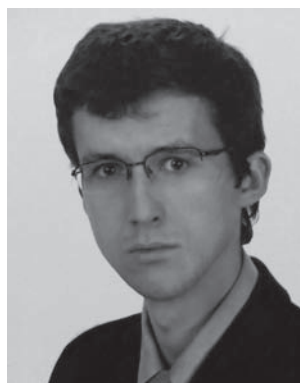


Analiza poprawy płynności transportu poziomego na przykładzie Zakładu Górniczego „Sobieski”

Analysis of the possibility to improve the continuity of horizontal transportation on the basis of “Sobieski” hard coal mine



*Dr hab. inż. prof. nadzw. Waldemar
Korzeniowski**



*Mgr inż. Radosław Waloski**

Treść: Wykorzystując doświadczenia kopalni „Sobieski” związane ze zróżnicowaniem środków transportu poziomego w technologii eksploatacji węgla kamiennego, podjęto próbę zmodyfikowania wyposażenia technicznego. Wskazano miejsca krytyczne w obecnie istniejącej infrastrukturze, decydujące o stosunkowo długim czasie przemieszczania ludzi i materiałów do miejsc przeznaczenia i zaproponowano wprowadzenie alternatywnych środków transportu. Efektem wykonanej analizy jest uświadomienie możliwości istotnych oszczędności wynikających z wyeliminowania przeładunku materiałów i skrócenia czasu dotarcia załogi do miejsc pracy.

Abstract: Using the experience of “Sobieski” coal mine in diversification of horizontal means of transportation used in coal exploitation technology, the authors suggested a modification of the technical equipment. They identified critical points in the currently existing infrastructure, crucial for a relatively long time, the movement of people and materials to their destinations, and proposed the introduction of alternative means of transportation. The result of the analysis is to realize the possibility of significant savings resulting from the elimination of materials, reloading and shorten the time for the crew to reach their working places.

Słowa kluczowe:

transport poziomy, kopalnia węgla kamiennego

Key words:

horizontal transportation, hard coal mine

1. Wprowadzenie

Rozwijająca się myśl technologiczna wpłynęła w znaczącym stopniu na rozwój stopnia mechanizacji kopalń węgla kamiennego. W celu uzyskania coraz większej koncentracji wydobywania, przy zmniejszonej liczbie przodków eksploatacyjnych, stosuje się coraz mocniejsze, cięższe i bardziej skomplikowane maszyny. Szacuje się, że masa przewożonych ładunków jednostkowych waha się średnio od 5 do 7 Mg, w przypadku specjalnych środków transportu do 25 Mg, a w rozwiązaniach ekstremalnych nawet do 40 Mg [1]. Ponadto rozwój eksploatacji spowodował coraz większe oddalanie się przodków i ścian eksploatacyjnych od szybów wydobywczych oraz wybieranie pokładów trudniejszych ze względu na warunki geologiczno-górnice. W rezultacie, wciąż poszukuje

się optymalnych metod dostarczania materiałów, urządzeń i załóg do miejsc pracy w coraz to krótszym czasie.

W artykule zwrócono uwagę na czynniki utrudniające przejazd na drogach transportowych (takie jak ograniczenia prędkości przejazdu, konieczność przeładunku materiału na pośrednich stacjach materiałowych itp.), wpływające na płynność i efektywność ruchu zespołów transportowych.

2. Analiza transportu kopalnianego w rejonie „Piłsudski” na poziomie 500 m

Transport materiałów na poziomie 500 m realizowany jest do rejonu „Piłsudski” z dwóch stron. Od strony szybu „Helena” materiały transportowane są od stacji postojowych zlokalizowanych w rejonie tego szybu, do głównej stacji materiałowej (GSM) zlokalizowanej w rejonie komór funkcyjnych oddziału G-2. Początkowy etap trasy transportu materiałów

* AGH w Krakowie

od szybu „Helena” odbywa się kolejną z trakcją elektryczną do przecinki nr 1, zlokalizowanej przy stacji osobowej SO-8, gdzie następuje wymiana lokomotywy elektrycznej na spalinową. Dalej z przecinki nr 1 transport prowadzony jest do stacji SMK-2 lub SMK-1, wchodzących w skład głównej stacji materiałowej (rys. 1).

Transport od szybu „Sobieski” rozpoczyna się od stacji materiałowej SMK-1, zlokalizowanej na poziomie 0 m w rejonie „Sobieski” (rys. 1). Materiał przewożony jest za pomocą kolejki spalinowej podwieszanej do stacji materiałowej SMK-5, zlokalizowanej w zachodniej części przekopu wschodniego, gdzie następuje przeładunek materiału z kolejki spalinowej podwieszanej na kolej spalinową torową. Materiał transportuje się dalej do stacji SMK-2 bądź SMK-1.

Transport załogi do rejonu „Piłsudski”, realizowany jest za pomocą elektrycznej kolei torowej (rys. 1). Transport prowadzony jest od stacji osobowej zlokalizowanej w rejonie szybu „Helena”, do stacji osobowej SO-8 zlokalizowanej w rejonie komór funkcyjnych oddziału G-2 [2].

