

*GIS, transport, kopaliny,
modelowanie, drogi,
analizy, trasy*

Sebastian CHEĆIŃSKI¹

MODELOWANIE TRAS WYWOZU SUROWCÓW SKALNYCH Z WYKORZYSTANIEM ŚRODOWISKA GIS

Prezentowano metodykę automatycznego szacowania intensywności ruchu transportu górniczego na poszczególnych odcinkach dróg w rejonach eksploatacji kopalni skalnych; identyfikacji tzw. „wąskich gardeł”. Przedstawione zostały narzędzia geoinformatyczne oraz przyjęte założenia upraszczające, umożliwiające wykonanie wstępnej analizy, a także jej wyniki dla wybranego rejonu eksploatacyjnego. Wskazano konieczność realizacji badań związanych z lokalnymi przeciążeniami sieci drogowej w odniesieniu do przyjętej Strategii Rozwoju Województwa Dolnośląskiego oraz związane z nią szanse i zagrożenia dla przedsiębiorców górniczych. W podsumowaniu wskazano kierunki dalszego rozwoju opisywanych metod wraz z możliwością ich wykorzystywania.

1. WSTĘP

Budowa geologiczna regionu Dolnego Śląska sprzyja prowadzeniu na jego terenie eksploatacji górnicznej. Szczególną rolę w tej działalności odgrywają kopaliny skalne. Niektóre z nich (m.in. bazalt, granit, marmur) stanowią niemal całość produkcji krajowej i transportowane są do niemal każdego miejsca w Polsce (PIG-PIB 2013). Sprzyjające warunki ekonomiczno-górniczne, nie idą niestety w parze z możliwościami transportowymi sieci infrastrukturalnej (Adamczuk i in. 2009), co sprawia, że realizacja wywozu surowców napotyka na szereg barier i generuje znaczną liczbę konfliktów. Intensywność transportu samochodowego w niektórych rejonach eksploatacji osiąga poziom, który determinuje niezadowolenie i protesty lokalnych społeczności

¹ Politechnika Wrocławska, Wydział Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii, Instytut Górnictwa
sebastian.hecinski@pwr.edu.pl

(Strzegom, Kostrza), co zdecydowanie nie sprzyja rozwojowi branży. Zjawisko to zauważone zostało już w 2009 roku i stało się przedmiotem raportu „Studium wydobycia i transportu surowców skalnych na Dolnym Śląsku. Stan i perspektywy” (Wojewódzkie Biuro Urbanistyczne, obecnie Instytut Rozwoju Terytorialnego).

Problemy związane z transportem stały się ostatnio na tyle istotne, że ich rozwiązanie wpisane zostało w zatwierdzoną na początku 2013 roku „Strategię Rozwoju Województwa Dolnośląskiego 2020” (Przedsięwzięcie 3.4.15). Poza zwalczaniem konfliktowości, w dokumencie tym znalazły się postulaty zmian polityki transportowej, celem zmniejszenia oddziaływania na środowisko (Kryterium 1.3.7, Przedsięwzięcie 1.4.19), poprawienia atrakcyjności inwestycyjnej regionu (Korzyść 1.2.1), a także wytyczenia specjalnych korytarzy, przystosowanych do odbioru transportu ciężkiego (Priorytet 1.1.6, Przedsięwzięcie 1.4.14).

Wskazuje to, że w następnych kilku latach transport surowców skalnych na Dolnym Śląsku podlegał będzie daleko idącym przekształceniom, a zagadnienie lokalizacji miejsc konfliktowych, stanowiących jednocześnie ważne szlaki transportowe, będzie szczególnie istotne.

