

*górnictwo odkrywkowe, kruszywa piaskowo-żwirowe,
kruszywa łamane, popyt, podaż*

Marek STRYSZEWSKI*
Dorota ŁOCHAŃSKA

METODA OCENY ROLI I FUNKCJI REGIONÓW SUROWCÓW SKALNYCH W GOSPODARCE KRAJU

Surowce skalne odgrywają podstawową rolę w gospodarce każdego kraju, zarówno w budownictwie, komunikacji, przemyśle chemicznym, metalurgicznym i innych. Wydobywane są w sposób ciągły w kolejnych latach, a wielkość wydobycia zależy od chwilowego popytu. Miejsca ich pozyskiwania cechują się zwykle rozległością obszarową; istnieje więc zawsze swoboda lokalizacji nowej produkcji, jak i dalszego rozwoju już istniejącej. O roli i funkcji regionu w gospodarce kraju decyduje w pierwszym rzędzie wielkość bazy surowcowej i jej jakość, ale też w wzajemne rozmieszczenie regionów względem siebie, względem odbiorców, i istniejąca infrastruktura przestrzenna regionu, jego walory przyrodnicze, kulturowe, kształcące. Wszystkie to sprawia, że funkcja i rola tych jest wynikiem wielu zgodnych, lub wykluczających się przyczyn. Opracowanie wykonano na przykładzie regionów Polski południowej.

1. UZASADNIENIE TWORZENIA REGIONÓW SUROWCOWYCH

Istnieje związek przyczynowo-skutkowy między miejscami wydobycia kopalin skalnych, a miejscami odbioru. Ma on charakter stały i zachodzi zawsze w ten sam sposób w kolejnych latach. Podstawową zasadą korzystania z zasobów surowców jest pozyskiwanie w pierwszej kolejności tych, które są bliskie i występują w łatwych do wydobycia warunkach. Aby określić region surowców skalnych należy określić związki jakościowe i ilościowe związane z miejscami podaży i popytu surowców skalnych. Związki jakościowe obejmują: przeznaczenie kopaliny, strukturę popytu i podaży, wzajemne rozmieszczenie miejsc produkcji i popytu oraz rozmieszczenie względem granic państwa. Związki ilościowe to: koszty wydobycia i transportu zewnętrznego do odbiorców, funkcje kosztów w odległości i transportu, rodzaj transportu, promień ekonomiczny przewozu jako graniczna odległość między transportem samochodowym i kolejowym.

* AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Katedra Górnictwa Odkrywkowego,
mstrysz@agh.edu.pl, lochan@agh.edu.pl

1.1. PRZEZNACZENIE

Zastosowanie kruszyw żwirowych* i łamanych jest podobne: w budownictwie i drogownictwie, choć żwirowe mają większe i szersze zastosowanie w budownictwie, a łamane w drogownictwie.

Zastosowanie ich jest uniwersalne, głównie w budownictwie mieszkalnym, ale też w drogownictwie, przy wymianie gruntów. Pozyskiwane są wszędzie, nawet tam, gdzie są najmniejsze zasoby, legalnie i nielegalnie. Wykorzystywane są w każdej postaci, nawet takiej, jak po wydobyciu złoża, bądź po prostej przeróbce rozdzielania frakcji na sitach, lub w procesie kruszenia. Globalnie, w skali kraju, wszędzie pozyskiwana jest frakcja żwirowa, jako produkcja główna. Wyjątek stanowi frakcja piaszczysta, która jest podstawowa na terenie Polski południowej. Kruszywa pozyskiwane są w odległościach od kilkuset metrów od miejsca wykorzystania (lokalnie) do nawet kilkuset kilometrów (Suwałki–Warszawa, Suwałki–Lublin).