Zarówno transport materiałów (również załogi w przypadku szybu „Helena”) od strony szybu „Helena”, jak i „Sobieski”, do oddziałów wydobywczych i przygotowawczych, realizowany jest poprzez przekop „Wschodni” i dlatego wyrobisko to należy uznać za główne wyrobisko realizujące zadania transportowe dla partii „Wschód” i partii „Byczyna” (partie wchodzące w skład rozpatrywanego rejonu „Piłsudski”). Z punktu widzenia transportu materiałów od strony szybu „Sobieski”, przekop „Wschodni” stanowi zwężenie ograniczające przepływ materiałów. Brak zabudowanej trasy kolejki podwieszanej wymaga każdorazowego przeładunku materiałów i zamiany na transport kolejną torową. W obecnej sytuacji rozwiązanie takie jest koniecznością, ze względu na fakt, że omawiane wyrobisko jest jedyną drogą łączącą partie „Wschód” oraz „Byczyna” z resztą kopalni.

Na obecny układ transportu wpłynęły trudne warunki górniczo-geologiczne, które spowodowały zaprzestanie prac nad przekopami „Jeziorki” i „Jeziorki II” oraz wymusiły realizację transportu przez przekop „Wschodni”. Aktualnie jednak wznowiono pracę nad budową przekopu „Jeziorki” i „Jeziorki II”, których ukończenie umożliwi alternatywne rozwiązania transportu dla wymienionych partii.

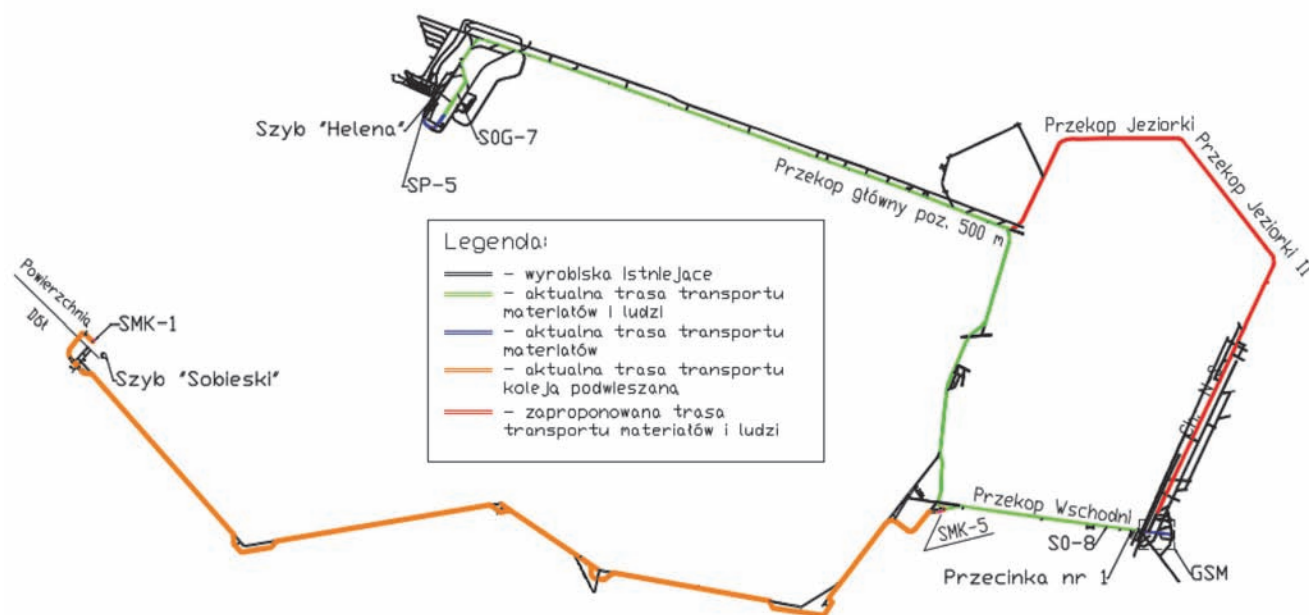
3. Propozycja zmian układu transportu w rejonie „Piłsudski” pod kątem poprawy płynności ruchu zespołów transportowych

W celu ograniczenia zaburzeń ruchu, w transporcie materiałów ze stacji materiałowej SMK-1 zabudowanej na poziomie 0 m w rejonie szybu „Sobieski”, należy wykonać przebudowę przekopu wschodniego, mającą na celu likwidację istniejącej tam trakcji elektrycznej i zabudowę na jej miejscu toru kolejki podwieszanej. Przeprowadzenie opisanych zmian, pozwoli na bezpośredni transport materiałów ze stacji SMK-1 (poziom 0 m, rejon „Sobieski”) do stacji materiałowej SMK-2 bądź SMK-1 (rejon komór funkcyjnych oddziału G-2), bez konieczności wcześniejszego przeładunku na pośredniej stacji materiałowej SMK-5.