2. CEL BADAŃ

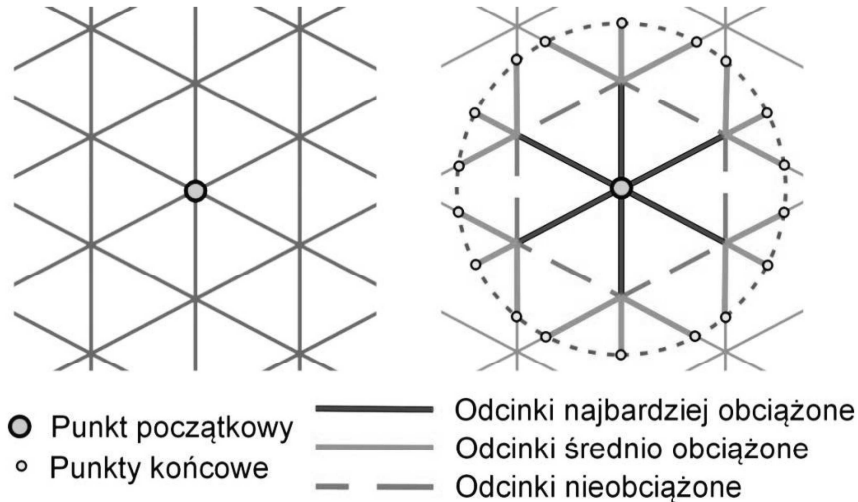
Studiując opracowania dotyczące problematyki transportu surowców na Dolnym Śląsku, można zauważyć znaczną trudność w skutecznym lokalizowaniu miejsc intensyfikacji transportu. Zadanie to realizowane jest jedynie poprzez zbieranie danych w terenie (pomiar liczby samochodów), co z uwagi na wielkość sieci drogowej, musi dotyczyć tylko wybranych jej odcinków. Jednocześnie pomiary odbywają się przede wszystkim na fragmentach dróg krajowych i wojewódzkich (Adamczuk i in. 2009), pomijając zupełnie drogi lokalne, na których intensywność transportu jest największa.

Wychodząc naprzeciw zagadnieniu lokalizacji miejsc występowania konfliktowości transportu surowców skalnych, opracowany został model analizy przestrzennej, który skutecznie wspomaga możliwość wskazania miejsc zwiększonej intensywności przewozów. Jest to zadanie szczególnie ważne z uwagi na to, że miejsca te stanowią istotne elementy tras wywozu kopaliny i powinny być uwzględnione w konstruowaniu wspomnianych wcześniej korytarzy transportowych.

3. GEOMETRYCZNY MODEL ANALIZY

Zagadnienie lokalizacji miejsc intensyfikacji transportu górniczego, w opisywanej metodzie, sprowadzono do rozwiązania zadania sieciowego, w którym zdefiniowany został minimalny obszar, poza który surowce są wywożona. Takie zdefiniowanie problemu w połączeniu z założeniem, że transport odbywa się najkrótszą drogą sprawia, że możliwe jest określenie maksymalnej liczby tras, po których może poruszać się

samochód. Granice zdefiniowanego obszaru przecinając sieć drogową stanowią będą punkty, których przekroczenie jest konieczne do dalszego wywozu surowca. W ten sposób z nieograniczonej ilości możliwych tras, uzyskiwana jest ilość równa liczbie punktów przecięcia granicy obszaru i sieci drogowej (rys. 1).



Rys. 1. Schemat wyznaczania tras wywozu surowców z zadanego obszaru
 Fig. 1. Scheme of haulage routes determination from specified area

Można zauważyć, że zdefiniowane trasy będą posiadały odcinki wspólne, co jest podstawą do oszacowania miejsc intensywnie wykorzystywanych w rozpatrywanym transporcie. Z przedstawionego przykładu widać, że dla 18 możliwych tras, każda ma początek w jednym z sześciu, najbliższych punktowi startowemu, odcinków. Zakładając, że ładunki transportowane są równomiernie do każdego z punktów końcowych, można przyjąć, że punkty początkowe będą trzykrotnie bardziej eksploatowane, co stanowi jednocześnie jedną szóstą całkowitego wywozu.

Z uwagi na trudność w określeniu proporcji wywozu w zależności od kierunku, a także znaczną czasową jej zmienność, w badaniu uwzględnia się maksymalne dopuszczalne obciążenie trasy (na podstawie dobowej wielkości wydobywania), określając w ten sposób maksymalne możliwe obciążenie odcinka przez transport z danej kopalni.

Przedstawione schematycznie zadanie przystosowano do środowiska GIS, które poza łączeniem funkcji operacji geometrycznych i funkcji matematycznych, pozwala na automatyzację procesu w odniesieniu do kilku złóż jednocześnie. Tworząc model iteracyjny opracowano mechanizm do automatycznego wyznaczania wszystkich tras z kilku kopalń i łączenia ich w jeden plik reprezentujący wielkości przewozów górniczych dla danego obszaru. Model wykonuje kolejno operacje: pobierania

informacji o lokalizacji złoża, buforowania, zasilania danymi narzędzi analiz sieciowych, eksportu wynikowego pliku tras, nadawania trasom wielkości przewozów wg produkcji, łączenia tras ze wszystkich analizowanych zakładów oraz nakładania sumarycznej informacji o natężeniu na pokrywający odcinek drogi (rys. 2).