1.2. STRUKTURA POPYTU I PODAŻY

Kopaliny skalne występują zwykle na znacznej rozległości obszarowej i często odgrywają podstawową rolę w różnych dziedzinach gospodarki państw: budownictwie, komunikacji i innych. Celem ich pozyskiwania jest zaspokojenie popytu. Istnieje, więc relacja wzajemnych powiązań: produkcja kopalń – popyt odbiorców. Elementem łączącym produkcję z popytem jest transport. Powiązania miejsc produkcji z popytem nie mają charakteru losowego, ale odbywa się w ramach systemu wzajemnych zależności i powiązań. Zależy to od struktury podaży i popytu, a więc ciągłości (czy występują wszędzie, czy w postaci gniazdowej), jednorodności (są wszędzie takie same, czy różnią się terytorialnie między sobą), zmienności w kierunku (czy są kierunki o stabilnym, bądź większym popycie i podaży).

W przypadku kopalń występujących na pewnym obszarze bilansuje się grupę kopalń z grupą odbiorców produkcji.

Kopaliny zaliczane dotychczas do pospolitych pozyskiwane są zwykle na znacznym obszarze, kruszywa żwirowe na całej powierzchni, a łamane na południu kraju. W obu przypadkach istnieje swoboda wyboru lokalizacji kopalń, lub swoboda wzniesienia produkcji. Popyt na produkcje kopalń związany jest z gęstością zaludnienia (w odniesieniu do kruszyw żwirowych) i gęstością sieci transportowej w odniesieniu dla kruszyw łamanych.

*W obecnie obowiązującym nazewnictwie stosuje się określenie kruszywa piaszczysto-żwirowe. Opracowanie dotyczy frakcji żwirowych – jak w tekście.

1.3. WZAJEMNE ROZMIESZCZENIE MIEJSC PRODUKCJI I POPYTU ORAZ ROZMIESZCZENIE WZGLĘDEM GRANIC PAŃSTWA

Popyt na surowce skalne żwirowe i łamane jest rozmieszczony równomiernie na obszarze kraju, choć ma różny charakter. Miejscami popytu kruszyw dla drogownictwa są linie komunikacyjne; im większa gęstość dróg tym większy popyt. Popyt na kruszywa żwirowe wyraźnie ukierunkowany jest na większe aglomeracje miejskie. Ich odbiorcami są głównie większe skupiska ludzkie: im większe, tym większy popyt. Uogólniając można powiedzieć, że popyt na oba rodzaje kruszywa jest ciągły na obszarze kraju, lecz różnie ukierunkowany zależnie od przeznaczenia kruszywa.

1.4. KOSZTY WYDOBYCIA I TRANSPORTU ZEWNĘTRZNEGO DO ODBIORCÓW

Koszty* te w zasadniczy sposób decydują o łącznym koszcie kruszyw, jaki ponosi odbiorca. Koszty wydobycia kruszyw kształtują się różnie dla kruszyw żwirowych i łamanych. W przypadku kruszyw łamanych silnie zależą od wielkości wydobycia (im większe, tym koszty jednostkowe mniejsze). Wielkość bezwzględna kosztów dla pojedynczej kopalni kształtowana jest głównie przez układ technologiczny, a szczególnie przez transport samochodowy i przeróbkę skały zwięzłej. Koszty kruszyw żwirowych (w porównywalnych przedziałach wydobycia) są zwykle mniejsze i mało zależne od wielkości wydobycia, przy dużym zróżnicowaniu zależnym od wielkości i różnorodności układów technologicznych: wydobycie–transport–przeróbka. Koszty transportu zewnętrznego (do odbiorców) silnie zależą od rodzaju transportu (samochodowy, kolejowy) oraz od odległości. Od kilkudziesięciu lat kształtują się podobnie, choć zależą od wielkości jednorazowo przewożonego ładunku, wielkości zamówienia, sezonowości pracy, chwilowych upustów i promocji przewozów. Porównanie kosztów transportu kolejowego i samochodowego określa ekonomiczny promień przewozu, czyli odległość zrównania obu rodzajów kosztów. W chwili obecnej promień ten wynosi ok. 150 km. Wielkość liczbowa tego promienia pełni ważną rolę w określeniu zasięgu transportu lokalnego kruszyw do odbiorców w relacji z transportem ponadlokalnym.

