

Bez korków i hałasu

Ryszard Błazej, Sebastian Chęciński, Leszek Jurdziak

Politechnika Wrocławska, Instytut Górnictwa

Andrzej Witt

Poltegor-Instytut,

Instytut Górnictwa Odkrywkowego

Przenośniki taśmowe dalekiego zasięgu mogą stanowić opłacalną alternatywę dla transportu samochodowego do dostawy kruszyw. Sprawdzają się szczególnie w sytuacjach konfliktowych, kiedy społeczność lokalna ma dość zatłoczonych i zniszczonych dróg, hałasu i drgań oraz spalin wydzielanych przez intensywny ruch przeładowanych ciężarówek.

Wśród wielu zagadnień związanych z realizacją produkcji górniczej szczególnie miejsce zajmuje problematyka transportu wydobywanej kopaliny. Jest to element strategicznie ważny, determinujący fakt funkcjonowania przemysłu górniczego, jak również branż powiązanych. Z uwagi na fundamentalne znaczenie transportu opracowano wiele systemów i technologii wywozu urobku stosowanych w zależności od rodzaju materiału, odległości transportu, oczekiwanej energochłonności układu itp.

W górnictwie surowców skalnych, obok popularnie stosowanych samochodów ciężarowych oraz transportu kolejowego, pojawiają się przypadki stosowania przenośników taśmowych dalekiego zasięgu, jako alternatywy w odstawie urobku na bocznicę kolejową lub bezpośrednio do zakładu przerobczego. Przykładem kopalni stosujących rozwiązania przenośnikowe są m.in. zakłady Kopalni Margli Kredowych „Folwark”, Kopalni Wapieni i Margli Kredowych „Odra II”, KTM Kopalni Melafiru „Tłumaczów” oraz Kopalni Melafiru Świerki.





RYS. 1
Przykład zastosowania taśmociągu w transporcie żwiru (Cliffe Pools, Wielka Brytania)

Temat możliwości stosowania przenośników taśmowych w górnictwie surowców skalnych był podejmowany w Polsce kilkakrotnie, często oceniany, jako perspektywiczny (Kawalec, 2009, Witt 2011) lub wartu szczegółowego przebadania (Hardygóra, Woźniak, 2011). Zagadnienie to jednocześnie wydaje się wyjątkowo aktualne z uwagi na zatwierdzoną na początku 2013 roku „Strategię Rozwoju Województwa Dolnośląskiego 2020”, zawierającą m.in. postulaty rozwiązania problemów związanych z uciążliwością transportu surowców skalnych (Przedsięwzięcie 3.4.15), z jednoczesnym promowaniem innowacyjnych rozwiązań logistycznych (Priorytet 1.1.6).

Warto zauważyć, iż Polska stanowi jeden z największych na świecie ośrodków rozwijających technologie przenośnikowe, zarówno pod kątem projektowania i produkcji, jak i prowadzenia badań naukowych. Fakt ten sprawia, iż dostępne rozwiązania charakteryzują się zarówno dopasowaniem do polskich warunków przemysłowych, jak również konkurencyjną ceną.

Stosowanie przenośników dalekiego zasięgu

Rozwiązania bazujące na transporcie kopaliny przy pomocy przenośników taśmowych dalekiego zasięgu, są na świecie dobrze znane i szeroko stosowane (rys. 1). Przykładem mogą być systemy transportowe wykorzystywane przez kopalnie Dawson (27 km), Lake Lindsay (21 km), Klipfontein (13,4 km) i inne (Kawalec, 2009). Praktyka pokazuje, że nawet bardzo długie odległości drogi transportu nie muszą stanowić bariery dla stosowania technologii przenośnikowych. Dotyczy to również przebiegu trasy, pofałdowania terenu oraz sposobu jego zagospodarowania. Czynniki te wpływają bezpośrednio na kształt projektu przenośnika, nie stanowiąc jednocześnie przeszkody w ujęciu



