



# Politechnika Wroclawska

## Wpływ zmian trwałości połączeń taśm przenośnikowych na koszty eksploatacji przenośników taśmowych w kopalni podziemnej

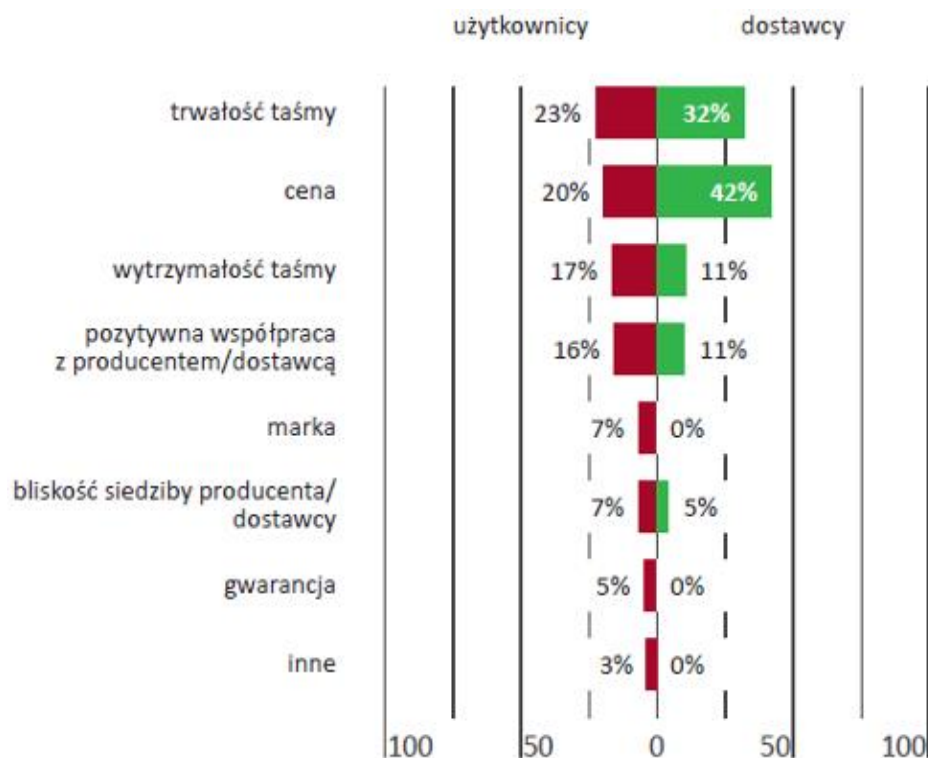
Mirostaw BAJDA, Ryszard BŁAŻEJ, Leszek JURDZIAK,  
Monika HARDYGÓRA

Projekt badawczy finansowany w ramach Programu Badań Stosowanych PBS 3 ścieżka A, umowa nr PBS3/A2/17/2015 „Złącza wieloprzekładowych taśm przenośnikowych o zwiększonej trwałości eksploatacyjnej” realizowany w konsorcjum z firmą NILOS POLSKA sp. z o.o.

Szkoła Eksploatacji Podziemnej 22-24.02. 2017 Kraków



# Trwałość taśm przenośnikowych najważniejszym kryterium ich wyboru



Główne kryteria brane pod uwagę przy wyborze taśmy przenośnikowej  
 (Abramczyk, 2015. Dobór taśm przenośnikowych. Wyniki ankiety. *Inżynieria i Utrzymanie Ruchu Zakładów Przemysłowych*, 09 lipca 2015. <http://www.utrzymanieruchu.pl/menugorne/arttykul/article/dobor-tasm-przenosnikowych>)



# Połączenia taśm niedoceniany składnik kosztów eksploatacji

Konsekwencją zbyt niskiej wytrzymałości połączeń jest:

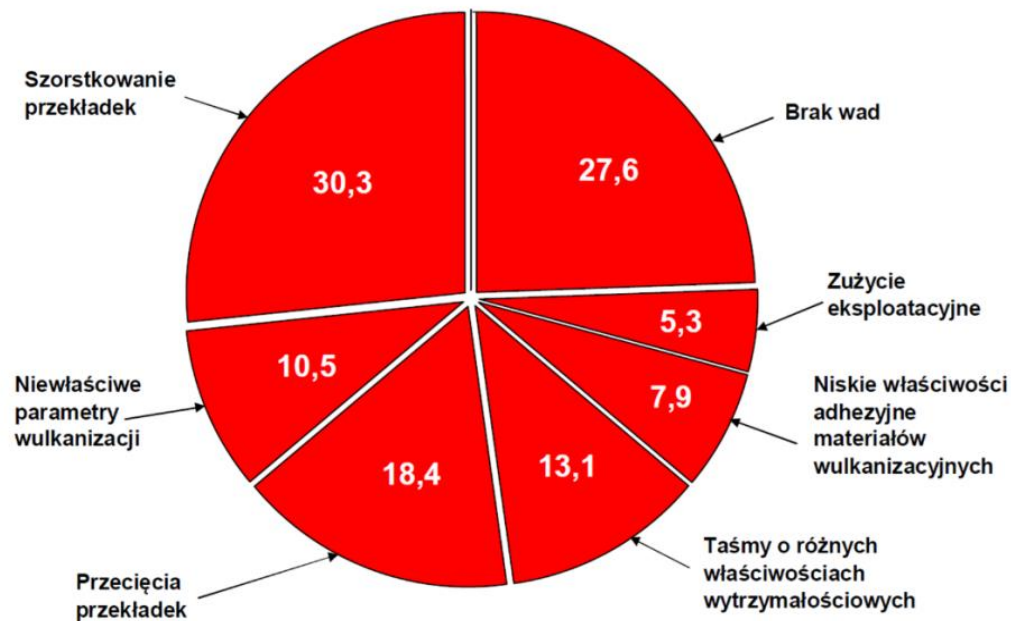
- ✓ niewielka ich trwałość,
- ✓ spadek niezawodności i w konsekwencji wzrost kosztów transportu.