2. PODSTAWY TEORETYCZNE

Steinhaus H. [5] podał warunek konieczny w odniesieniu do następującego zadania.

Oznaczmy moment bezwładności części K_i względem punktu A_i przez $J(K_i, A_i)$, ($i = 1, 2, \dots, n$). Szukamy układu części i środków $K = K_i, A = A_i$ takich żeby:

*Pełniejsza analiza kosztów wydobycia kruszyw żwirowych i łamanych będzie przedmiotem szerszej publikacji jednego z autorów.

$$S(K, A) = \sum_{i=1}^n J(K_i, A_i) = \min \quad (1)$$

B. Kopociński [1] rozwiązał to zadanie w odniesieniu do populacji ludzi w Polsce. Sprowadziło się to do zagadnienia: jak ustawić n obserwatorów i wyznaczyć obszary obserwacji, aby całkowita suma kwadratów odległości osobników do obserwatorów była minimalna?

W naszym zadaniu „obserwatorami” są miasta wojewódzkie, a „osobnikami” są miejsca wydobywania kruszyw żwirowych. Rozwiązanie tego zadania sprowadzało się do miast (wg podziału na województwa w 1960 roku) liczących ponad 10 000 osób:

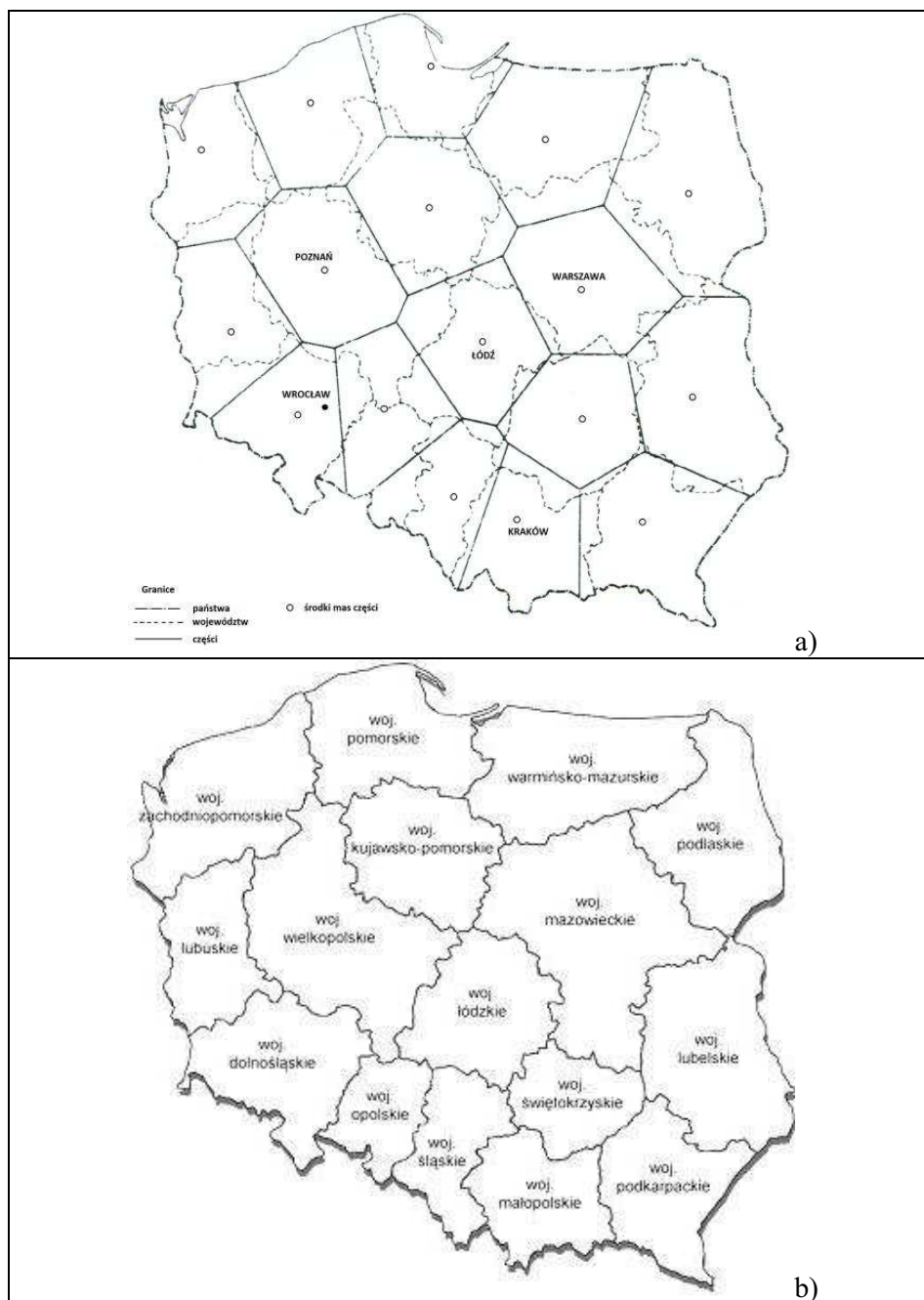
- na mapie kraju umieszczono punkty o masie 10 000 osób;
- punkty odpowiadające ludności powyżej 10 000 osób umieszczono we właściwym miejscu na mapie;
- punkty dla pozostałej ludności powiatu umieszczono losowo w obrębie tego powiatu.