Z punktu widzenia minimalizacji ograniczeń wpływających na płynność transportu materiałów, urządzeń i ludzi od strony szybu „Helena”, przeniesienie trasy elektrycznej kolejki kołowej z przekopu wschodniego do przekopu „Jeziorki” byłoby korzystne. Obecnie z przyczyn technicznych trakcja elektryczna doprowadzona jest tylko do stacji osobowej SO-8 w przekopie wschodnim. W celu dowiezienia materiału do głównej stacji materiałowej (GSM) każdorazowo konieczna jest wymiana lokomotywy z napędem elektrycznym na lokomotywę z napędem spalinowym. Nowa trasa umożliwiłaby bezpośrednie dowożenie materiału do stacji SPK-1, znajdującej się bezpośrednio przy stacji SMK-1 (obie stacje należą do głównej stacji materiałowej).

Rozwiązanie takie pozwoli na rozdzielenie systemu transportu od szybu „Helena” oraz transportu realizowanego z powierzchni od strony rejonu „Sobieski”, wskutek czego oba systemy staną się niezależne, a wynikiem ograniczenia płynności transportu materiałów, urządzeń i ludzi zostaną usunięte.

Proponowana nowa trasa miałaby początek w przekopie głównym poziomym 500 m przy p.o. 3280 m. Transport realizowany byłby następnie przekopami „Jeziorki” i „Jeziorki II”, następnie chodnikiem „N-S” i kończyłby się w stacji postojowej SPK-1 zlokalizowanej w przecince 1, przy stacji materiałowej SMK-1. Rozwiązanie takie wymusiłoby przebudowę stacji postojowej SPK-1. Przebudowa miałaby na celu dostosowanie stacji do transportu elektryczną koleją



Rys. 1. Schemat transportu [2]

Fig. 1. Scheme of transportation [2]

torową oraz poszerzenie stacji tak, aby można było zbudować równoległe do stacji SPK-1 stację osobową SO-9. Docelowo w przecinie 1 zlokalizowane będą: SMK-1, SP-1 (SPK-1) oraz SO-9.

W przypadku transportu załogi w oparciu o zaproponowaną drogę, pociągi mogłyby być wysyłane bezpośrednio do utworzonej stacji osobowej SO-9, bez konieczności zatrzymywania się na pośredniej stacji osobowej SO-5 lub SO-2.

Wdrożenie tych rozwiązań, dodatkowo umożliwiłoby utworzenie transportu załogi kolejką spalinową podwieszoną z poziomu 0 m, rejon „Sobieski” do rejonu „Piłsudski”, poziom 500 m, który obecnie nie jest możliwy z przyczyn technicznych.

Schemat zaproponowanych zmian w układzie transportu, w rejonie „Piłsudski”, przedstawiony został na rysunku 1.

4. Analiza płynności ruchu zespołów transportowych przy uwzględnieniu zmian czasów trwania transportu materiałów i załogi

W celu określenia znaczenia zaburzeń płynności ruchu zespołów transportowych na czas trwania transportu kopalnianego, poddano analizie zaproponowane zmiany w systemach transportowych materiałów, urządzeń i ludzi w rejonie „Piłsudski”. Analizę przeprowadzono w oparciu o zmiany wynikające ze skrócenia okresu czasu potrzebnego do dostarczenia materiału lub załogi w wybrany rejon kopalni.

Dla potrzeb obliczeniowych w tabelach 1 i 2 zestawiono alternatywne drogi transportowe rejonu „Piłsudski” na poziomie 500 m (od strony szybu „Helena” oraz od strony szybu „Sobieski”). Tabela 1 zawiera długości poszczególnych wyrobisk, współrzędne bieżące, pomiędzy którymi przebiegają wyrobiska oraz maksymalne dopuszczalne prędkości w tych wyrobiskach. Poszczególne prędkości są maksymalnymi jakie może osiągać dany środek transportu. W tabeli 2 przedstawiono rodzaj utrudnienia w danym wyrobisku, współrzędne bieżące trasy, pomiędzy którymi znajduje się utrudnienie oraz maksymalne prędkości dla danego ograniczenia. Długości odcinków, na których występują utrudnienia, obliczono poprzez odjęcie odpowiednich współrzędnych wskazujących granice ograniczeń prędkość przejazdu.

Obliczenia czasu transportu zarówno materiałów, urządzeń, jak i ludzi dokonano w oparciu o wzór nr 1. Jest to czas teoretyczny potrzebny na dojazd środka transportu do głównej stacji materiałowej (GSM). Wzór ten zakłada sprawność pokonywania całej trasy na poziomie 100%. Rzeczywisty czas pokonania drogi transportu obliczono na podstawie wzoru nr 2, który uwzględnia współczynnik sprawności wynoszący 0,85.

$$t_t = \sum_{i=1}^n \left(\frac{S_c - S_o}{v} \right) + \sum_{i=1} t_{oi} \quad (1)$$

gdzie:

- S_c – długość poszczególnego wyrobiska na drodze transportu, m,
- S_o – długość odcinka wyrobiska, w którym istnieje ograniczenie prędkości, m,
- v – maksymalna prędkość jazdy dla danego środka transportu, w danym wyrobisku, m/s,
- t_{oi} – czas pokonania ograniczenia na drodze transportu, s.

$$t_{rz} = \frac{t_t}{\eta} \quad (2)$$

gdzie:

- t_t – czas teoretyczny przejazdu, s,
- η – współczynnik sprawności, $0 < \eta \leq 1$ przyjęto $\eta=0,85$.

