

## Ocena ergonomiczna wozów do przewozu osób w górniczym transporcie pomocniczym

Dariusz Michalak  
Magdalena Rozmus

Ergonomic assessment of cars for transporting people in mining auxiliary transport - surveys

Streszczenie:

W artykule zawarto analizę wyników badań ankietowych przeprowadzonych w kopalniach JSW S.A. oraz w kopalni Premogovnik Velenje, dotyczących komfortu użytkowania kolejek podwieszonych. Przedstawiono także wyniki analizy ergonomicznej typowego wozu do przewozu ludzi w górniczym transporcie pomocniczym.

Słowa kluczowe: ergonomia, inżynieria mechaniczna, budowa i eksploatacja maszyn, kolejka podwieszona, przewóz ludzi

Keywords: ergonomics, mechanical engineering, machine design and maintenance, suspended monorail, transport of people

Abstract:

The article contains an analysis of the results of surveys conducted in the JSW S.A. mines. and at the Premogovnik Velenje mine. The study concerned comfort of use of suspended monorails. Results of ergonomic analysis of a typical car for transporting people in mining auxiliary transport are also presented.

*„Praca naukowa finansowana ze środków finansowych na naukę w latach 2017-2020 przyznanych na realizację projektu międzynarodowego współfinansowanego”.*

### 1. Wprowadzenie

Transport materiałów i przewóz osób w podziemiach kopalń coraz częściej odbywa się na długich trasach. Stąd większego znaczenia nabiera komfort operatora oraz przewożonych osób. Wynika to z jakości ergonomicznej stosowanych środków transportu – kabiny operatora oraz elementów składu transportowego, przeznaczonych do przewozu ludzi, i wiąże się nie tylko z samą jazdą, ale także z wsiadaniem i wysiadaniem.

Problem ergonomii kolejek podwieszonych - ich dostosowania do możliwości i ograniczeń operatorów i przewożonych osób stał się przedmiotem jednego z zadań realizowanych w ramach projektu INESI „Zwiększenie efektywności i bezpieczeństwa w podziemnych drogach górniczych”. Projekt uwzględnia szereg aspektów, takich jak: zwiększenie prędkości i bezpieczeństwa podziemnych pomocniczych systemów transportowych, opracowywanie i testowanie systemów transportu dostosowanych do zwiększonej prędkości, system kontroli parametrów trakcyjnych środków transportu górniczego, wentylacja niskoenergetyczna podziemnych ciągów komunikacyjnych, system identyfikacji obecności człowieka na podziemnych przenośnikach i optymalizacja procesów wraz z monitorowaniem osób i urządzeń [3].

### 2. Metodyka badań

Badania miały na celu pozyskanie informacji umożliwiających zaprojektowanie środków transportu podwieszonych, z ergonomicznego punktu widzenia, w tym kabiny operatora oraz wozów służących do przewozu osób.

Posłużono się dwiema metodami: ankietą oraz komputerowo wspomaganą analizą ergonomiczną. Badania ankietowe objęły 167 osób z Polski i Słowenii. Przygotowano dwa kwestionariusze: dla operatorów oraz dla przewożonych osób.

Pozyskano opinię respondentów na temat obecnie stosowanych kolejek podwieszonych, a także informacje na temat ich oczekiwań dotyczących środków transportu, jakie powstaną w przyszłości. Badanie z zastosowaniem narzędzi komputerowych dotyczyło obecnie stosowanych wozów do przewozu osób.

### 3. Ocena stosowanych obecnie kolejek podwieszonych

#### 3.1. Wyniki ankiety przeprowadzonej z operatorami kolejek powieszonych

W kwestionariuszu ankiety przeprowadzonej z operatorami kolejek podwieszonych, w części dotyczącej oceny ich stanu aktualnego, zawarto pytania nt. elementów sterowniczych oraz stanowiska operatora.

Pytanie dotyczące elementów sterowniczych koncentrowało się na komforcie ich użytkowania. Wyróżniono cztery aspekty, dla których przyporządkowano ocenę w skali 5-stopniowej, od -2 do 2. Ocena -2 wskazywała na negatywną ocenę, 0 ocenę neutralną, a ocena 2 bardzo dobrą ocenę. W tabeli 1 przedstawiono wyniki ankiety na ww. pytanie.