Ostateczne uzyskano rozwiązanie:

1. wrysowano dowolny podział początkowy, który oznaczono przez $\{K_i^o\}$ i wyznaczono w każdym obszarze środek ciężkości masy;
2. dla punktów $\{A_i^o\}$ wyznaczono nowy podział $\{K_i^1\}$, którego boki leżą na symetralnych sąsiednich punktów $\{A_i^o\}$. Podział ten ma na ogół inne środki ciężkości $\{A_i^1\}$;
3. dla $\{A_i^1\}$ postępujemy jak w p.2 i powtarzamy postępowanie tak długo, aż środki i podziały przestaną się przesuwać. Ostatni podział przyjmuje się za rozwiązanie.

Na rysunku 1a przedstawiono rozwiązanie zagadnienia dla $n = 17$ województw (1960) odpowiadające siódmemu przybliżeniu. Wyznaczając symetralne łączące miasta wojewódzkie wyznaczono wokół ich stolic obszary, które mają taką własność, że każdy odbiorca kruszyw żwirowych jest bliżej tego miasta, niż inny, leżący w innej strefie. W tym podziale produkcja kruszyw w strefie skierowana jest głównie do miasta wojewódzkiego.

Na rysunku 1b przedstawiono obecny podział województw. Należy zauważyć, że istnieje duże podobieństwo granic województw z granicami w obecnym podziale administracyjnym. Sugeruje to przyjęcie województw jako regionów surowcowych kruszyw żwirowych. W literaturze ekonomicznej, np. [8] obszar województwa wokół większego miasta związany systemem wzajemnych powiązań zwany jest regionem węzłowym.



Rys. 1. Podział kraju minimalizujący odległości transportu kruszyw zwirowych do odbiorców:
 a) w granicach województw z 1960 r. b) w granicach województw z 2012 r. [1]

Fig. 1. Division of the country minimizing the distances of transporting gravel aggregates to recipients:
 a) within the borders of voivodships from 1960;
 b) within the borders of voivodships from 2012 [1]

3. WYZNACZENIE REGIONÓW SUROWCOWYCH KRUSZYW ŻWIROWYCH

Region surowcowy kruszyw żwirowych musi spełniać warunki: zaspokajać popyt większych aglomeracji miejskich, minimalizować odległość transportu, minimalizować koszty transportu.

Można zauważyć, że warunki te spełnia obszar województw w kraju na terenie, którego znajdują się kopalnie kruszyw żwirowych i transport kruszyw odbywa się w ramach promienia ekonomicznego przewozu. Równocześnie trzeba zauważyć, że jeśli obszar każdego województwa zmienimy na powierzchnie okręgu, to promienie tego okręgu mieszczą się w promieniu ekonomicznego przewozu.