Wyrobiska wchodzące w skład bieżącej drogi transportu koleją kołową (od szybu „Helena”) przedstawiono w tabeli 1. Całkowita długość szlaku transportowego wynosi 5830 m. Maksymalna prędkość składu przewożącego materiał wynosi 5,0 m/s. W tabeli 2 przedstawiono lokalne ograniczenia prędkości takie jak łuki, rozjazdy, skrzyżowania, semafony czy stacje osobowe. Utrudnienia zlokalizowane w bliskiej odległości od siebie przedstawiono jako jeden element, przyjmując niższą prędkość przejazdu. Całkowity czas potrzebny na pokonanie lokalnych utrudnień wynosi około 1202 sekund. W czasie tym uwzględniono konieczność wymiany środka transportu w przekopie wschodnim z lokomotywy kołowej z napędem elektrycznym na lokomotywę kołową z napędem spalinowym.

$$t_t = \frac{5830 - 1000}{5,0} + 1201,67 = 2167,67 \text{ s} \approx 36 \text{ min } 8 \text{ s}$$

$$t_{rz} = \frac{2167,67}{0,85} = 2550,2 \text{ s} \approx 42 \text{ min } 30 \text{ s}$$

Tabela 1. Wyrobiska wchodzące w skład drogi transportowej
Table 1. Excavations included within the transportation route

| Wyrobisko | Współrzędna bieżąca wyrobiska, m (początek) | Współrzędna bieżąca wyrobiska, m (koniec) | Długość wyrobiska, m | Max. prędkość m/s |
|-----------------------------------|---|---|----------------------|-------------------|
| Objazd wozów próżnych | 50 | 580 | 530 | 5,0 |
| Przekop do pokładów 303, 302, 301 | 580 | 700 | 120 | 5,0 |
| Przekop do pokładu 301 | 700 | 1140 | 440 | 5,0 |
| Przekop do partii zaskokowej | 1140 | 2100 | 960 | 5,0 |
| Przekop do partii C | 2100 | 3000 | 900 | 5,0 |
| Przekop główny poz. 500 | 3000 | 3280 | 280 | 5,0 |
| Przekop graniczny | 3280 | 3750 | 470 | 5,0 |
| Przekop kierunkowy | 3750 | 3850 | 100 | 5,0 |
| Przekop byczyna | 3850 | 4400 | 550 | 5,0 |
| Objazd wozów próżnych | 4400 | 4620 | 220 | 5,0 |
| Objazd wschodni B | 4620 | 4700 | 80 | 5,0 |
| Przekop wschodni | 4700 | 5880 | 1180 | 5,0 |
| | | Suma | 5830 | |

Tabela 2. Ograniczenia prędkości na drodze transportowej
Table 2. Speed limits on the transportation routes

| Wyrobnisko | Rodzaj utrudnienia | Punkt odległościowy, m | Punkt odległościowy, m | Długość odcinka trasy z utrudnieniem, m | Max. prędkość m/s | Czas przejazdu, s |
|---|---------------------------|------------------------|------------------------|---|-------------------|-------------------|
| Objazd wozów próżnych | łuk | 80 | 100 | 20 | 2,0 | 10,0 |
| | łuk | 110 | 140 | 30 | 2,0 | 15,0 |
| | łuk | 160 | 170 | 10 | 2,0 | 5,0 |
| | semafor | 470 | 490 | 20 | 1,0 | 20,0 |
| | łuk | 490 | 510 | 20 | 2,0 | 10,0 |
| | rozjazd + skrzyżowanie | 570 | 590 | 20 | 1,0 | 20,0 |
| Przekop do pokł. 303, 302, 301 | rozjazd | 590 | 610 | 20 | 1,5 | 13,3 |
| | łuk | 660 | 700 | 40 | 2,0 | 20,0 |
| | skrzyżowanie | 790 | 810 | 20 | 1,0 | 20,0 |
| | skrzyżowanie | 1000 | 1020 | 20 | 1,0 | 20,0 |
| | skrzyżowanie | 1140 | 1150 | 10 | 1,0 | 10,0 |
| Przekop do partii zauskokowej | skrzyżowanie | 1390 | 1410 | 20 | 1,0 | 20,0 |
| | skrzyżowanie | 1670 | 1690 | 20 | 1,0 | 20,0 |
| | rozjazd | 1730 | 1750 | 20 | 1,5 | 13,3 |
| | skrzyżowanie | 2000 | 2020 | 20 | 1,0 | 20,0 |
| Przekop główny do partii C | skrzyżowanie | 2340 | 2360 | 20 | 1,0 | 20,0 |
| | skrzyżowanie | 2850 | 2880 | 30 | 1,0 | 30,0 |
| Przekop główny poz 500 | skrzyżowanie | 2980 | 3000 | 20 | 1,0 | 20,0 |
| | rozjazd + łuk | 3270 | 3350 | 80 | 1,5 | 53,3 |
| Przekop graniczny | semafory + stacja osobowa | 3350 | 3430 | 80 | 1,0 | 80,0 |
| | skrzyżowanie | 3740 | 3760 | 20 | 1,0 | 20,0 |
| Przekop kierunkowy | skrzyżowanie | 3840 | 3860 | 20 | 1,0 | 20,0 |
| Przekop Buczyna | semafory + stacja osobowa | 3870 | 3950 | 80 | 1,0 | 80,0 |
| | rozjazd | 4100 | 4120 | 20 | 1,5 | 13,3 |
| | skrzyżowanie + rozjazd | 4400 | 4430 | 30 | 1,0 | 30,0 |
| Objazd wozów próżnych | skrzyżowanie | 4510 | 4530 | 20 | 1,0 | 20,0 |
| | skrzyżowanie | 4620 | 4640 | 20 | 1,0 | 20,0 |
| Objazd wschodni B | łuk | 4640 | 4700 | 60 | 2,0 | 30,0 |
| Przekop wschodni | rozjazd | 4700 | 4720 | 20 | 1,5 | 13,3 |
| | stacja osobowa | 5550 | 5700 | 150 | 2,0 | 75,0 |
| Wymiana lokomotywy z napędem elektrycznym na spalinową t = 420 s | | | | | | |
| Przekop wschodni | skrzyżowanie | 5700 | 5720 | 20 | 1,0 | 20,0 |
| | | | Suma | 1000 | | 1201,67 |