Połączenia taśm stanowią **najstabsze ogniwo** w pętli połączonych ze sobą odcinków taśm pracujących w ciągach przenośników transportujących urobek w kopalni. W podziemnych kopalniach węgla kamiennego długość odcinków jest ograniczona rozmiarami wyrobisk oraz szybu transportowego. Im mniejsza liczba połączeń tym lepiej dla niezawodności pętli.

Podstawowym czynnikiem wpływającymi na wytrzymałość połączeń są: metoda ich wykonania oraz właściwy dobór składników mających decydujący wpływ na trwałość zmęczeniową połączeń. Istotny wpływ ma też jakość wykonania obejmująca zarówno dotrzymanie odpowiedniej geometrii dopasowanej do budowy taśmy i warunków jej pracy, jak i przestrzeganie dobrych praktyk w zakresie technologii ich wykonania.

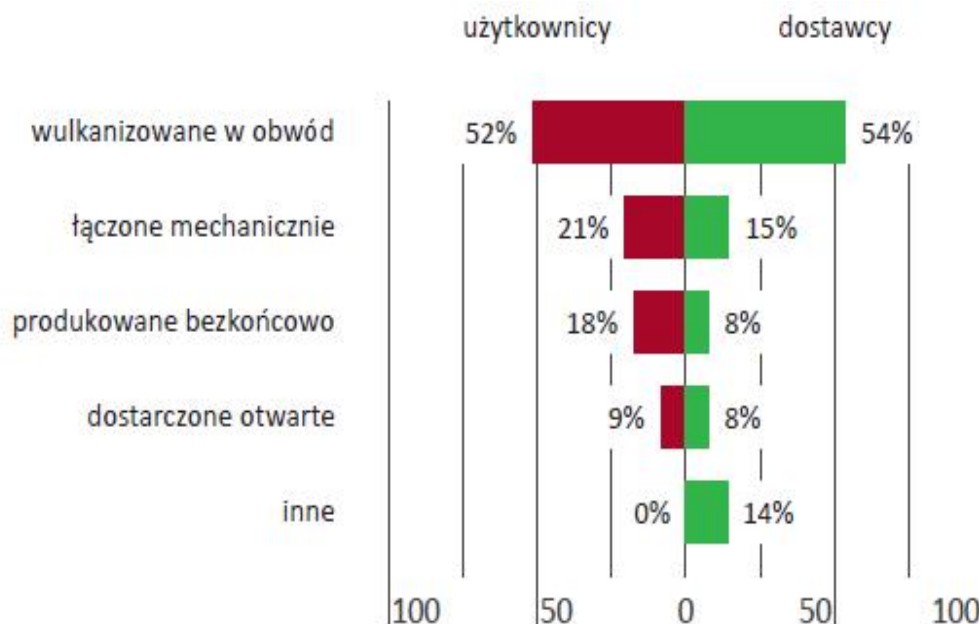
Trudne warunki w kopalniach podziemnych i presja redukcji czasu postoju przenośników (unikanie strat produkcji) odbija się na spadku wytrzymałości statycznej i dynamicznej połączeń. Potwierdzają to liczne badania ich wytrzymałości i trwałości zmęczeniowej prowadzone w Laboratorium Transportu Taśmowego (LTT) w ramach prac badawczych i ekspertyz zleczanych przez producentów taśm i ich użytkowników.