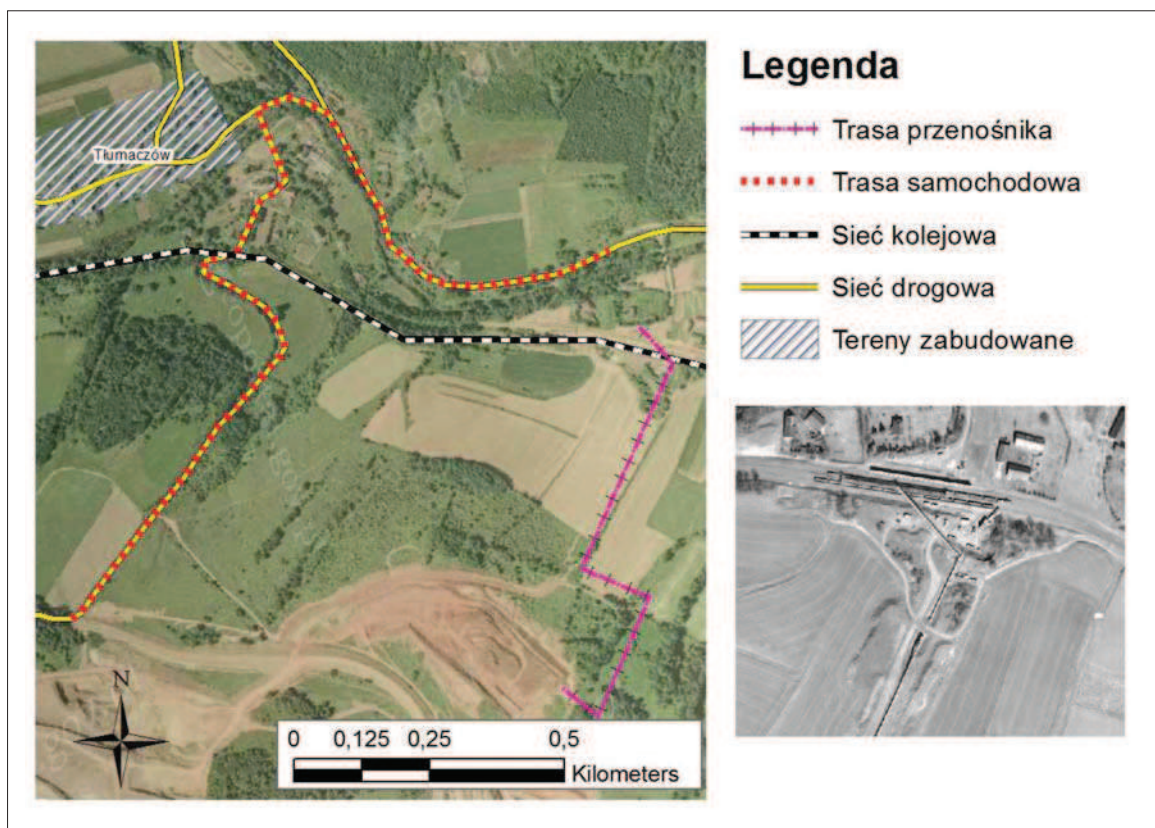
RYS. 2
Transport melafiru ze złoża „Świerki” przenośnikiem taśmowym (źródło: Siemens)

inżynierskim. Fakty ten przemawiają bezpośrednio za propozycją podjęcia dyskusji nad możliwością szerszego stosowania tego typu rozwiązań w przemyśle górnictwa surowców skalnych w Polsce.

Opisując przykłady stosowania przenośników dalekiego zasięgu, warto wspomnieć o polskich przypadkach wykorzystania tej technologii transportu. Rozwiązania takie można zaobserwować w przynajmniej kilku rodzimych zakładach eksploatujących surowce mineralne.

Najbardziej znanym przypadkiem stosowania transportu przenośnikowego w województwie dolnośląskim był taśmociąg przewożący kopalinę ze złoża w Świerkach do stacji załadowniczej w Bartnicy (rys. 2). Złoże melafiru wykorzystywało taśmociąg głównie dzięki możliwości zagospodarowania działki, na której wcześniej zlokalizowana była kolejka linowa. Dzięki temu prace związane z nabyciem praw do użytkowania terenu znacznie przyspieszyły uruchomienie przenośnika. Aktualnie po wyczerpaniu zasobów złoża planowane jest wypełnienie wyrobiska wodą i przekształcenie go w atrakcję turystyczną.