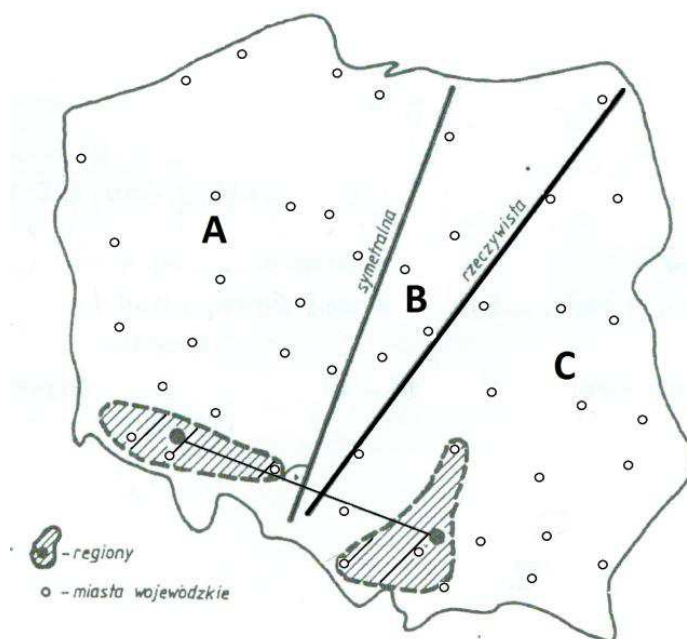
Pośród wielu dziedzin życia człowieka, które zachowały ciągłość od czasów najdawniejszych do współczesnych jest sposób korzystania z zasobów surowców skalnych powszechnie występujących i powszechnie stosowanych. Polega on na korzystaniu w pierwszej kolejności z zasobów bliskich i łatwych w pozyskaniu.

Ze względów formalnych i możliwości technicznych zaspokojenia popytu można w sposób dowolny wybrać grupę kopalń zaspokajających popyt dowolnej grupy odbiorców. Uwzględniając jednak istotę tego co łączy „od zawsze” kopalnie kruszyw z miejscami odbioru kruszywa można zauważyć, że istnieje tylko jeden obszar bilansowania popytu z podażą, na którym będzie najmniejszy koszt zaspokojenia popytu mierzony u odbiorcy. Obszarem tym jest obszar województwa w granicach administracyjnych.

4. WYZNACZENIE REGIONÓW SUROWCOWYCH KRUSZYW ŁAMANYCH (DLA DROGOWNICTWA)

Popyt jest równomiernie rozmieszczony na obszarze kraju i związany jest z siecią komunikacyjną. Rozmieszczenie złóż i wydobycie (podaż) jest peryferyjny w stosunku do odbiorców – wydobycie jest na południu kraju, a odbiorcy na całym obszarze. Wyróżnione są trzy regiony surowcowe: dolnośląski, świętokrzyski i karpacki. Dominującym pod względem wielkości bazy zasobowej i jakości jest dolnośląski, znacznie oddalony od pozostałych. Przy skrajnie peryferyjnym położeniu regionów w stosunku do odbiorców niezbędne jest określenie, jaka część kraju winna być zaopatrywana, z jakiego odbioru. Inaczej mówiąc trzeba zminimalizować pracę transportową kruszyw do odbiorców. Minimalizacja pracy transportowej prowadzi do dostosowania wielkości produkcji regionu do popytu na obszarze kraju. Dostosowanie wielkości produkcji regionów do wielkości popytu jest korzystne zarówno dla kopalń (które znajdując się bliżej rynków zbytu kruszyw łatwiej sprzedają produkcję), jak i dla kupujących kruszywo (cena transportu z bliskich kopalń zmniejsza łączną cenę – wraz z ceną produkcji). Problem ten został rozwiązany w pracy [6], przy założeniach:

- przedmiotem pracy są kruszywa łamane dla drogownictwa pozyskiwane na obszarze kraju w regionach: dolnośląskim, świętokrzyskim i karpackim,
- porównuje się ze sobą te asortymenty, które pozyskiwane są w trzech regionach (tłuczeń i kliniec),
- uzasadnia się, że koszty jednostkowe produkcji kruszyw w regionach są nieistotnie różne.