# Połączenia taśm niedoceniany składnik kosztów eksploatacji



Procentowy udział przyczyn powodujących obniżenie wytrzymałości złączy taśm wieloprzekładekowych  
(Projekt NCBiR, 2015)

# Połączenia taśm niedoceniany składnik kosztów eksploatacji



## Preferowane typy łączenia taśm

(Abramczyk, 2015. Dobór taśm przenośnikowych. Wyniki ankiety. *Inżynieria i Utrzymanie Ruchu Zakładów Przemysłowych*, 09 lipca 2015)



# *Porównanie kosztów wykonywania połączeń wulkanizowanych i klejonych*

## **Przyjęte założenia:**

- Hipotetyczna kopalnia w której zainstalowano 10 km taśm przesyłkowych - długość pojedynczego odcinka taśmy w pętłach wynosi 100 m - założenie to warunkuje liczbę połączeń. W miarę starzenia się taśm i ich zużywania oraz pojawiania się uszkodzeń obsługa wymienia uszkodzone fragmenty taśm zwiększając liczbę odcinków i połączeń. Dla liczby odcinków i połączeń nie jest bez znaczenia, w którym miejscu wstawia się taśmę. Jeśli wymieniamy fragment odcinka taśmy na brzegu z wymianą złącza starego na nowe to powstaje tylko 1 dodatkowy odcinek i 1 dodatkowe złącze. Wymiana fragmentu taśmy na środku odcinka zwiększa liczbę połączeń o 2 nowe a liczba odcinków wzrasta do 3 (w miejscu jednego). W tej pracy aspekt niezawodności nie będzie analizowany, a rosnąca liczba odcinków zostanie uwzględniona poprzez badanie wpływu długości średniego odcinka na koszty wymian taśm i połączeń. Reasumując widać, że wymiany fragmentów taśm prowadzą do wzrostu liczby połączeń, spadku średniej długości odcinków oraz odbija się na kosztach, co będzie wykazane w dalszej części analizy



# *Porównanie kosztów wykonywania połączeń wulkanizowanych i klejonych*

## Przyjęte założenia:

- Przyjęto, że koszt zakupu taśm tekstylnych wynosi ok. 300 zł/m.b., a koszty wykonania połączeń to dla połączenia wulkanizowanego 2 800 zł, a dla połączenia klejonego 1 800 zł. Założono średnią trwałość taśmy na poziomie 3 lat i nie mniejszą trwałość połączeń wulkanizowanych, które osiągają 100% wytrzymałości taśmy. Oznacza to, że złącza wulkanizowane wymienia się jedynie przy okazji wymiany taśmy i nie pojawia się konieczność ich wymiany na skutek pogorszenia ich kondycji. Przy 100 połączeniach i ich trwałości nie mniejszej niż 3 lata, rocznie będzie się wymieniać ok. 34 połączenia wulkanizowane
- Połączenia klejone taśm tekstylnych mają mniejszą wytrzymałość (do 60% wytrzymałości taśmy) i przez to ich trwałość założono na poziomie 1 roku. Oznacza to, że rocznie wymieniać się będzie 100 połączeń, a więc tyle ile ich jest w kopalni



# Porównanie kosztów wykonywania połączeń wulkanizowanych i klejonych

## Przyjęte założenia:

- W analizie uwzględniono dodatkowe koszty postojowe. Średnią długość naprawy oszacowano na 4 godziny. Wielkość tych kosztów i strat nie jest łatwo oszacować, gdyż zależą one od położenia przenośnika, który uległ awarii. Większe straty będą powodowane postojem przenośników odstawy głównej, a mniejsze postojem przenośników oddziałowych. Postoje planowe mogą nie generować żadnych strat, gdy realizowane są w okresie nieprodukcyjnym. Postoje awaryjne mogą wiązać się nie tylko ze stratami produkcyjnymi (brak wydobywania w okresie postoju), których np. nie da się nadrobić, bo kopalnia ma w pełni wykorzystane moce produkcyjne, lecz również z kosztami usuwania skutków awarii np. związanymi z usunięciem rozsypanego urobku, naprawy uszkodzonej trasy, wymiany uszkodzonej taśmy. Z uwagi na brak danych o liczbie postojów awaryjnych w polskich kopalniach założono, że analizowane są tylko dodatkowe koszty postoju przypadające na każdą wymianę połączenia. Analizowano ich poziom od zera do 20 tys. zł na wymianę, a użytkownicy będą mogli wybrać poziom odpowiadający ich indywidualnym warunkom.