RYS. 3
Przebieg przenośnika
w kopalni Tłumaczów
wraz z alternatywną
trasą samochodową



Aktualnie funkcjonującym taśmociągiem jest system krytych przenośników działających w kopalni melafiru „Tłumaczów” (rys. 3). Przenośniki transportują kopalinę na dystansie ok 1 km. System z automatyczną zsypanią pozwala na załadunek 10 tys. Mg materiału dziennie i jest w stanie obsłużyć równocześnie trzy składy całopociągowe. Obecnie kopalnia może załadować dwa składy po 28 wagonów dziennie.

Transport przenośnikowy funkcjonuje również od niedawna w Kopalni Wapieni i Margli Kredowych „Odra II”, w której zastąpił wysłużoną kolejkę wąskotorową. Transport wapienia do produkcji cementu musiał zostać zmieniony m.in. z uwagi na generowanie znacznej konfliktowości, poprzez uciążliwą emisję hałasu lokomotywy. Wykorzystanie taśmociągu o długości ok. 2 km według decydentów wpłynie również znacznie na obniżenie kosztów transportu oraz przyspieszy proces przewozu kopaliny. Planowane jest wydłużenie taśmociągu przez cementownię w momencie powiększenia eksploatowanego wyrobiska. Układ przenośników taśmowych stosowany jest także w Kopalni Margli Kredowych “Folawark”. Wstępnie rozkruszona kopalina transportowana jest z kruszarek usytuowanych w wyrobisku do oddalonej o ok. 9 km Cementowni Górażdzie.

Aktualnie projektowany jest układ przenośników taśmowych mający funkcjonować w Cementowni “Warta”. Wstępnie rozkruszony urobek transportowany będzie na długości ok. 2 km z wyrobiska kopalni “Pajęczno” do składu uśredniającego “Niwiska Górne Grądy”.

Perspektywy zastosowania przenośników

Analizując możliwości stosowania transportu przenośnikowego, wykonano badanie bazujące na określeniu sąsiedztwa infrastruktury kolejowej dla rezerwowych złóż surowców skalnych, na terenie Dolnego Śląska. Wykorzystując narzędzia GIS dokonano selekcji przestrzennej złóż zlokalizowanych w odległości do 2 km od istniejących linii kolejowej. Analizę powtórzono dla odległości wynoszącej 1 km. Zwrócona wartość (rys. 4) wskazała obecność 109 złóż w odległości mniejszej niż 2 km od linii kolejowej, z czego wszystkie zlokalizowane były równocześnie w odległości mniejszej niż 1 km. Analogicznie wykonano selekcję odległości złóż od istniejącej sieci drogowej (1 km). Wynik analizy wskazał istnienie 4 złóż rezerwowych (Tab. 1), których odległość od torów kolejowych jest mniejsza, niż do istniejących odcinków dróg.

W obszarze zasięgu 1 km od przebiegu tras linii kolejowych zlokalizowanych jest 109 rezerwowych złóż surowców skalnych o łącznych zasobach przemysłowych wynoszącej ponad 760 mln. ton. Analiza udziału procentowego typów kopaliny (Tab. 2) wskazała, iż wśród opisanych złóż niemal jedną czwartą zasobów (23,7% – 54 złoża) stanowią kruszywa naturalne, które z uwagi na powszechne występowanie na terenie kraju niekoniecznie kwalifikują się do transportu na dalsze odległości. Pozostałe kopaliny (ponad 580 mln. ton) mogłyby, w zależności od ich parametrów i popytu, realizować transport drogą kolejową.

