionego popytu odbiorców surowców skalnych. Proces ten jest silnie warunkowany zagospodarowaniem złóż i strukturą popytu na kruszywo.

Uwarunkowania zaspokojenia popytu związane z zagospodarowaniem złóż

Uwarunkowania złóż związane z ich zagospodarowaniem obejmują [2]:

- określenie wielkości zasobów, ich własności, warunków geologicznych ich występowania, techniczne możliwości wydobycia kopaliny;
- wielkość wydobycia kopaliny, która w podstawowym stopniu decyduje o kosztach jednostkowych wydobycia. Na podstawie dotychczasowych prac można wyrazić pogląd, że najniższe koszty jednostkowe produkcji odpowiadają największej produkcji. Funkcja ta opisująca ma kształt hiperboli, a więc jest stale malejąca. W chwili obecnej minimum kosztów kruszyw lamanych odpowiada produkcji ok. 2 mln t/rok, w latach 70-tych odpowiadała ok. 4 mln t/rok, a więc wielkościom maksymalnym wydobycia;
- możliwości powiększenia zasobów, a także uwarunkowania techniczne wydobycia sprzyjające ich pozyskaniu w przyszłości. Zapewnienie zasobów możliwych do wydobycia w dającej się przewidzieć przyszłości wynika z ciągłości popytu na surowce skalne. Wielkość tego popytu jest zmienna w czasie i zależy od koniunktury na surowce skalne, ale zawsze istnieje;
- istnienie elastycznego układu: urabianie- transport technologiczny-przeróbka wraz z niezbędnymi zbiornikami buforowymi gotowej produkcji. Zbiorniki te pełnią rolę magazynów gotowej produkcji. W przypadku arytmii produkcji może zaistnieć chwilowy brak kruszywa do sprzedaży i utrata zamówień na kruszywo; zbiorniki buforowe umożliwiają ciągłość sprzedaży kruszyw;

- wyznaczenie (zapewnienie) rezerwy wydajności układu technologicznego dla łagodzenia wahań produkcji wynikającej z sezonowości pracy w budownictwie i drogownictwie, a także z sezonowości pracy w kopalniach surowców skalnych. Rezerwa wydajności układu technologicznego (obok przedstawionych wyżej zbiorników buforowych produkcji) stabilizuje pracę układu technologicznego, a także umożliwia uzupełnienie deficytu produkcji w wyniku przestojów losowych;
- istnienie infrastruktury transportowej umożliwiającej załadunek kruszywa na bocznicę kolejowej. Bocznicę kolejową w kopalni warunkuje stosowanie transportu kolejowego kruszyw do odbiorców umożliwiającej tani (w porównaniu z samochodowym) transport kruszyw na znaczne odległości. Problem ten, ilościowy, przedstawiono w dalszej części pracy.

Uwarunkowania logistyczne pokrycia zapotrzebowania na surowce skalne

Uwarunkowania te wymagają poznania i opracowania: struktury popytu na kruszywa, struktury podaży, rodzajów transportu zewnętrznego, kosztów transportu i granicznego promienia przewozu.

Struktura popytu na kruszywa

W przypadku kruszyw piaszczysto-żwirowych w gospodarce wykorzystywane są wszystkie frakcje, od piaszczystej, poprzez grysy, aż do głazów narzutowych. Korzystanie z tych frakcji jest jednak zróżnicowane terytorialnie. Ogólnie można powiedzieć, że podstawową frakcją są grysy pozyskiwane na obszarze całego kraju, choć w nierównych ilościach. Najuboższa we frakcje grysove jest część kraju obejmująca pas północno-zachodni i południowo-wschodni. Wszędzie pozyskiwana jest frakcja piaszczysta. Ze względu na znaczne jej ilości, szczególnie w środkowej i północnej części kraju, stanowi ona odpad. Lokalnie, na południu Polski, jest deficytowa.