Rys. 2. Wyznaczenie stref wpływu regionów surowcowych kruszyw łamanych minimalizujący odległość transportu do odbiorców (1986) [6]

Fig. 2. Determining the influence zones of raw materials regions of broken aggregates minimalizing the distances of transporting to recipients (1986) [6]

Teza pracy: warunkiem minimalizacji pracy transportowej na zaspokojenie popytu na kruszywa jest dostosowanie wielkości produkcji regionów do stref popytu.

W strefach tych wyznacza się:

- punkty centralne produkcji regionów*,
- symetralną odcinka łączącego punkty centralne,
- rzeczywistą granicę stref wpływu regionów jako linię graniczącą popyt (skupiony w każdym mieście wojewódzkim) z obu regionów.

Stąd uzyskuje się (rys. 2) trzy strefy: A – wpływu regionu Dolnośląskiego, B i C – wpływu regionu Karpacko–Świętokrzyskiego. Oznacza to, że najmniejsza praca transportowa na pokrycie popytu jest, gdy region Dolnośląski zaspokaja popyt w strefie A, a Karpacko–Świętokrzyski w strefie B i C. Popyt zaspokajany przez region Dolnośląski w strefie B jest miarą niedostosowania wielkości produkcji kruszyw

* Ostatecznie do rozważań przyjęto Region Dolnośląski i Karpacko-Świętokrzyski (połączone ze sobą).

do popytu. Skutkuje to zbędną pracą transportową, a więc zwiększonym transportem kruszyw bez zwiększenia ilości celowo przewiezionego kruszywa (przewozy krzyżujące się, przeciwbieżne i tranzytowe).

Porównując jakościowo rysunki 3a i 3b można zauważyć:

- na rysunku 3a widać wyraźną dominację regionu Dolnośląskiego nad pozostałymi, gdy na rysunku 3b zauważa się zwiększony udział regionu Świętokrzyskiego w pokryciu popytu w środkowej, północnej i południowowschodniej części kraju. Zjawisko to należy uznać za korzystne, gdyż region Świętokrzyski, najbardziej wysunięty na północ jest najbliższy odbiorcom w północnej, środkowej i południowo-wschodniej części kraju. Korzystanie z jego zasobów zmniejsza pracę transportową na pokrycie popytu w porównaniu z korzystaniem z zasobów innych regionów;
- region Karpacki (a ściślej obszar Kraków–Krzeszowice–Nowy Sącz) ma charakter lokalny, wyjątek stanowi kilka kopalń, które posiadają bocznice kolejowe;
- na rysunkach 3a i 3b widać, że południowo-wschodnia część kraju (woj. podkarpackie) korzysta z zasobów innych regionów, choć samo leży w pobliżu i na zasobach dobrej jakości kruszyw.