Nazwa złoża	Typ kopaliny	Zasoby geologiczne [mln. ton]	Gmina	Powiat
Wilkszyn-Mitoszyn	kruszywa naturalne	2,6	Miękinia	średzki
Lubrza	kamienie drogowe i budowlane	51,4	Bolków	jaworski
Kostrza Góra	kamienie drogowe i budowlane	1,2	Złotoryja, Kunice	złotoryjski, legnicki
Kostrza Jerzy-Wschód	kamienie drogowe i budowlane	2,6	Strzegom	świdnicki

TAB. 1
Złoża zlokalizowane bliżej linii kolejowych niż odcinków sieci drogowej w województwie dolnośląskim

Przeszkody na drodze stosowania przenośników

Wśród podstawowych barier wejścia technologii transportu przenośnikowego do powszechnego użycia w górnictwie skalnym, wymienia się przede wszystkim brak rzetelnych badań dotyczących eksploatacji tego typu urządzeń w tym segmencie rynku górniczego (Hardygóra, Woźniak, 2011). Dodatkowo konieczność daleko idącego dostosowania produkcji do wymagań stawianych przez transport taśmowy (projekt wyrobiska, plan ruchu zakładu) połączone ze znacznie wyższymi kosztami początkowymi skutecznie odstrasza przedsiębiorców górniczych przed stosowaniem tego typu rozwiązań (Witt, 2011). Dodatkową przeszkodą w stosowaniu transportu przenośnikowego jest jego niewielka elastyczność oraz trudności w zapewnieniu ciągłości wywozu w momencie awarii układu. Fakt ten sprawia, iż szczególnie ważne staje się niezwykle precyzyjne przeprowadzanie okresowych napraw i konserwacji oraz zapewnienie skutecznego systemu diagnostycznego, który bezpośrednio determinowałby niezawodność całego układu transportowego.

Niezawodność taśmociągu

Zestaw przenośników do transportu urobku tworzy klasyczny szeregowy układ z punktu widzenia niezawodności. Niezawodność całości taśmociągu nie może być wyższa niż niezawodność najłabszego jego ogniwa, a jak wykazuje praktyka tym ogniwem często bywają pętle taśm, które składają się z wielu odcinków 200-300 metrowych połączonych ze sobą złączami (najbezpieczniejsze są połączenia wulkanizowane, ale i te zwłaszcza w taśmach tkaninowych z czasem ulegają procesom zmęczeniowym (Hardygóra i inni, 2012)). Szeregową strukturą to cecha nie tylko taśmociągów, lecz i pętli taśm. W takich układach złożonych z wielu niezależnych od siebie elementów połączonych szeregowo niezawodność całości układu jest iloczynem niezawodności poszczególnych elementów, a gdy tych jest bardzo wiele (jak w przenośnikach dalekiego zasięgu) to niezawodność całości szybko spada w miarę wydłużania tras i przybywania elementów składowych (odcinków taśm, ich połączeń, bębnow, napędowych i zwrotnych, przekładni, krążników, obwodów elektrycznych i sterujących itd.). Od wszystkich tych elementów składowych oczekuje się więc wysokiej niezawodności i obecnie producenci są w stanie ją zapewnić. W przeciwnym wypadku nie powstawałyby coraz dłuższe – nawet dwudziestokilometrowe – pojedyncze przenośniki i trasy taśmociągów liczące setki kilometrów.