Zastosowanie kruszyw żwirowych jest powszechne; w budownictwie, drogownictwie, w szerokim tego słowach znaczeniu. W wielu miejscach wydobycia, od okazynego, aż po wydobycie w małych i średnich zakładach górniczych wykorzystywane jest bezpośrednio po wydobyciu ze złoża, lub po prostej przeróbce.

Jakość złóż kruszyw żwirowych jest trudna do szczegółowej oceny w odniesieniu do konkretnych miejsc wydobycia. Jakość ta związana jest z genenezą powstania tych złóż i silnie zależy od składu petrograficznego. Często w złożach występują różne rodzaje skał, o zmiennym składzie petrograficznym. Z tego powodu oceniając jakość złóż można zwykle mówić jedynie o średnich ich własnościach [9]. Ogólnie można powiedzieć, że dobrą jakość prezentują złoża pochodzenia rzecznoego na Dolnym Śląsku, czy w górnym odcinku Dunajca w Karpatach.

W przypadku kruszyw lamanych powstałych ze skał zwięzłych popyt występuje na obszarze całego kraju i związany jest z gęstością sieci drogowej i kolejowej łączącej miasta, jak i z siecią wewnątrz miast. Silnie warunkowany jest wielowiekowym rozwojem osadnictwa oraz sieci dróg je łączących. Wielkość bezwzględne popytu są zmienne w czasie i silnie zależne od decyzji gospodarczych związanych z rozwojem drogownictwa. Popyt na obszarze kraju jest ciągły [8], ale niejednorodny. W przypadku tłuczni i kłifca popyt jest na obszarze całego kraju, choć strefy największego popytu znajdują się w zachodniej części kraju, a także w pasie Dolny Śląsk-Kraków i w obszarze Kraków – Warszawa.

W przypadku gryś, a więc kruszyw najwyższej jakości, stosowanych do nawierzchni drogowych popyt istnieje na obszarze całego kraju i można uznać, że Dolny Śląsk jest niemal jedynym producentem kruszyw najwyższej jakości. Największy popyt obejmuje pas Dolny Śląsk-Kraków, a na północy obejmuje większe miasta wojewódzkie: Poznań, Warszawę, Gdańsk.

Struktura podaży kruszyw

W przypadku kruszyw piaszczysto-żwirowych produkcja jest dość równomiernie rozmieszczona na obszarze kraju i prowadzona jest w złożach o pochodzeniu lodowcowym, bądź rzeczynym. Dostępne są one powszechnie. Tworzą złoża o różnych frakcjach od piaszczystej, aż do grubych frakcji żwirowych i głazów. Podstawowym kryterium rozgraniczającym rodzaj złóż (żwirowe, lub piaszczyste) jest punkt piaszkowy (pp), czyli procentowy udział frakcji piaszczystej ($\phi < 2,5$ mm) w pozyskiwanym kruszywie. Stosowane są w różnych formach budownictwa (mieszkalnictwa) i drogownictwa; do wymiany i odwodnienia gruntów, wzmocnienia dróg itp. Zarówno ich pozyskiwanie, jak i rozdzielanie poszczególnych frakcji może odbywać się nawet domowymi metodami. Podstawowymi miejscami odbioru kruszyw żwirowych są większe skupiska ludzkie, które zaopatrują się z możliwie bliskich miejsc występowania kruszywa.

Głównymi strefami produkcji jest strefa północno-wschodnia obejmująca województwa pomorskie i Pojezierze Suwalskie (punkt piaszkowy - pp = 45-61%) oraz południowa (pp = 28-55%).

Kruszywa lamane produkowane ze skał zwięzłych występują głównie w województwach południowych. Wydobycie skupia się w trzech regionach surowcowych: sudeckim, karpacim i świętokrzyskim. Kruszywa wykorzystywane są w różnych formach budownictwa (mieszkalnictwa), drogownictwa, przemysłu hutniczego, chemicznego, materiałów drogowych.