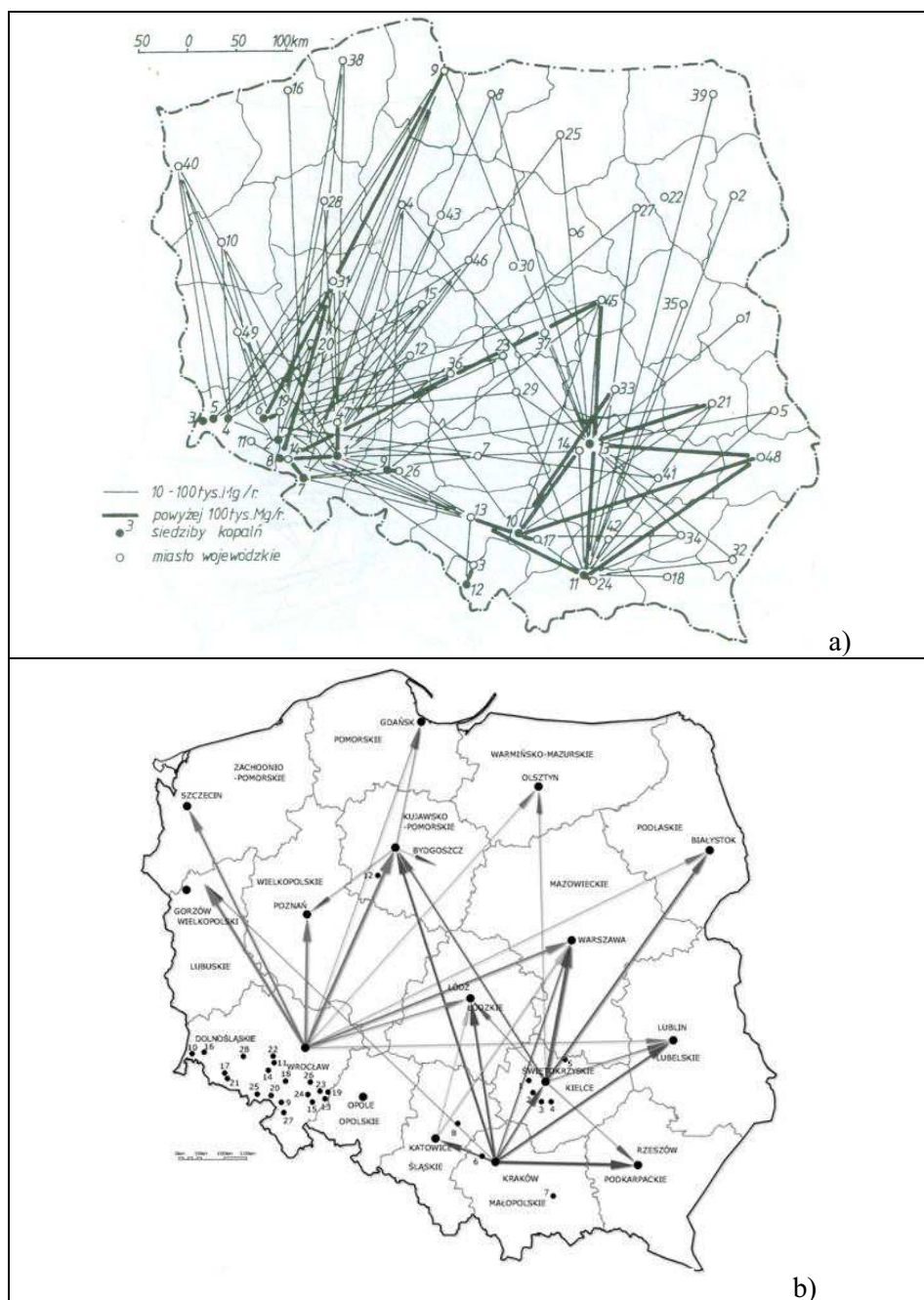
5. PODSUMOWANIE

Przedmiotem opracowania było wyznaczenie stref bilansowania popytu z podażą kruszyw żwirowych i łamanych. Wyznaczenie tych stref jest ważne zarówno dla odbiorców kruszyw (możliwie mały koszt transportu z miejsc produkcji) jak i producentów (leżący bliżej miejsc produkcji łatwiej znajdują nabywców). Podstawowym warunkiem prawidłowego wyznaczenia tych stref jest ustalenie istoty korzystania z zasobów surowców skalnych. Dla kruszyw żwirowych i łamanych podstawowym elementem łączącym odbiorcę kruszyw z producentem jest odległość transportu.

Dla każdego rodzaju kruszyw istnieje inny, optymalny z punktu widzenia odbiorcy, obszar bilansowania popytu w strefach z produkcją regionów, co zależy od ciągłości występowania kruszyw na obszarze kraju i specyfiki odbiorców, którzy mogą wytwarzać popyt gniazdowy (miasta w odniesieniu do kruszyw żwirowych), lub rozproszony (linie transportowe w odniesieniu do kruszyw łamanych).