Teoretyczny czas przejazdu składu kolejowego ze stacji postojowej SP-5 zlokalizowanej przy szybie „Helena” do głównej stacji materiałowej wynosi 36 minut i 8 sekund. Czas rzeczywisty przejazdu wynosi 42 minuty i 30 sekund.

Wyrobniska wchodzące w skład zaproponowanej nowej drogi transportu, przechodzącej przez przekopy: „Jeziorki” i „Jeziorki II” przedstawiono w tabeli 3. Długość drogi w stosunku do bieżącej trasy wzrosła o 521 m. Maksymalna prędkość pozostaje bez zmian i wynosi 5,0 m/s. Lokalne ograniczenia prędkości przedstawiono w tabeli 4.

Obliczeń dokonano jak poprzednio.

$$t_t = \frac{6351 - 560}{5,0} + 430 = 1588,2 \text{ s} \approx \mathbf{26 \text{ min } 29 \text{ s}}$$

$$t_{rz} = \frac{1588,2}{0,85} = 1868,5 \text{ s} \approx \mathbf{31 \text{ min } 8 \text{ s}}$$

Zmniejszony sumaryczny czas ograniczeń na nowej drodze transportu, wpłynie na zmniejszenie czasu teoretycznego dostarczenia materiału i urządzeń do 26 minut i 29 sekund. W konsekwencji czas rzeczywisty zmalał do 31 minut i 8 sekund.

Obliczenia dla systemu transportu prowadzonego od strony rejonu „Sobieski” dokonano w identyczny sposób jak w przypadku transportu prowadzonego od strony szybu „Helena”. Otrzymane czasy przejazdu, zarówno dla transportu materiałów, urządzeń, jak i ludzi, odbywającego się od szybu „Helena” i poziomu 0 m w rejonie „Sobieski”, zebrane zostały w tabeli 5.

Tabela 3. Wyrobiska wchodzące w skład drogi transportowej
Table 3. Excavations included within the transportation route

| Wyrobisko | Współrzędna bieżąca wyrobiska, m (początek) | Współrzędna bieżąca wyrobiska, m (koniec) | Długość wyrobiska, m | Max. prędkość, m/s |
|-----------------------------------|---|---|----------------------|--------------------|
| Objazd wozów próżnych | 50 | 580 | 530 | 5,0 |
| Przekop do pokładów 303, 302, 301 | 580 | 700 | 120 | 5,0 |
| Przekop do pokładu 301 | 700 | 1140 | 440 | 5,0 |
| Przekop do partii zaskokowej | 1140 | 2100 | 960 | 5,0 |
| Przekop do partii C | 2100 | 3000 | 900 | 5,0 |
| Przekop główny poz. 500 | 3000 | 3280 | 280 | 5,0 |
| Przekop Jeziorki | 3280 | 4230 | 950 | 5,0 |
| Przekop Jeziorki II | 4230 | 5453 | 1223 | 5,0 |
| Chodnik N-S | 5453 | 6301 | 848 | 5,0 |
| Przecinka 1 | 6301 | 6401 | 100 | 5,0 |
| | | Suma | 6351 | - |