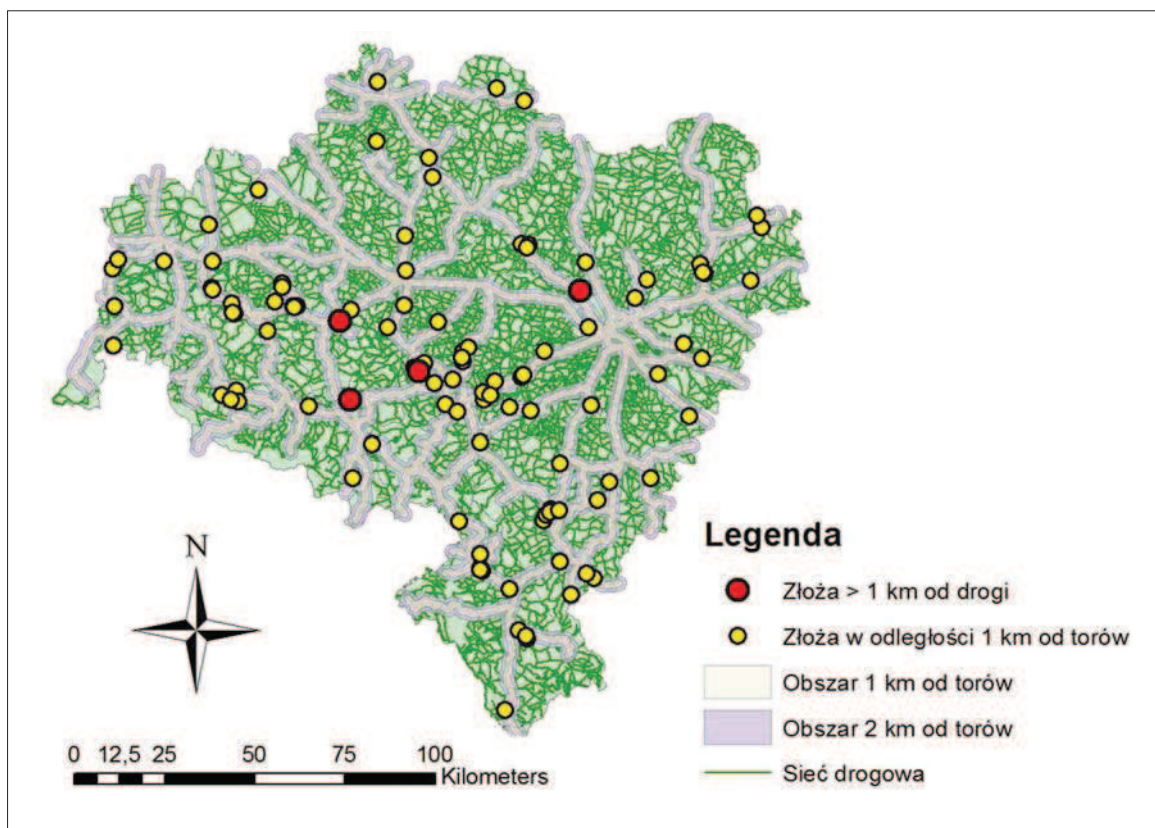
Kopalina	Łączne zasoby	Udział procentowy
	[mln. Mg]	[%]
Kamienie drogowe i budowlane	368,2	47,9
Kruszywa naturalne	182,1	23,7
Wapienie i margle przem. Cementowego	78,2	10,2
Surowce skaleniowe	64,8	8,4
Gliny ogniotrwałe	42,1	5,5
Surowce kaolinowe	25,5	3,3
Surowce szklarskie	2,1	0,3
Surowce ilaste ceramiki budowlanej	2,0	0,3
Wapienie i margle przem. Wapienniczego	1,4	0,2
Kwarcyty	0,8	0,1
Piaski kwarcowe d/p cegły wap-piaskowej	0,5	0,1

RYS. 4
Dolnośląskie złoża zlokalizowane w odległości 1 km od linii kolejowych

Oczywiście można ubezpieczyć się przed możliwymi awariami. Nie chodzi jednak o ubezpieczenia finansowe czy dublowanie trasy, gdyż to ostatnie rozwiązanie byłoby zbyt drogie, lecz o wyposażenie taśmociągów w place składowe w punkcie załadunku i odbioru surowców z pojemnością wystarczającą na nieprzerwaną realizację dostaw w trakcie usuwania awarii różnego typu. Jest to zdecydowanie najtańsze rozwiązanie, choć też wymaga inwestycji związanych z zajęciem terenu pod składowiska różnych produktów i zapewnienia systemu składowania surowców i ich reeksploatacji przy zatrzymaniu pracy taśmociągu.

Układy takie można optymalizować w celu takiego doboru parametrów przenośników, tras i poziomu zapasów surowców i części zamiennych by łączne koszty dostawy surowców do odbiorcy końcowego w przeliczeniu na tonę produktu były jak najmniejsze. Przydatne do tego mogą być programy do symulacji i animacji, takie jak ModelRisk, @Risk, Crystal Ball czy FlexSim. Wyposażone są one w narzędzia do statycznej i stochastycznej optymalizacji. Złuszczą FlexSim szczególnie nadaje się do porównania efektywności ekonomicznej rozwiązań transportu cyklicznego i ciągłego oraz do przetestowania różnych scenariuszy, nim powzięte zostaną ostateczne decyzje inwestycyjne. Lepiej jest bowiem poświęcić więcej sił i środków na symulację i poszukiwanie optymalnych rozwiązań niż poprawiać zdeterminowane rozwiązania przyjęte tylko na bazie zgrubnych szacunków. Na etapie planowania inwestycji, dzięki jej zoptymalizowaniu można wiele zaoszczędzić, a na etapie gotowego rozwiązania jego usprawnienia nie przyniosą więcej niż kilka procent.