Zasoby skał zwięzłych do produkcji kruszyw drogowych, globalnie, w skali całego kraju, wystarczają do pokrycia popytu w okresie ponad 100 lat.

Obszar ich występowania obejmuje południe Polski, szczególnie pas: Dolny Śląsk-Krzyszowice - Nowy Sącz, a także obszar Gór Świętokrzyskich. Północną granicą występowania i pozyskiwania skał zwięzłych dla drogownictwa jest równoleżnik przechodzący przez Wrocław. Skały zwięzłe występują w łatwych do eksploatacji warunkach, zwykle pod niewielkim nadkładem. Wykorzystywane są w pierwszej kolejności lokalnie do budowy dróg, umocnień rzecznych, podmurówek, wyrównywania terenu. Kopalnie większe, po zaspokojeniu lokalnego popytu, sprzedają pozostałą część produkcji, za pośrednictwem transportu kolejowego w środkowej i północnej części kraju.

Jakość złóż do produkcji kruszyw lamanych zróżnicowana jest zarówno terytorialnie, jak i w poszczególnych złożach. Generalnie można jednak stwierdzić, że na całym obszarze występowania skał zwięzłych do produkcji kruszyw lamanych wszędzie występuje klasa II i niższe kruszywa. Są one stosowane do budowy korpusów dróg, szlaków kolejowych. W odniesieniu do frakcji produkowanych kruszyw można powiedzieć, że zwykle klasa II i niższe odpowiadają frakcji tłuczni i kłifca.

Złoża najwyższej jakości obejmują przede wszystkim obszar Dolnego Śląska wykorzystujące skały pochodzenia magmowego do budowy górnych, ścieralnych warstw drogi. Niezależnie od tego, poza obszarem Dolnego Śląska istnieją złoża pochodzenia osadowego o parametrach fizycznych odpowiadających najwyższej klasie kruszyw. Mogą być one, przy zastosowaniu eksploatacji selektywnej złoża, wykorzystywane coraz częściej.

Lokalizacja kopalni jest skrajnie niekorzystna w stosunku do odbiorców. Kopalnie położone są w szerokim pasie od Dolnego Śląska, przez Górny Śląsk, rejon Krakowa i Nowego Sącza, gdy odbiorcy są na terenie całego kraju. Wymusza to konieczność dalekiego i systematycznego transportu z południa do środkowej i północnej części kraju [8].

Koszty transportu i graniczny koszt transportu

Lokalizacja eksploatacji odkrywkowej kruszyw ma charakter wybitnie surowcowy, a także transportowy [10]. Oznacza to, że zakłady górnicze lokowane są w miejscu występowania kopalni i możliwie blisko rynków zbytu.

Są dwa podstawowe rodzaje transportu: samochodowy i kolejowy, które zaspokajają popyt odbiorców.

Koszty każdego z nich określane są w układzie rodzajowym jako koszty:

- materiałów
- paliw
- energii
- robocizny
- amortyzacji
- ubezpieczeń, itd.

Transport do odbiorców odbywa się jednak w odmiennych warunkach: po różnych drogach, przy zastosowaniu różnego rodzaju energii. Różna też jest lokalizacja odbiorców kruszyw względem siebie, a także różna względem miejsc produkcji [6].

Kruszywa lamane (dla drogownictwa) występują na południu kraju, a odbiorcy na obszarze całej Polski są więc

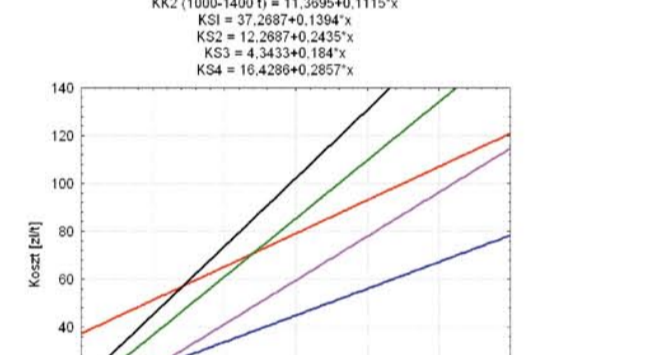
rozmyślczone peryferyjnie względem nich. Miejscami odbioru są drogi kolejowe i kołowe. Takie rozmieszczenie odbiorców i kopalni oznacza konieczność dalekiego transportu do odbiorców.