Tabela 4. Ograniczenia prędkości na drogach transportu
Table 4. Speed limits on the transportation routes

| Wyrobisko | Rodzaj utrudnienia | Punkt odległościowy, m | Punkt odległościowy, m | Długość odcinka trasy z utrudnieniem, m | Max. prędkość, m/s | Czas przejazdu s |
|--------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|---|--------------------|------------------|
| Objazd wozów próżnych | łuk | 80 | 100 | 20 | 2,0 | 10,0 |
| | łuk | 110 | 140 | 30 | 2,0 | 15,0 |
| | łuk | 160 | 170 | 10 | 2,0 | 5,0 |
| | semafor | 470 | 490 | 20 | 1,0 | 20,0 |
| | łuk | 490 | 510 | 20 | 2,0 | 10,0 |
| | rozjazd + skrzyżowanie | 570 | 590 | 20 | 1,0 | 20,0 |
| Przekop do pokł. 303, 302, 301 | rozjazd | 590 | 610 | 20 | 1,5 | 13,3 |
| | łuk | 660 | 700 | 40 | 2,0 | 20,0 |
| | skrzyżowanie | 790 | 810 | 20 | 1,0 | 20,0 |
| | skrzyżowanie | 1000 | 1020 | 20 | 1,0 | 20,0 |
| | skrzyżowanie | 1140 | 1150 | 10 | 1,0 | 10,0 |
| Przekop do partii zauskokowej | skrzyżowanie | 1390 | 1410 | 20 | 1,0 | 20,0 |
| | skrzyżowanie | 1670 | 1690 | 20 | 1,0 | 20,0 |
| | rozjazd | 1730 | 1750 | 20 | 1,5 | 13,3 |
| | skrzyżowanie | 2000 | 2020 | 20 | 1,0 | 20,0 |
| Przekop główny do partii C | skrzyżowanie | 2340 | 2360 | 20 | 1,0 | 20,0 |
| | skrzyżowanie | 2850 | 2880 | 30 | 1,0 | 30,0 |
| Przekop główny poz 500 | skrzyżowanie | 2980 | 3000 | 20 | 1,0 | 20,0 |
| | rozjazd + łuk | 3270 | 3350 | 80 | 1,5 | 53,3 |
| Przekop Jeziorki | łuk | 3680 | 3700 | 20 | 2,0 | 10,0 |
| | łuk | 4180 | 4200 | 20 | 2,0 | 10,0 |
| Przekop Jeziorki II | łuk | 5113 | 5133 | 20 | 2,0 | 10,0 |
| Chodnik N-S | skrzyżowanie | 5340 | 5350 | 10 | 1,0 | 10,0 |
| | skrzyżowanie | 5480 | 5490 | 10 | 1,0 | 10,0 |
| | skrzyżowanie | 5590 | 5600 | 10 | 1,0 | 10,0 |
| | skrzyżowanie | 5990 | 6000 | 10 | 1,0 | 10,0 |
| | | | Suma | 560 | - | 430 |

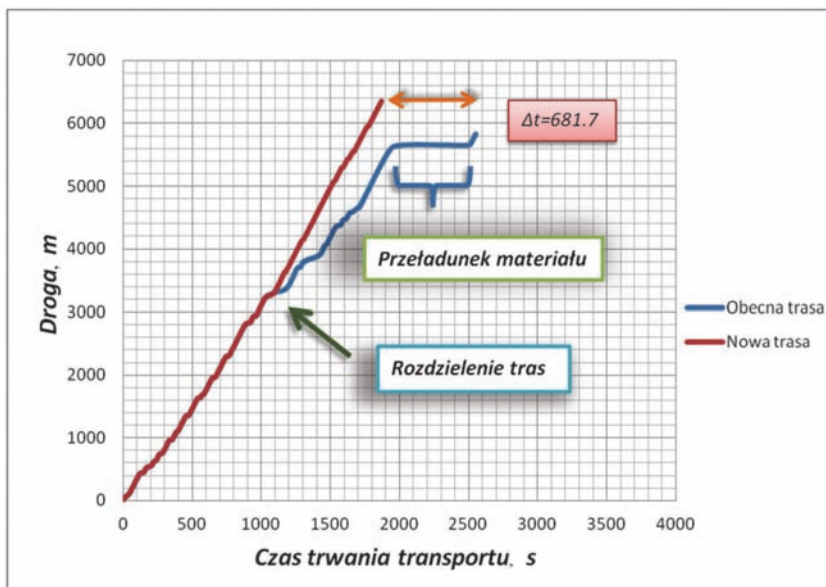
Tabela 5. Zestawienie wyników analizy czasów trwania poszczególnych etapów transportu
Table 5. Results of analysis of particular periods of transportation phases

| Droga transportowa | | | Od szybu „Helena” | Od szybu „Sobieski” |
|---|--|----------|---------------------|------------------------|
| Rodzaj transportu | | | Kołowy, elektryczny | Podwieszany, spalinowy |
| Transport materiałów | Obliczony teoretyczny czas utrudnień ruchu wynikłych z ograniczeń prędkości na trasie przejazdu, s | Obecny | 781,67 | 850 |
| | | Uzyskany | 430 | 850 |
| | Obliczony teoretyczny czas ograniczeń ruchu wynikłych z konieczności przeladunku materiału, s | Obecny | 420 | 2400 |
| | | Uzyskany | 0 | 0 |
| | Całkowity teoretyczny czas przejazdu, s | Obecny | 2167,67 | 5765 |
| | | Uzyskany | 1588,2 | 3740 |
| Całkowity rzeczywisty czas przejazdu, s | Obecny | 2550,2 | 6782,4 | |
| | Uzyskany | 1868,5 | 4400 | |
| Transport załogi | Obliczony teoretyczny czas utrudnień ruchu wynikłych z ograniczeń prędkości na trasie przejazdu, s | Obecny | 816,5 | - |
| | | Uzyskany | 549,9 | - |
| | Całkowity teoretyczny czas przejazdu, s | Obecny | 2087,93 | - |
| | | Uzyskany | 2107,33 | - |
| | Całkowity rzeczywisty czas przejazdu, s | Obecny | 2456,4 | - |
| | | Uzyskany | 2479,2 | - |