RYS. 3
Przebieg przenośnika
w kopalni Tłumaczów
wraz z alternatywną
trasą samochodową



Kompleksowa ocena stanu taśm i zagrożeń

Istotnym czynnikiem poprawiającym niezawodność systemu transportowego układu są urządzenia monitorujące bezpieczeństwo transportu i oceniające stan zużycia taśm przenośnikowych. W pracy (Jurdziak i Błażej, 2014) pokazano jak wzrost nakładów na obsługi przenośników (w tym instalacje urządzeń monitorujących na kolejnych przenośnikach oraz stosowanie coraz lepszych i bardziej zintegrowanych urządzeń) może poprawić skuteczności eliminacji zagrożeń, a dzięki temu poprawić efektywność transportu w kopalniach podziemnych z uwzględnieniem strat postojowych. Podobne efekty można uzyskać dla pojedynczych ciągów transportowych w górnictwie skalnym, gdy uwzględni się utracone przychody z tytułu niezrealizowanych dostaw surowców z powodu przestoju awaryjnego taśmociągu np. z uwagi na rozciętą taśmę lub rozerwane złącze.

Przy transporcie surowców skalnych wysokość strat z tytułu nieterminowych lub niezrealizowanych dostaw można dodatkowo zredukować dzięki placom składowym. Ich rozmiary warto dopasować do popytu i możliwości produkcyjnych poprzez zastosowanie symulacji i optymalizacji statycznej i stochastycznej. Skuteczność wykrywania zagrożeń można podnieść poprzez wizualną inspekcję (subiektywne i ograniczone możliwości – nie da się w ten sposób m.in. ocenić stanu rdzenia) oraz zastosowanie właściwie dobranych urządzeń diagnostycznych na kolejnych przenośnikach i dbając by monitorowały stan taśm i płynność transportu przy wykorzystaniu możliwie zróżnicowanych

technik (metodą wizyjną, magnetyczną, poprzez różne mechatroniczne czujniki) by możliwie wszechstronnie i kompleksowo ocenić stan taśm, wskazać niezbędne naprawy oraz wyznaczyć optymalny moment ich wymiany (Jurdziak, 2000) poprzez prognozę pozostałego czasu pracy w oparciu o indywidualnie identyfikowane tempo zużywania się taśm. Wszystko to powinno odbywać się w oparciu o analizę opłacalności, by nakłady na diagnostykę nie przekroczyły korzyści (Jurdziak i Błażej, 2010).

Przenośniki taśmowe są wydajnym i ekologicznym środkiem transportu. Przed projektantami przenośników stają wyzwania (lekkie i łatwo demontowalne konstrukcje tras wraz z osłonami przed emisją hałasu, niezawodne napędy i podzespoły), których rozwiązania mogą zapewnić rozpowszechnienie tego ekologicznego środka transportu. Zwłaszcza w sytuacji konfliktowych, gdy lokalna społeczność ma dosyć zatłoczonych i zniszczonych dróg, hałasu i drgań oraz spalin wydzielanych przez intensywny ruch przeładowanych ciężarówek cichej i niewielkiej, ale niezawodny przenośnik wkomponowany w teren i biegnący z dala od osad ludzkich może stanowić korzystną dla wszystkich alternatywę. Aby zaspokoić oczekiwania producentów surowców jego wydajność i niezawodność muszą zapewnić pełne zaspokojenie potrzeb klientów nawet w okresie szczytu zamówień, a koszty jego eksploatacji muszą być niższe niż eksploatacja floty ciężarówek. Jednym z najsłabszych elementów taśmociągu jest

taśma przenośnikowa oraz jej połączenia. Ich stan musi być automatycznie monitorowany, a zagrożenia dla ciągłości pracy układu eliminowane w trybie prewencyjnym – nie awaryjnym.