Kruszywa piaszkowo-żwirowe są rozmieszczone dość równomiernie w stosunku do odbiorców. Są pozostałością lodowców, lub pochodzenia rzecznoego (na południu).

Wspólną cechą oceny ilościowej transportu kruszyw do odbiorców jest jednolity układ kosztów i jednolite taryfy (względnie ceny umowne transportu kruszyw). Cechami różniącymi są: różne rodzaje energii, różne rodzaje dróg transportowych, różne odległości transportu. Powoduje to, że w sposób stały zmieniają się wzajemne relacje kosztów. Dalszą konsekwencją tego jest tworzenie się stałych granic ekonomicznych pomiędzy transportem samochodowym i kolejowym, co jest równoznaczne z określeniem tzw. „promienia ekonomicznego przewozu”, czyli odległości do której oplaca się stosować konkretny rodzaj transportu w porównaniu z drugim. Wyznaczenie tej wielkości ma podstawowe znaczenie zarówno dla odbiorcy kruszyw, jak i kopalni surowców skalnych. Odbiorcy kruszyw, ponoszą zarówno koszty wydobycia, jak i transportu. W przypadku odbiorców peryferyjnych koszty transportu są głównym nośnikiem kosztów mierzonych u odbiorcy. Z dotychczasowych doświadczeń można powiedzieć (uogólniając), że w przypadku kruszyw lamanych odległość przy której koszt jednostkowy wydobycia jest równy kosztowi transportu wynosi ok. 150 km., a później proporcjonalnie rośnie. Wyznaczenie granicznej wielkości transportu samochodowego i kolejowego ma też znaczenie dla producentów kruszyw. Te kopalnie (jak i potencjalne miejsca produkcji), które leżą bliżej odbiorców mają większe możliwości w jej zbyciu, gdyż odbiorcy mają tendencję zakupu kruszyw w miejscach możliwie bliższych [5-7, 10].

Koszty transportu służą do rozliczeń między przewoźnikiem, a odbiorcą, ale też wyznaczają rejonizację zaopatrywania odbiorców. Rejonizacja ta wyznaczana jest granicą opłacalności stosowania samochodowego i kolejowego.

Na rysunkach 1, 2 i 3 wykreślono regresję kosztów względem odległości transportu L w celu określenia ilościowej relacji pomiędzy kosztami transportu kolejowego i samocho-



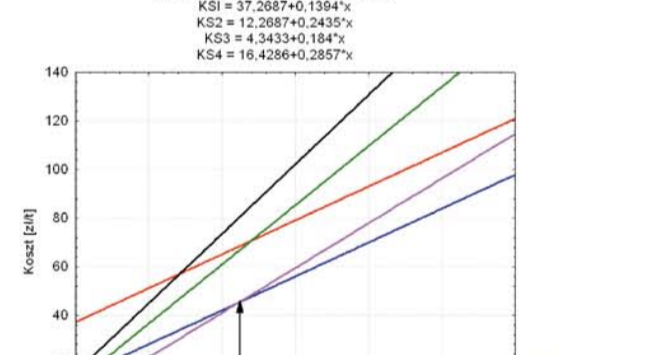
Rys. 2. Koszty jednostkowe transportu kolejowego i samochodowego przy wielkości składu 1000-1400 t [6]. KK2 – koszt transportu kolejowego (skład 1000-1400 t); KS1, KS2... – koszt transportu samochodowego przewoźnika S1, S2...