4. Analiza wyników obliczeń

Czas przejazdu zestawu transportowego od strony szybu „Helena” obecnie wynosi 42 minuty i 30 sekund. Zaproponowana nowa trasa transportu kołowego zmniejsza ograniczenia w ruchu zespołów transportowych, takie jak ograniczenia prędkości i konieczność przeladunku materiału

na pośrednich stacjach materiałowych, co powoduje skrócenie czasu przejazdu do 31 minut i 8 sekund. Wytyczona droga jest dłuższa o 521 m, jednak mniejsza liczba ograniczeń lokalnych i brak konieczności wymiany lokomotywy elektrycznej na spalinową przyczyniły się do zmniejszenia całkowitego czasu przejazdu o około 26,73%. Wykres przedstawiający otrzymane wyniki przedstawiono na rys. 2.



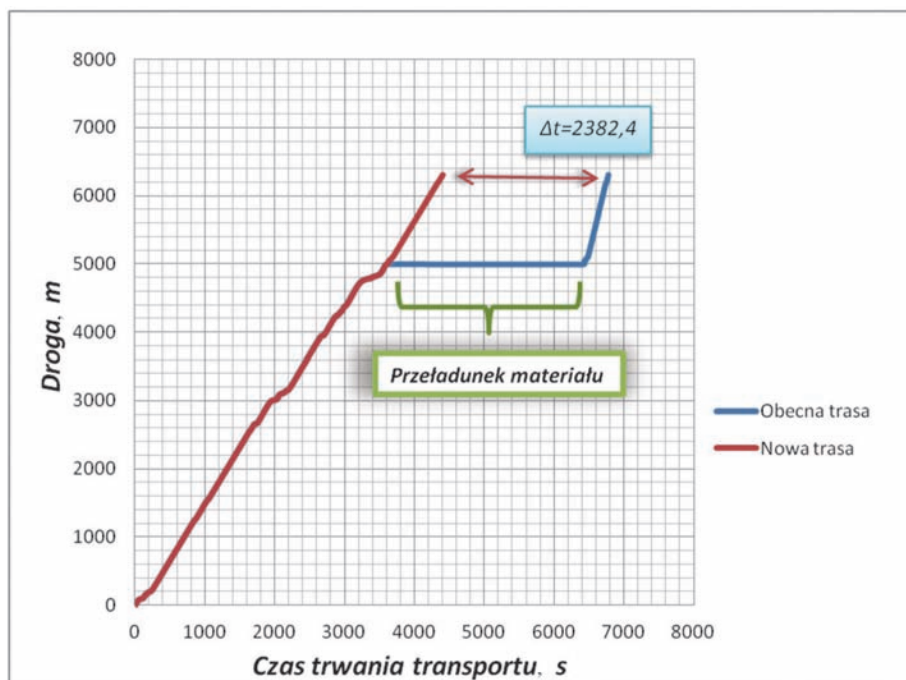
Rys. 2. Rozkład czasu transportu od szybu „Helena”
Fig. 2. Distribution of transportation time period from “Helena” shaft

Czas potrzebny na dostarczenie materiałów oraz urządzeń transportem KSP z poziomu 0 m, rejon „Sobieski”, obecnie wynosi 113 minut i 2 sekundy. Wykluczenie konieczności przeładunku materiału na pośrednich stacjach materiałowych, obniżyłoby czas przejazdu do 73 minut i 20 sekund. Otrzymane wyniki zamieszczono na wykresie (rys. 3).

Czas dostarczania załogi do rejonu komór funkcyjnych oddziału G-2 obecnie wynosi 40 minut i 56 sekund. Realizacja transportu załogi w zaproponowany sposób spowoduje wzrost czasu przejazdu o 23 sekundy. Spowodowane jest to