Dla kruszyw żwirowych optymalnym obszarem bilansowania jest obszar województwa. Największy popyt wytwarza miasto wojewódzkie i mniejsze skupiska ludności. W powierzchni województwa mieści się promień ekonomicznego przewozu kruszywa.

Dla kruszyw łamanych, których produkcja (południe kraju) jest silnie zdekoncentrowana w stosunku do odbiorców (sieć drogowa) optymalne strefy bilansowania produkcji regionów z popytem wyznaczone są przez symetralną odcinka łączącego punkty centralne regionów produkcji i granicą państwa (rys. 2).



Rys. 3. Porównanie wywozu kruszyw łamanych: a) 1986 r.; b) 2010 r.
 Fig. 3. Comparison of broken aggregates export: a) 1986; b) 2010

Istnieje konieczność ochrony prawnej zasobów kruszyw w regionach surowcowych (województwach dla kruszyw żwirowych i strefach wpływu regionów surowcowych dla kruszyw łamanych) tak, jak istnieje system ochrony prawnej atmosfery i hydrosfery. Możliwość korzystania ze stałych i bliskich odbiorcom baz zasobów kopalni skalnych sprawia, że odbiorcy kruszyw ponoszą najniższe koszty transportu w inwestycjach, do których użyty jest kamień.

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 w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka, lata 2007–2013.

LITERATURA

- [1] KOPOCIŃSKI B., *O podziale terytorialnym Polski na części. Zastosowania Matematyki V*, 1960.
- [2] ŁOCHAŃSKA D., *Ocena metod bilansowania popytu z produkcją surowców skalnych*, Górnictwo i Geoinżynieria, Kwartalnik AGH, rok 34, z. 4, Kraków 2010.
- [3] NIEĆ M. (i in.), *Problemy gospodarki środowiskiem na obszarach występowania złóż kruszywa naturalnego w dolinach rzecznych na przykładzie rzeki Raby*, I Forum Inżynierii Ekologicznej Technika i Technologia w Ochronie Środowiska, Lublin–Nałęczów 1996.
- [4] ROBINSON G.R. jr., *Trends In availability of aggregate Geological Survey*, Mining Engineering 2004, 954 National Center, Reston, VA 20192.
- [5] STEINHAUS H., *Sur la divisi on, des corps materials en perties. Bulletin de L'Academie Polonaise des sciences. 1956 CL. III, Vol. IV, Nr 12.*
- [6] STRYSZEWSKI M., *Metoda bilansowania popytu z produkcją w regionach eksploatacji surowców skalnych na przykładzie kruszyw drogowych*, Zeszyty Naukowe AGH, Górnictwo nr 162, Kraków 1993.
- [7] STRYSZEWSKI M., *Programowanie eksploatacji i zagospodarowania terenów pogórnicznych złóż kruszywa naturalnego w dolinach rzek karpackich na przykładzie Karpat Zachodnich*, Monografia, Ucz. Wyd. Nauk. Dyd. AGH, Kraków 2006.
- [8] SZYMLA Z., *Determinanty rozwoju regionalnego*, Zakł. Narodowy im. Ossolińskich, Wrocław 2000.

METHODS OF ESTIMATING THE ROLE AND FUNCTION OF ROCK MATERIALS REGIONS IN THE COUNTRY'S ECONOMY

Rock materials play the crucial role in the economy of any country, in the building industry, communication, chemical and metallurgical industries, and many others. Rock materials are exploited in a continuous way in subsequent years and the amount of output depends on temporary demand.

Rock materials exploiting sites tend to be located in extensive areas and therefore there is always freedom of locating a new production site as well as further development of the existing one. The role and function of a rock materials region depends mainly on the size of raw materials base and its quality, but also on mutual distribution of regions in relation to one another, their recipients and the existing spatial infrastructure of the region, its natural, cultural, and educational values. All the above factors influence the role and function of raw materials regions as the result of numerous consistent or exclusive reasons. The analysis was prepared on the example of southern regions of Poland.