Fig. 2. Unit costs of railway and automotive transport with storage size of 1000-1400t [6]. KK1 – cost of railway transport (storage 1000-1400 t); KS1, KS2... – cost of automotive transport carrier S1, S2...

dowego, szczególnie określenia przy jakich odległościach od miejsca zadania kruszywa następuje zrównanie kosztów transportu. Zadaniem to jest wyznaczenie z punktu widzenia kopalni tworzącej infrastrukturę transportową własną, zależną od rodzaju transportu, jak i punktu widzenia odbiorcy kruszywa, który przy różnych odległościach od miejsca zakupu kruszywa ponosi różne koszty transportu.

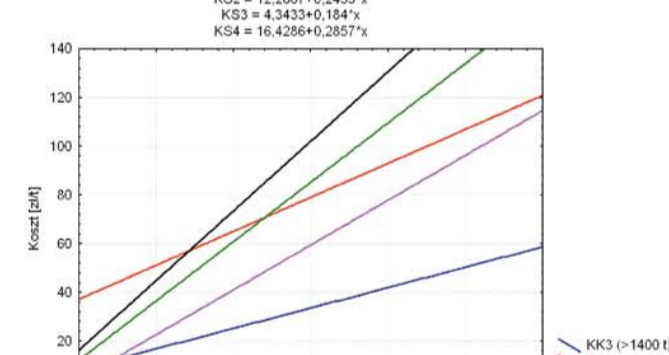
Istotną częścią każdego wykresu jest określenie punktów wspólnych transportu kolejowego i samochodowego. Każdy taki punkt oznacza, że na lewo od niego koszt transportu kolejowego jest większy od samochodowego. Punkty te rzutowane na oś odległości wyznaczają graniczne odległości transportu kolejowego i samochodowego. Można też punkty te wyliczyć analitycznie. Przykładowo porównując na rysunku 1 – KK1 i KS3 uzyskujemy (zmienna x = L):

$$KK1 = 14,1953 + 0,1399L$$



Rys. 1. Koszty jednostkowe transportu kolejowego i samochodowego przy wielkości składu 800-1000 t [6]. KK1 – koszt transportu kolejowego (skład 800-1000 t); KS1, KS2... – koszt transportu samochodowego przewoźnika S1, S2...

Fig. 1. Unit costs of railway and automotive transport with storage size of 800-1000t [6]. KK1 – cost of railway transport (storage 800-1000 t); KS1, KS2... – cost of automotive transport carrier S1, S2...



Rys. 3. Koszty jednostkowe transportu kolejowego i samochodowego przy wielkości składu powyżej 1400 t [6]. KK3 – koszt transportu kolejowego (skład >1400 t); KS1, KS2... – koszt transportu samochodowego przewoźnika S1, S2...

Fig. 3. Unit costs of railway and automotive transport with storage size over 1400 t [6]. KK1 – cost of railway transport (> 1400 t); KS1, KS2... – cost of automotive transport carrier S1, S2...

$$KS3 = 4,3433 + 0,184L$$

KK1=KS3, gdy L = 221,4 km, co zaznaczono na rysunku [6].

Rysunki 2 i 3 przedstawiają graniczne odległości transportu kolejowego i samochodowego, ale przy większej ilości kruszywa w składzie pociągu: odpowiednio (1000-1400) i >1400 ton. Widać z nich, że graniczny promień opłacalności transportu kolejowego zmniejsza się przy większej ilości ton w składzie pociągu.

Wnioski końcowe

- 1) Produkcja kruszyw żwirowych i lamanych na potrzeby budownictwa i drogownictwa jest związana nierozdzielnie z popytem. Popyt na kruszywa jest ciągły w czasie i na powierzchni kraju, zależny jest od infrastruktury budowlanej i drogowej kraju.
- 2) Transport samochodowy i kolejowy wykorzystany jest do zaspokojenia popytu. Relatywnie niskie koszty odkrywkowej eksploatacji złóż kruszyw, sprawiają, że transport kruszyw do odbiorców jest często głównym

nośnikiem kosztów mierzonych u odbiorców, dotyczy to głównie kruszyw lamanych. Koszty transportu kruszyw są głównym czynnikiem decydującym o lokalizacji zakładów kruszyw w stosunku do odbiorców.