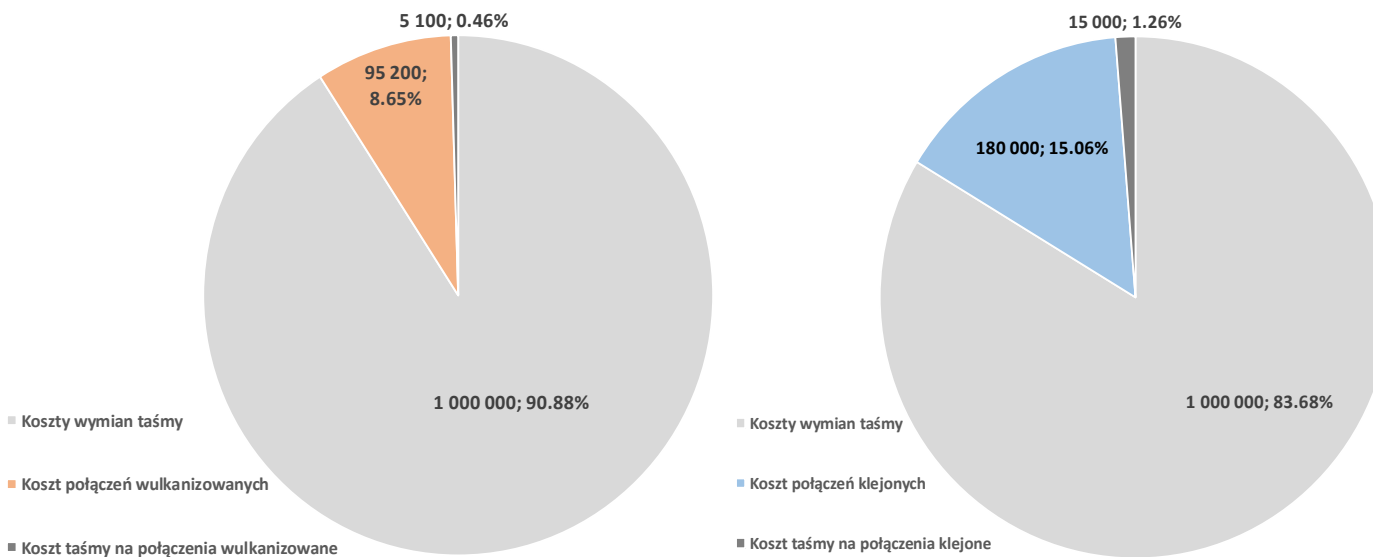


# *Porównanie kosztów wykonywania połączeń wulkanizowanych i klejonych*

## **Przyjęte założenia:**

- Dodatkowe koszty postojów rozważono w dwóch wariantach. W jednym obie strategie łączenia metodą wulkanizowania i łączenia taśm przy użyciu klejów (wulkanizacji na zimno) zajmują tyle samo czasu i generują te same dodatkowe koszty postojowe. W drugim wariantcie czas realizacja połączenia klejonego jest trzykrotnie krótszy i przez to koszty postojowe są trzy razy mniejsze
- Koszty postojowe mogą być potraktowane, jako koszty związane z wymianami taśm i połączeń po stronie kopalni. Zwykle połączenia wykonywane są przez zewnętrzne firmy usługowe serwisujące taśmy. Nie oznacza to, że kopalnia nie ponosi żadnych kosztów własnych z tym związanych np. poprzez przydzielenie czasowej asysty i nadzorowania prac

## Szacunkowe wyniki

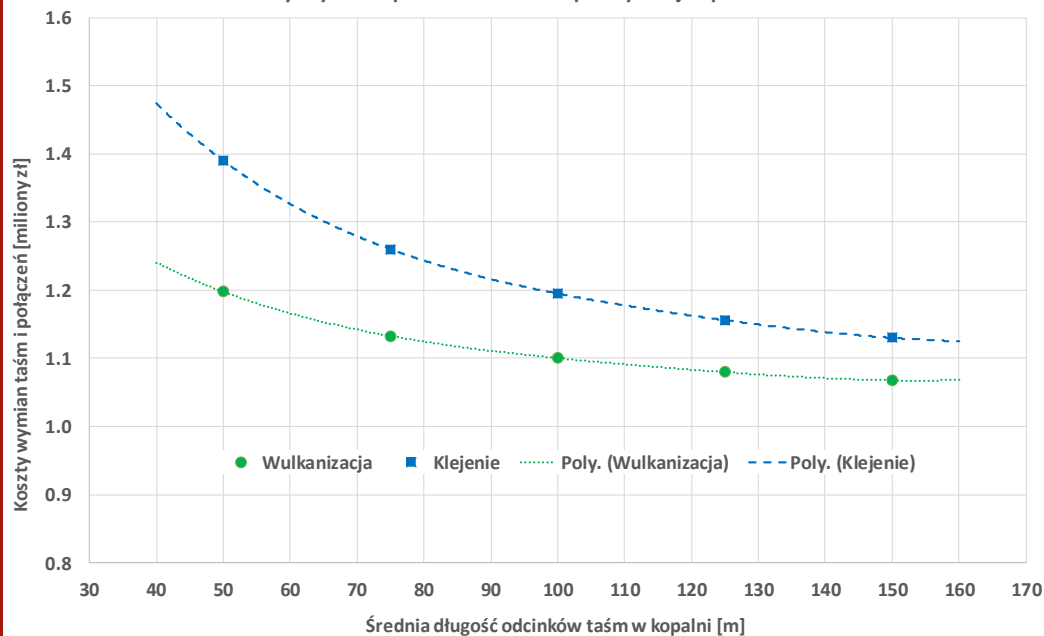


Udział kosztów składowych w kosztach wymian taśm i połączeń

Dla przyjętych założeń okazało się, że roczne koszty wymian taśm i wykonywania połączeń w obu strategiach przekraczają 1 mln zł. Wulkanizacja jest tańsza niż klejenie o 94 700 zł rocznie. Jej koszt to 1,1 mln zł, podczas gdy koszt klejenia wynosi 1,195 mln zł