Rys. 2. Schemat pracy narzędzi GIS w procesie wyznaczania tras wywozów
 Fig. 2. GIS tools working scheme, in haulage routes determination process

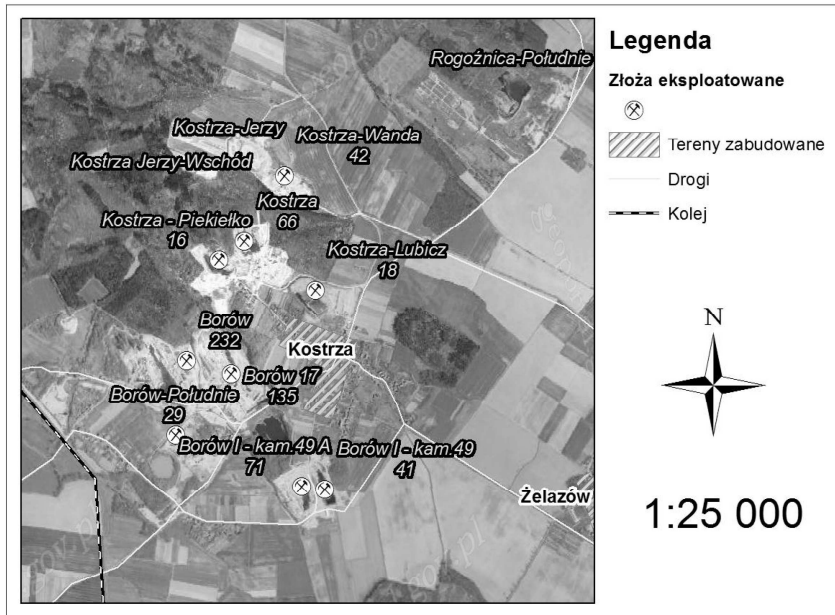
Na podstawie dostępnych danych (PIG-PIB, 2013) szacowana jest wielkość mas przewozowych i odnoszona do hipotetycznej liczby samochodów pokonujących dziennie zdefiniowane trasy (1). Liczbę samochodów (N) określa się dzieląc roczne wydobywanie zakładu (W) pomiędzy iloczyn dni roboczych ($d = 240$ dni) oraz średniej ładowności samochodu ($l = 30$ Mg). Liczba pojazdów dołączana jest do danych tabelarycznych złoża i przypisana do określonych tras na podstawie identyfikatora.

$$N = \frac{W}{d \cdot l} \quad (1)$$

Całkowite obciążenie danego odcinka sieci drogowej otrzymuje się sumując przestrzennie wartości nachodzących na niego tras z poszczególnych kopalni.

4. ANALIZA PRZYPADKU – WIEŚ KOSTRZA

Testowanie opisywanej metody wykonano dla obszaru wsi Kostrza, charakteryzującego się znaczną intensywnością produkcji górniczej (rys. 3). Jednocześnie opisany rejon posiada udokumentowane wyniki badań natężenia transportu górniczego (Pomiary Natężenia Ruchu), co bezpośrednio wykorzystano do oszacowania dokładności i jakości uzyskanych wyników.



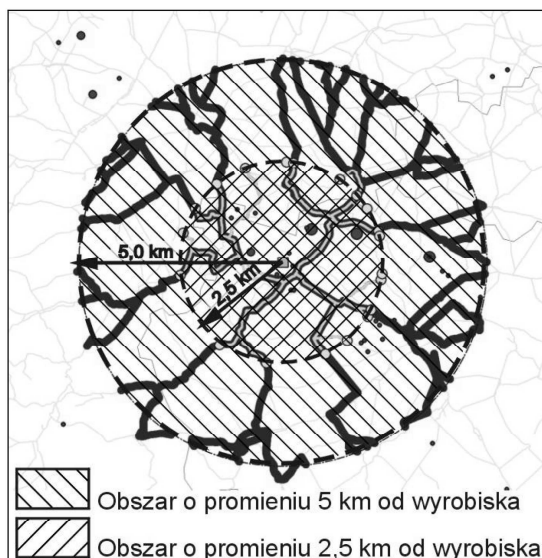
Rys. 3. Plan sytuacyjny zagospodarowania górniczego okolicy wsi Kostrza
 Fig. 3. Situation plan of mining development in Kostrza Village area

Miejscowość zlokalizowana jest w bezpośrednim sąsiedztwie czterech dużych wyrobisk górniczych: Borów, Borów 17, Kostrza i Kostrza-Piekielko (rys. 4). W dalszej odległości zlokalizowanych jest siedem funkcjonujących zakładów. Łączne wydobycie w tym rejonie wynosi 897 tys. Mg rocznie i dotyczy eksploatacji kamieni łamanych i blocznych.