Literatura

1. Błażej R., Jurdziak L., Zimroz R., Hardygóra M., Kawalec W., 2012. *Inteligentny system do automatycznego badania i ciągłej diagnozy stanu taśm przenośnikowych – cele i założenia projektu badawczego*. Transport Przemysłowy i Maszyny Robocze, Nr. 4, s.10-16.
2. Hardygóra M., Komander H., Błażej R., Jurdziak L., 2012. *Method of predicting the fatigue strength in multiplies splices of belt conveyors*. Maintenance and reliability vol.14, no. 2, 2012, s.171-175.
3. Hardygóra M., Woźniak D., 2011, *Transport taśmowy w górnictwie surowców skalnych – eksploatacja taśm przenośnikowych*, Prace Naukowe Instytutu Górnictwa Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, 111-121
4. Jurdziak L., 2000. *Prewencyjne strategie wymian taśm przenośnikowych*. Prace Naukowe Instytutu Górnictwa P.Wr. Nr 89, Seria: Konferencje Nr 26, Podstawowe Problemy Transportu Kopalnianego Wrocław.
5. Jurdziak L., Błażej R., 2010. *Szacowanie kosztów utrzymania taśm w kopalni stosującej różne strategie wymian taśm i metody wykrywania ich uszkodzeń*. Cuprum. 2010, nr 4, s. 5-18.
6. Jurdziak L., Błażej R., 2014. *Oszacowanie kosztów wymian taśm w kopalni podziemnej z uwzględnieniem konsekwencji awarii taśm i wdrożenia urządzeń prewencyjnych*. Materiały konferencyjne na CD, Szkoła Eksploatacji Podziemnej, Kraków.
7. Kawalec W., 2009, *Przenośniki taśmowe dalekiego zasięgu do transport węgla brunatnego*, Transport Przemysłowy i Maszyny Robocze, Wrocław, 6–13
8. Kawalec W., Kulinowski P., 2007. *Obliczenia przenośników taśmowych metodą podstawową oraz oporów jednostkowych w zintegrowanym środowisku programowym*. Transport Przemysłowy. 2007 nr 1, s. 6-11.
9. Państwowy Instytut Geologiczny, 2013. *Bilans Zasobów Złóż Kopalni w Polsce wg. stanu na 31.12.2012*, Warszawa.
10. Witt A., 2011, *Możliwości zastosowania innowacyjnych układów wyposażonych w mobilne maszyny krusząco – sortujące i transportowe w polskim górnictwie skalnym*, Górnictwo Odkrywkowe, Wrocław, 129-134

Projekt realizowany w ramach Programu Badań Stosowanych w ścieżce A: „Inteligentny system do automatycznego badania i ciągłej diagnozy stanu taśm przenośnikowych”.

Artykuł był wygłaszany na XIV Kruszywa Mineralne. Jego pełna wersja została zamieszczona w publikacji konferencyjnej – Mining Science. Mineral Aggregates. Volume 21(1), 2014, Instytutu Górnictwa Politechniki Wrocławskiej.

LEPIEJ ZAPOBIEGAĆ NIŻ LECZYĆ

Skoncentrowanie złóż i kopalni na niewielkich obszarach występowania powoduje, że lokalne społeczności odczuwają negatywne skutki intensywnego transportu drogowego. Tworzą się lokalne ogniska konfliktów, które można usunąć zastępując transport samochodowy przenośnikami dalekiego zasięgu. Zastosowanie długich przenośników stwarza określone wymagania projektowe, w tym wysokiej niezawodność pracy. Awaria jednego samochodu nie wstrzymuje dostaw. Postój przenośnika np. z uwagi na uszkodzenie taśmy uniemożliwia dostawę do czasu usunięcia awarii. Wykorzystanie przenośników musi zatem być powiązane z zastosowaniem urządzeń zapobiegających awariom katastroficznym oraz diagnozującym stan taśm, tak by ich wymiany i naprawy odbywały się w trybie prewencyjnym a nie awaryjnym.