# Szacunkowe wyniki

Roczne koszty wymian i połączeń taśm w hipotetycznej kopalni z 10 km taśm

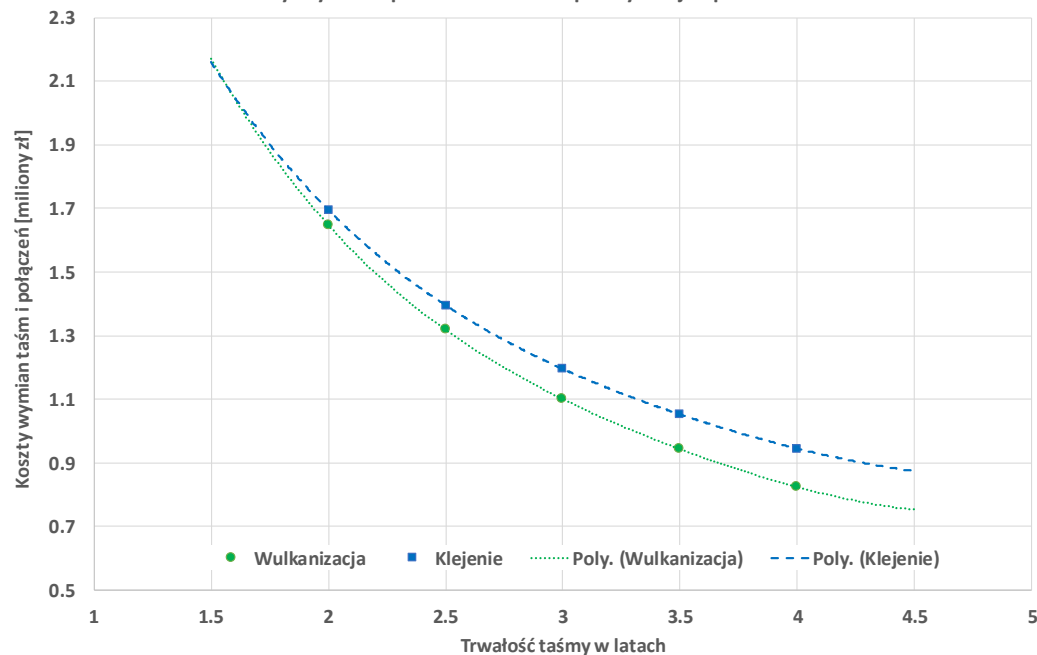


Jak widać wpływ ten nie jest bardzo duży, gdyż dla dwukrotnie krótszych odcinków (dwukrotnie większej liczby połączeń) koszt wzrósł w przypadku wulkanizacji o ok 97 350zł, a dla klejenia o 195 000 zł. Procentowe wzrosty wyniosły odpowiednio: 8,85% dla wulkanizacji i 16,32% dla klejenia. Oszczędności ze wzrostu długości odcinków są jeszcze mniejsze. Wzrost długości do 150 m przyniósłby oszczędności rzędu niecałych 3% dla wulkanizacji, a dla klejenia 5.44%. Tak niewielkie zmiany kosztów wynikają z tego, że największy udział w kosztach mają koszty nowej taśmy, a koszt połączeń mieści się w granicach od 8-15%. Podwojenie liczby połączeń podwaja koszty wykonania połączeń w wymiarze bezwzględnym, ale w wymiarze procentowym nadal jest to niewielka część łącznych kosztów. Należy jednak pamiętać, że w analizie tej nie uwzględniono kosztów postojów awaryjnych, a te zależą od niezawodności pętli taśm.

Wpływ średniej długości odcinków taśm w kopalni na poziom kosztów wymian taśm i połączeń