Do analizy wykorzystano dane dotyczące eksploatacji 39 zakładów zlokalizowanych w promieniu 5 km od miejscowości Kostrza. Wielkości produkcji określono na podstawie danych z 2008 roku (PIG, 2009), celem skutecznego porównania ich z danymi pomiarowymi, realizowanymi w tym samym okresie. Aktualne dane bilansowe złóż (wydobycie powyżej 100 tys. Mg/rok) zlokalizowanych w sąsiedztwie Kostrzy umieszczono w tabeli (PIG-PIB, 2013). Do wyznaczenia tras wywozu wykorzystano obszar roboczy o promieniu 5 km (rys. 5).



Rys. 4. Wizualizacja sąsiedztwa wsi Kostrza
Fig. 4. Visualization of Kostrza Village neighbourhood



Rys. 5. Przykład wyznaczenia tras dla pojedynczego wyrobiska (obszar o promieniu 2,5 i 5 km)
Fig. 5. Example of routes determination, for single open pit mine (area of 2,5 and 5 km radius)

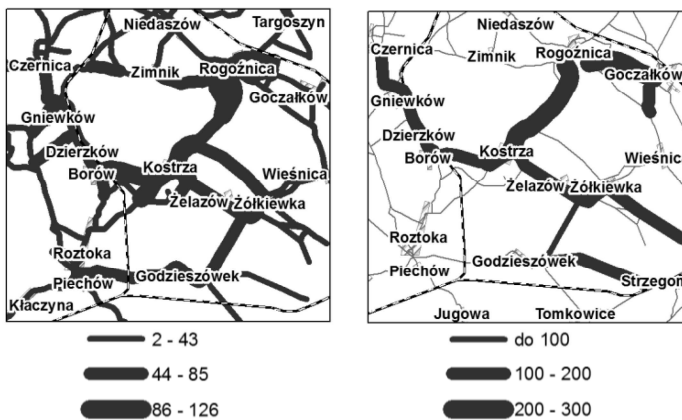
Tabela. Zasoby bilansowe największych producentów (>100 tys. Mg/rok)
kamieni łamanych i blocznych w okolicy wsi Kostrza

Table. Balance reserves of largest (over 100 thousand tones per year) rock material producers, from
Kostrza-Village area

Nazwa złoża	Wydobycie [tys. Mg/rok]	Zasoby geologiczne [tys. Mg]	Zasoby przemysłowe [tys. Mg]	Szacowana liczba samochodów [szt/dobę]
Wieśnica	957	29 497	10 027	133
Rogoźnica	815	105 739	8 416	114
Gniewków	462	60 319	37 576	65
Borów	232	138 035	57 748	33
Zimnik I	224	39 052	39 052	32
Grabina Śląska Kamieniołom 15/27	146	21 508	21 508	21
Borów 17	135	32 868	32 868	19
Strzegom Kamieniołom 25/26	103	32 904	32 638	15

5. WYNIKI BADANIA

Wyniki badań przedstawiono w postaci odcinków sieci drogowej określoną grubością kreski, wskazanych jako obciążonych transportem surowców skalnych, z przestrzenną reprezentacją liczby pojazdów. Wielkości potoków pojazdów przedstawiono w formie trzech równych przedziałów wartości, analogicznie z wynikami pomiaru zrealizowanego w terenie.



Rys. 6. Porównanie wyników przeprowadzonej analizy i pomiarów terenowych

Fig. 6. Comparison of analysis results with local measurements

Porównując wyniki analizy wykonanej w środowisku GIS z wynikami pomiarów terenowych (rys. 6), widać wyraźne podobieństwa, zarówno w kwestii wskazania obciążonych odcinków sieci drogowej, jak również w proporcjach względem siebie oszacowanych wartości natężeń.

Wynikowa bezwzględna liczba pojazdów różni się od wyników pomiarów terenowych, choć trudno oszacować, jaki jest rząd dokładności analizy. Wynika to przede wszystkim z ustawienia przedziałów wartości podczas badania terenowego, jak również braku informacji odnośnie stosowanej metodyki wykonywania pomiarów. Rozbieżności mogą być również efektem błędnego oszacowania modelowej ładowności pojazdu, która prawdopodobnie jest różna dla pojazdów obsługujących różne zakłady górnicze. Jeżeli ładowność rzeczywista jest niższa od zakładanej, to wynik analizy zbliżyłby się do wyników pomiarów. Błąd mógł również nastąpić podczas zbyt wąskiego określenia zakładów, biorących udział w formowaniu się potoków transportowych, jak również przez nieuwzględnienie sezonowych zmian wielkości wydobywania.

6. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Wyniki przeprowadzonej analizy obciążeń odcinków sieci drogowej, pokazują bezpośrednio, pomimo rozbieżności w szacowaniu liczby pojazdów, że zastosowany model poprawnie wskazuje odcinki wykorzystywane w transporcie kruszyw. Wykorzystanie prototypowego mechanizmu pozwala na względne wnioskowanie poziomu uczestnictwa danego odcinka w realizacji wywozu surowców skalnych, co stanowić może pierwsze przybliżenie wskazania odcinków o szczególnej wadze transportowej.

Opisany model wymaga przeprowadzenia procesu kalibracji, bazującej na wynikach rzeczywistych badań terenowych, a także weryfikacji wyników analizy w oparciu o dane z zakładów górniczych.

Niezbędne jest przeprowadzenie dalszych, analogicznych analiz dla obszarów o znanych wartościach natężenia transportu górniczego, celem potwierdzenia występujących rozbieżności.

Pożądane jest konsultowanie kształtu modelu z przedstawicielami branży górniczej, ze szczególnym uwzględnieniem osób zarządzających procesami logistycznymi przedsiębiorstwa.

Planowana polityka transportowa województwa dolnośląskiego nastawiona jest na skuteczne wymuszenie przekształceń procesu wywozu kopalni, mając na celu realizację zdefiniowanych celów priorytetowych. Bez skutecznych mechanizmów obrazujących kształtowanie się procesów transportowych, związanych z przewozem surowców skalnych, realizowanie strategii rozwoju województwa, może odbyć się z pominięciem interesu branży górniczej, która na terenie Dolnego Śląska jest istotnym elementem kształtującym gospodarkę.

Skuteczne wskazywanie elementów infrastruktury transportowej, stanowiących kluczowe obiekty w procesie wywozu kopalin może sprzyjać rozwojowi branży górniczej, jak również wspomagać realizację celów strategii rozwoju Dolnego Śląska.

Aktualnie brak rozwiązań, które w sposób kompleksowy mogą wskazać miejsca intensyfikacji transportu górniczego. Opisane w artykule mechanizmy wymagają prowadzenia dalszych badań i systematycznego rozwijania. Pożądana funkcjonalność i dokładność modelu może zostać osiągnięta w niewielkim czasie, podczas efektywnej współpracy z przedstawicielami tej branży.

LITERATURA

ADAMCZUK K., BLACHOWSKI J., KAŹMIERCZAK W., KOPERDOWSKI J., LUBIENIECKI W., MACIEJEWSKI T., NAKONIECZNA I., OWSIAK K., ZAKĘS A., ZATHEY M., ZDANOWSKI W., 2009, *Studium wydobycia i transportu surowców skalnych na Dolnym Śląsku. Stan i perspektywy*, Praca zbiorowa, Wrocław.

PIG, 2009, *Bilans Zasobów Złóż Kopalin w Polsce wg stanu na 31.12.2008*, Warszawa.

PIG-PIB, 2013, *Bilans Zasobów Złóż Kopalin w Polsce wg stanu na 31.12.2012*, Warszawa.

SŁUŻBA DROGOWA POWIATU ŚWIDNICKIEGO, 2008, *Pomiary Natężenia Ruchu na niektórych drogach w powiecie świdnickim*, Świdnica.

Strategia Rozwoju Dolnego Śląska 2020.

Studium wydobycia i transportu surowców skalnych na Dolnym Śląsku. Stan i perspektywy, 2009, Wojewódzkie Biuro Urbanistyczne, Wrocław.

ROCK RAW MATERIALS HAULAGE ROUTES MODELING, WITH GIS ENVIRONMENT

In the article method of automatic assesment of traffic volume connected with rock raw material transport in the region of their exploitation was presented as well as problem of bottlenecks location. Geoinformatic tools and developed assumptions was shown, which supports to execute the analysis. Results for selected exploitation area were presented. Necessity of local overloads studies was point, in reference to "Lower Silesian Voivodeship 2020 Development Strategy" document, and connected with threats and opportunities for local minig buisness. Summary contains instructions for further development of presented solutions, with the concept of its mass usage.