- 3) Istnieje wyraźna granica opłacalności transportu samochodowego i kolejowego. Zależy ona od wielu czynników i jest w skrajnym przedziale ok. 15-200 km, zwykle jednak nie przekracza odległości 100 km. Granica ta wyznacza równocześnie strefy popytu lokalnego (do ok. 100 km) zaspokajanego przez wszystkie kopalnie – umownie „małe” i „duże” oraz popytu ponad-lokalnego zaspokajanego przez kopalnie „duże” posiadające bocznicę kolejową.

Literatura

- Praca powstała w ramach projektu pt. „Strategie i Scenariusze Technologiczne Zagospodarowania i Wykorzystania Złóż Surowców Skalnych” (Nr POIG.01.03.01-00-001/09), realizowanego przez Wydział Operacyjny Gospodarki, lata 2007-2013, Priorytet 1, Działanie 1.3, Poddziałanie 1.3.1 Projekty rozwojowe.
- [1] Isard W. (red.), *Metody analizy regionalnej. Wprowadzenie nauki o regionach*. PWN, Warszawa, 1965
 - [2] Lochańska D., *Analiza metod bilansowania popytu z produkcji surowców skalnych*. Górnictwo i Geoinżynieria. Kwartalnik AGH. Rok 34, z. 4, Kraków, 2010
 - [3] Mynarski S. (red.), *Analiza rynku. Systemy i mechanizmy*. Akademia Ekonomiczna w Krakowie, Kraków, 1993
 - [4] Inie M., Myszkowski R., Salamon E., Kawulak M., *Problemy Górnictwa i Geoinżynierii w obszarach występowania złóż kruszywa naturalnego w dolinach rzecznych na przykładzie rzeki Raby*. [W:] Technika i technologia w ochronie środowiska. I Forum Inżynierii Ekologicznej, Lublin-Nałęczów, 1996
 - [5] Potrykowski M., Taylor Z., *Geografia transportu. Zarys problemów, modeli i metod badawczych*. PWN, Warszawa, 1982
 - [6] Stryszewski M. (red.), *Infrastruktura transportowa miejsc wydobycia w ich otoczeniu pod kątem możliwości wywozu produkcji do odbiorców*. Analiza kosztów transportu surowców skalnych do odbiorców Region Małopolski z Podkarpaciami (6.3.5). Strategie i scenariusze technologiczne zagospodarowania i wykorzystania złóż surowców skalnych., Kraków, 2011
 - [7] Stryszewski M. (red.), *Infrastruktura transportowa otoczenia miejsc wydobycia pod kątem możliwości wywozu produkcji do odbiorców*. Analiza kosztów transportu surowców skalnych do odbiorców i wykorzystania złóż surowców skalnych., Kraków, 2011
 - [8] Stryszewski M., *Metoda bilansowania popytu z produkcji w regionach eksploatacji surowców skalnych na przykładzie kruszyw drogowych*. Zeszyt Naukowy AGH, Górnictwo nr 162 Kraków, 1993
 - [9] Szuba J., *Ocena jakości kruszyw Górzadzkie Kruszywa na tle konkurencji*. I Sympozjum Naukowo-Techniczne Kruszywa właściwości i zastosowanie. Karpacz, 6-7 lipca 2007.
 - [10] Tarski I., *Transport jako czynnik lokalizacji produkcji*, PWE, Warszawa, 1967

Artykuł recenzował dr inż. Jerzy Jonkis

Rękopis otrzymano 28.09.2011 r. * 2224