# Szacunkowe wyniki

Roczne koszty wymian i połączeń taśm w hipotetycznej kopalni z 10 km taśm

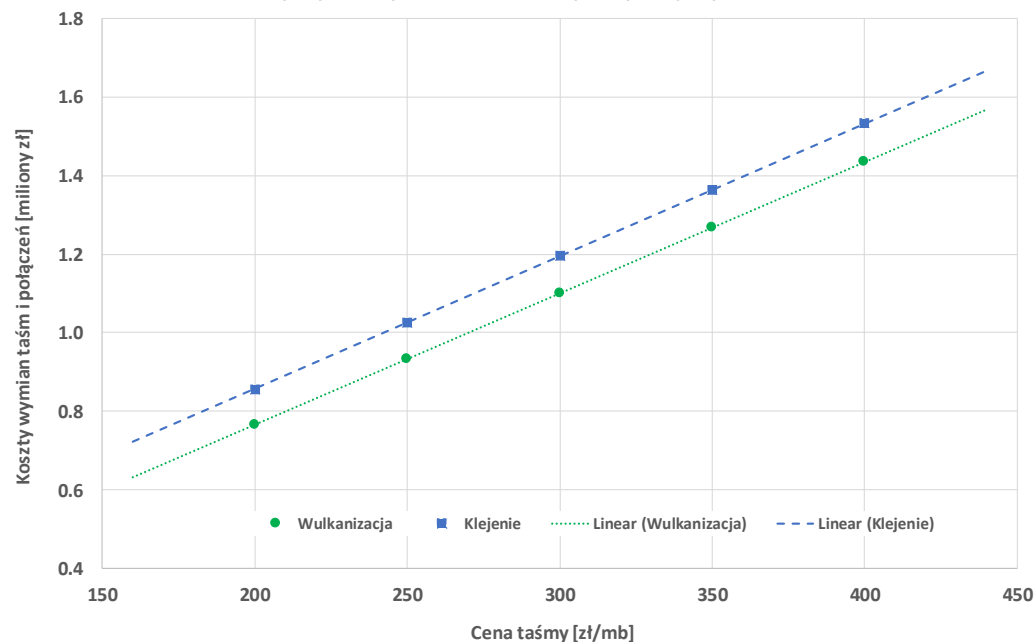


Wpływ trwałości taśmy na koszty wymian i połączeń taśm przy stosowaniu połączeń wulkanizowanych i klejonych

- Innym istotnym czynnikiem jest trwałość taśmy, która wpływa na długość wymienianych rocznie taśm i pośrednio warunkuje liczbę połączeń. Koszt taśm ma największy udział w łącznych kosztach wymian taśm i połączeń (84-91%) dlatego wpływ tego czynnika jest istotny.
- Spadek trwałości taśm do ok. 1.5 roku powoduje, że łączne koszty wymian taśm i połączeń w obu strategiach się zrównują na poziomie dwukrotnie wyższym niż przy trwałości wynoszącej 3 lata. Krótka trwałość taśm zwiększa długość rocznych wymian taśm i liczbę wymienianych połączeń wulkanizowanych, które wymienia się przy okazji wymian taśmy. Z uwagi na większy koszt połączeń wulkanizowanych niweluje to różnice kosztów w obu strategiach
- Jej wzrost do 4 lat powoduje spadek łącznych kosztów wymian taśm i połączeń do poziomu 823 tys. zł, co daje zrzedność 276,6 tys. zł rocznie, a więc o ponad 25 % dla taśm wulkanizowanych i o 250 tys. zł (o 20,9%) dla strategii połączeń klejonych. Wzrost trwałości taśm można osiągnąć rezygnując z kryterium ceny na przetargach i łącząc cenę z czasem gwarancji poprawnej pracy taśm.

# Szacunkowe wyniki

Roczne koszty wymian i połączeń taśm w hipotetycznej kopalni z 10 km taśm

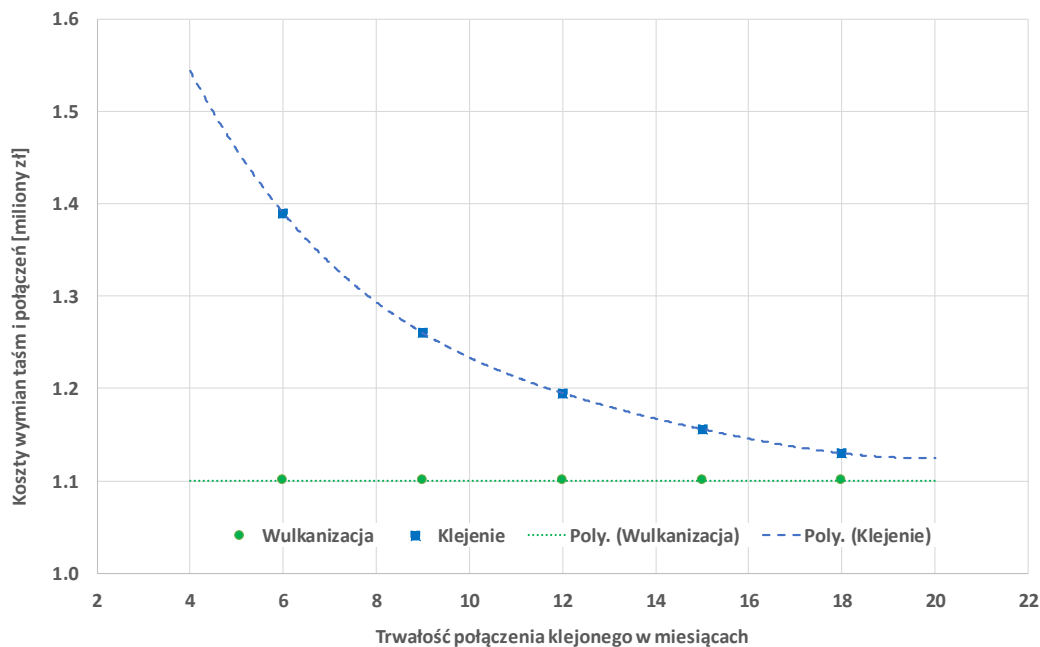


- Drugim czynnikiem, na które wskazywali odbiorcy i dostawcy w ankiecie była cena taśmy. Wrażliwość łącznych rocznych kosztów wymian i połączeń taśm na zmianę ceny w zakresie od 200 zł/m.b. do 400 zł/m.b. pokazano na rysunku. Cena taśmy nie ma wpływu na łączne koszty w obu strategiach.