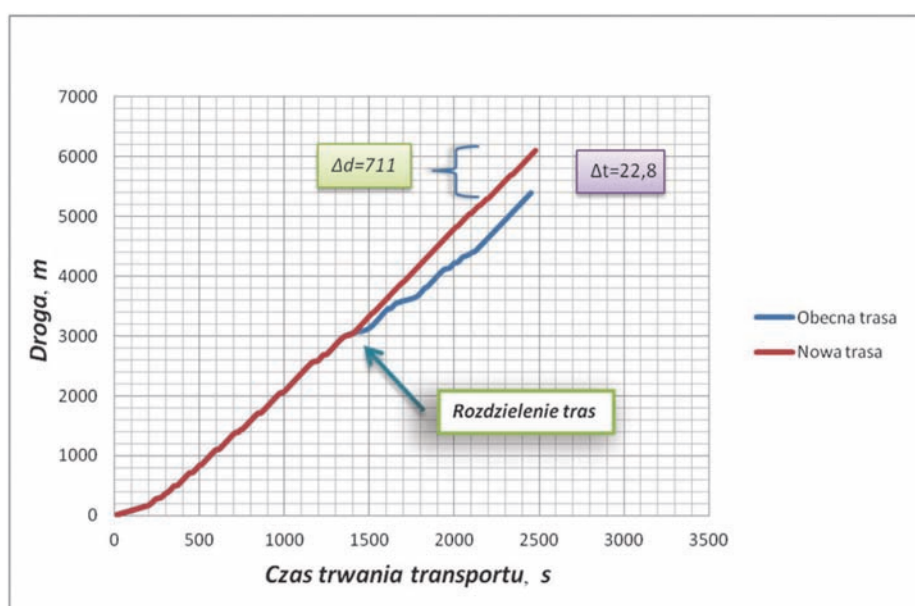
wydłużeniem dróg przewozu o 711 m. Przyrost czasu trwania przewozu ludzi na tak małym poziomie jest pomijalnie mały, w stosunku do korzyści jakie płyną ze skrócenia czasu dostawy materiałów, który nie mógłby być osiągnięty na bieżącej trasie przewozu.

Pomimo wydłużenia czasu podróży załogi, komfort przejazdu zwiększy się, z uwagi na zmniejszenie ograniczeń lokalnych, które zaburzają płynność ruchu pociągu. Wyniki analizy zamieszczono na rysunku 4.



Rys. 3. Rozkład czasu przejazdu z powierzchni rejonu „Sobieski”

Fig. 3. Distribution of transportation time period from the surface of “Sobieski” area



Rys. 4. Rozkład czasu transportu załogi

Fig. 4. Distribution of the time period of crew transportation

5. Podsumowanie

Modyfikacja układu transportu w ZG „Sobieski” pozwoli na skrócenie czasu dostarczenia materiałów niezbędnych do właściwej realizacji technologii, zarówno od strony szybu „Helena”, jak i od strony szybu „Sobieski”. Przy założeniu, że transport odbywa się trzy razy dziennie, pozwoli to:

- na zaoszczędzenie około 204,5 godzin w skali roku (transport prowadzony od szybu „Helena”), co po przeliczeniu na czas pracy pracowników (po 8h) wyniesie około 25,6 roboczodniówek.
- na zaoszczędzenie około 714,7 godzin w skali roku (transport prowadzony od szybu „Sobieski”), co po przeliczeniu na czas pracy pracowników (po 8h) wyniesie około 89,3 roboczodniówek.

Średnio czas potrzebny na transport materiału zmniejszy się o 26,73% dla transportu koleją kołową oraz o 35,12% dla transportu kolejką podwieszaną. Analizując otrzymane wyniki, można stwierdzić, że największy udział w wydłużeniu czasu transportu mają miejsca przeładunkowe. W przypadku transportu od szybu „Helena” (wymiana lokomotywy) stanowią około 34,95% całkowitego czasu potrzebnego na pokonanie utrudnień przejazdu. Natomiast w przypadku transportu z poziomu 0 m realizowanego od strony szybu „Sobieski” (przeładunek materiału na transport kołowy), stanowią około 73,85%.

Modyfikacje układu transportu ZG „Sobieski” wpłyną nie tylko na skrócenie czasu dostarczania materiału, ale także na wzrost średniej prędkości transportu. Szacuje się, że średnia prędkość transportu wzrośnie od 2,29 m/s do 3,4 m/s w przypadku realizacji transportu od szybu „Helena”. Natomiast

w przypadku transportu z powierzchni 0 m (rejon „Sobieski”), od 0,93 m/s do 1,43 m/s.

Czas transportu załogi na nowej trasie wydłuży się o około 23 sekundy na skutek wydłużenia dróg transportowych. Jednak sama średnia prędkość przejazdu wzrośnie od 2,19 m/s do 2,46 m/s. Zauważyć należy, że nowa trasa przejazdu umożliwiłaby dowieszenie załogi bezpośrednio do głównej stacji materiałowej rejonu „Piłsudski”, co obecnie z przyczyn technicznych nie jest możliwe. Obecny układ wymusza pokonanie ostatniego odcinka drogi na piechotę, co powoduje że kwestia wzrostu czasu przejazdu na zaproponowanej trasie jest dyskusyjna.

Tak duże różnice wskazują na to, że zaburzenia w ruchu zespołów transportowych mają niezwykle istotne znaczenie dla optymalizacji transportu kopalnianego. Z tego względu zasadnym jest poszukiwanie rozwiązań, które poprawią płynność ruchu materiałów na trasach przejazdu zespołów transportowych. W szczególności należy dążyć do ograniczenia miejsc przeładunkowych, które wydłużają w znacznym stopniu czas dostarczenia zadanego materiału do miejsca przeznaczenia.

Praca wykonana w ramach badań statutowych AGH nr 11.11.100.775

Literatura

- 1 Antoniak J.: Urządzenia i systemy transportu podziemnego w kopalniach. Wydawnictwo „Śląsk”, Katowice 1990.
- 2 Plan Ruchu ZG „Sobieski”, 2013 (materiały niepublikowane).