Wpływ ceny taśmy na łączne, roczne koszty wymian i połączeń taśm

# Szacunkowe wyniki

Roczne koszty wymian i połączeń taśm w hipotetycznej kopalni z 10 km taśm

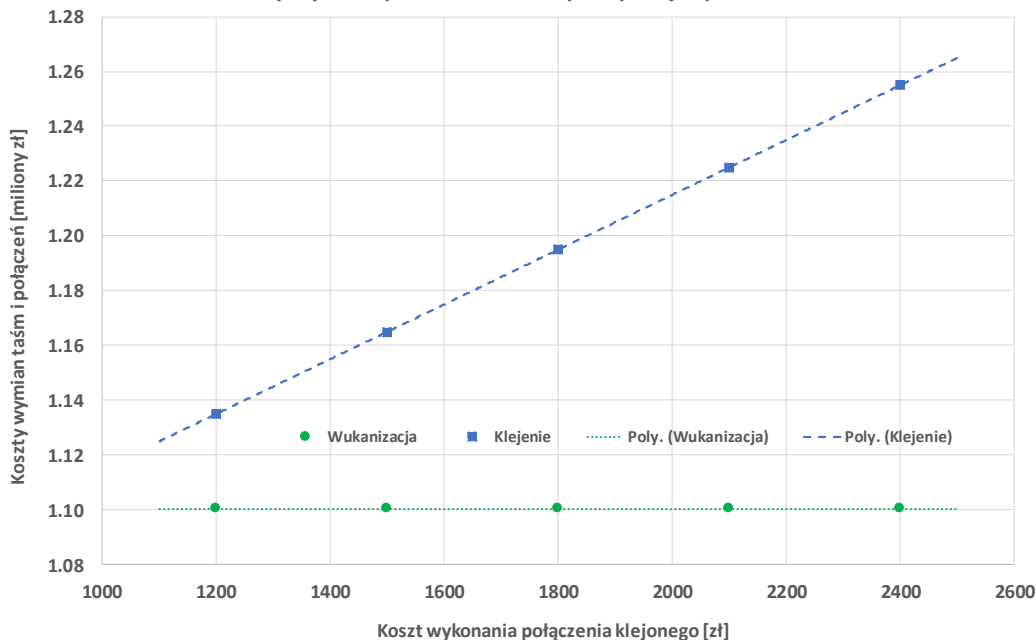


Wpływ średniej trwałości połączeń klejonych na łączne koszty wymian i połączeń taśm

- Zbadano też wpływ zmian trwałości połączenia klejonego na zmianę łącznych kosztów wymian taśm i połączeń (Rys). Okazuje się, że wzrost trwałości połączeń klejonych z 12 miesięcy do 18 miesięcy praktycznie zrównuje łączne koszty w obu strategiach.
- Niestety przy zaostrożonej konkurencji na rynku usług wymian i łączenia taśm, koszt połączenia klejonego pokrywa jedynie koszty krańcowe jego wykonania. Trudno oczekiwać by rostała trwałość połączeń, gdy maleją płace pracowników wykonujących połączenia. Niskie płace, to wysoka rotacja pracowników i brak doświadczenia. Dodatkowo kopalnie wywierają presję na skracanie czasu bezczynności przenośnika, co nie sprzyja osiągnięciu zakładanej wytrzymałości połączeń. Warto przemyśleć, czy nie warto, podobnie jak dla taśm, w przetargach na realizację usług łączenia taśm potęczyć cenę z długością gwarancji poprawnej pracy połączeń. Możliwe, że nieco droższe połączenia, ale wykonane staranniej przez doświadczonych pracowników będą pracować dłużej

# Szacunkowe wyniki

Roczne koszty wymian i połączeń taśm w hipotetycznej kopalni z 10 km taśm

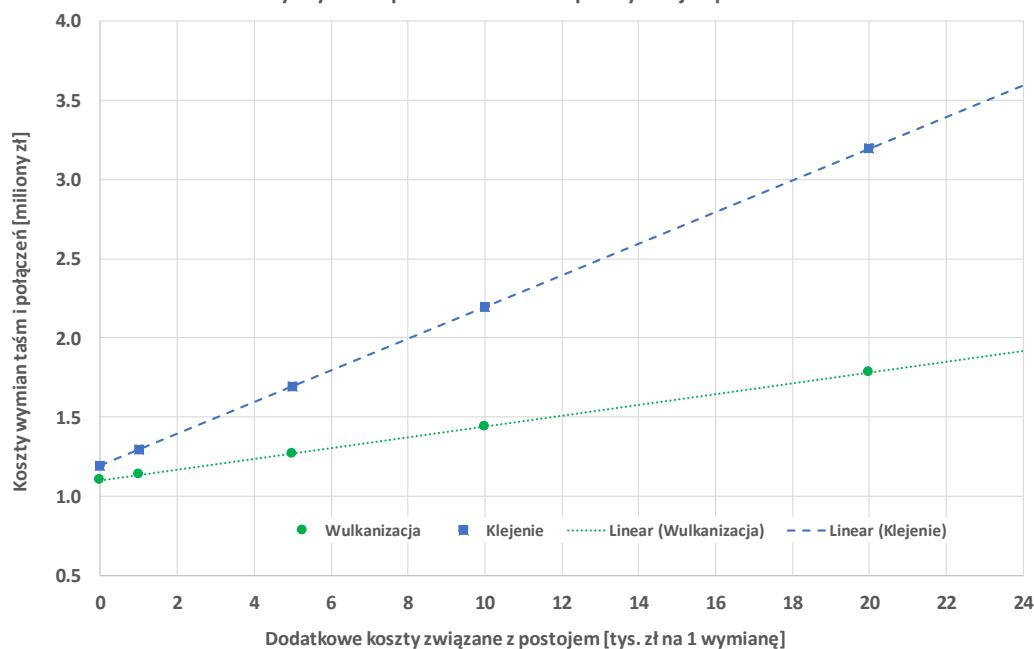


- Wzrost ceny połączenia klejonego przekłada się bezpośrednio na wzrost łącznych kosztów wymian i połączeń taśm (Rys.11). Wzrost ceny o 33,(3) % (1800 zł do 2400 zł). Zwiększa koszty jedynie o 60 000 zł rocznie, a więc o ok. 5%. Jeśli względnie wzrostowi kosztów wykonania połączenia klejonego będzie towarzyszyć analogiczny względny wzrost trwałości to łączne koszty wymian i połączeń taśm dla kopalni nie powinny ulec wzrostowi, a pojawia się korzyści ze wzrostu niezawodności.

Wpływ ceny połączenia klejonego na łączne koszty wymian i połączeń

# Szacunkowe wyniki

Roczne koszty wymian i połączeń taśm w hipotetycznej kopalni z 10 km taśm



- Nie jest znana jaka część wymian połączeń dokonywanych jest w trybie awaryjnym oraz jakie straty są z tym związane. Jak widać wszelkie dodatkowe koszty szybko zwiększają łączne koszty wymian i połączeń taśm powodując zwiększenie różnicy kosztów w obu strategiach wymian. Różnice wynikają z dużo większej częstości wymian połączeń klejonych, których trwałość jest trzykrotnie mniejsza niż połączeń wulkanizowanych. Przyjęcie trzykrotnie niższych kosztów postojowych dla połączeń klejonych w stosunku do wulkanizowanych powoduje utrzymanie początkowej różnicy kosztów dla wszystkich poziomów dodatkowych kosztów postojowych

Wpływ dodatkowych kosztów postojowych na łączne koszty wymian i połączeń





## Wnioski

- Przedstawione analizy potwierdziły, że kluczowym parametrem wpływającym na łączne roczne koszty wymian i połączeń taśm jest **trwałość taśm**. Kopalnie powinny bacznie zwracać uwagę na właściwe ich użytkowanie i monitorowanie ich zużycia. Trwałość taśmy jest czynnikiem różnicującym łączne koszty w obu strategiach.
- Drugim czynnikiem silnie wpływającym na łączne koszty wymian i połączeń taśm jest **cena taśmy**. Nie różnicuje ona kosztów obu strategii. Ważne jest, że wzrost ceny o 50 zł/m.b. (o 16,67%) przy analogicznym wzroście względnej trwałości redukuje łączne wydatki przy wulkanizacji o 9,1%. Wzrost trwałości szybciej obniża koszty przy stosowaniu wulkanizacji, gdyż trwałość połączeń tego typu jest identyczna z trwałością taśmy. Jeśli chodzi o łączne koszty w strategii klejenia taśm to pozostają one prawie na tym samym poziomie - nieznacznie rosną.



## Wnioski

- Istotny wpływ na zmniejszenie różnicy kosztów w obu strategiach jest **trwałość połączeń**. Niższa cena połączeń klejonych nie rekompensuje dużo niższej ich trwałości. Przyjęta względna różnica ceny połączenia klejonego wynosi ok. 36%, podczas gdy przyjęty względny spadek trwałości wyniósł 66.7%. Wzrost trwałości połączenia klejonego do 2 lat praktycznie niweluje różnice kosztów w obu strategiach.
- Niska trwałość połączeń klejonych wpływa na niską niezawodność pętli taśm i pociąga za sobą wysokie koszty postojów awaryjnych i strat produkcji spowodowanych tym postojem. Nie były one uwzględniane w analizie. Warto przeprowadzić szacunki kosztów obu strategii z uwzględnieniem stochastycznych własności trwałości taśm i połączeń np. poprzez symulację ich wymian metodą Monte Carlo.