**Wyniki oceny elementów sterowniczych [%]**  
(wartości w tabeli oznaczają procent respondentów, którzy wybrali daną odpowiedź)

Tabela 1

	-2	-1	0	1	2
Rozmieszczenie elementów sterowniczych	0	12	30	41	17
Możliwość dostosowania położenia elementów sterowniczych do własnych potrzeb	10	10	36	29	15
Czytelność wyświetlanych informacji	5	4	29	42	20
Prostota obsługi	0	9	30	34	27

Respondenci w przeważającej większości pozytywnie ocenili rozmieszczenie elementów sterowniczych w kabinie operatora. Ponad połowa ankietowanych przyznała ocenę 1- dobrą lub 2 - bardzo dobrą. Możliwości dostosowywania położenia elementów sterowniczych do własnych potrzeb, także w większości oceniono pozytywnie (ocena 1 lub 2). Na uwagę zasługują fakt, że 20% ankietowanych wypowiedziało się negatywnie (wybierając ocenę -1 lub -2), co można wytłumaczyć faktem, iż możliwości dostosowania położenia elementów do własnych potrzeb są ograniczone. W większości aktualnie stosowanych rozwiązań konstrukcyjnych, jedynym elementem, jaki może być dostosowywany do potrzeb użytkownika jest siedzisko operatora. Biorąc pod uwagę dużą ilość ocen pozytywnych dla ww. aspektów użytkowania związanych z elementami sterowniczymi, można stwierdzić, że stosowane aktualne rozmieszczenie elementów sterowniczych dopasowane jest do większości operatorów i możliwości dostosowania ich położenia są wystarczające. Nie zachodzi więc konieczność wprowadzania zmian.

Respondenci pozytywnie ocenili czytelność wyświetlaczy (62% pozytywnych ocen), nie sprawia im także problemów sama obsługa maszyny – 61% ankietowanych pozytywnie ocenia prostotę obsługi, 30% przyznała ocenę neutralną.

W tabeli 2 zawarto wyniki ankiety, w części dotyczącej oceny stanowiska operatora, w tym: komfortu siedziska, widoczności oraz aspektów fizycznych, takich jak wymiary (dostępna przestrzeń) oraz niedogodności związane z wibracjami podczas jazdy.

**Wyniki oceny stanowiska operatora [%]**  
(wartości w tabeli oznaczają procent respondentów, którzy wybrali daną odpowiedź)

Tabela 2

	-2	-1	0	1	2
Możliwość dostosowania siedziska do własnych potrzeb	22	22	38	15	3
Komfort siedziska	10	19	36	27	8
Widoczność z miejsca operatora podczas jazdy	2	13	42	29	14
Widoczność z miejsca operatora podczas manewrowania	9	27	25	27	12
Wolna przestrzeń na nogi	7	19	34	23	17
Szerokość kabiny	2	15	39	29	15
Wibracje kabiny podczas jazdy	44	15	20	14	5
Ogólny komfort	9	29	46	8	8

Stanowisko operatora to przede wszystkim siedzisko. Respondentów zapytano, jak oceniają możliwości dostosowania siedziska do własnych potrzeb. 44% ankietowanych wypowiedziało się negatywnie, co oznacza, że dostępne zakresy i możliwości dostosowania siedziska operatora nie są dla nich wystarczające. 38% ankietowanych odniosło się do pytania neutralnie – co można interpretować jako odpowiedź: „nie mam uwag”. Pozytywną opinię wyraziło 18% respondentów. Uzyskane odpowiedzi respondentów wskazują, że możliwości dostosowania siedziska do własnych potrzeb są niewystarczające.

Komfort siedziska operatora oceniono pozytywnie. W odpowiedziach przeważały oceny pozytywne (35%) oraz neutralne (36%). Należy zwrócić uwagę, że fotel operatora najczęściej wykonany jest z miękkiego obicia, co gwarantuje komfort znacznie wyższy niż ma to miejsce w przypadku siedzisk/ław, w jakie wyposażone są wagony do przewozu ludzi.

Widoczność z miejsca operatora podczas jazdy respondenci ocenili jak dobrą lub bardzo dobrą (łącznie 43%), natomiast 42% ankietowanych oceniło ten aspekt jako neutralny. Na podstawie uzyskanych odpowiedzi można stwierdzić, że w zakresie widoczności podczas jazdy rozwiązania konstrukcyjne, z którymi zetknęli się respondenci są właściwie zaprojektowane.

Dla widoczności podczas manewrowania, odpowiedzi w porównywalnym stopniu, rozkładają się pomiędzy oceny negatywne (36%) i pozytywne (39%), przy stosunkowo niskim udziale odpowiedzi neutralnych (25%). Manewrowanie dotyczy głównie jazdy do tyłu oraz sytuacji, gdy wymagana jest duża precyzja jazdy, np. podczas formowania składu. Z uwagi na niejednoznaczne, w tym zakresie, wyniki, analizie poddano staż pracy na stanowisku operatora. Wyodrębniono dwie grupy respondentów: ze stażem pracy od 1 do 5 lat oraz powyżej 5 lat. W grupie respondentów ze stażem pracy na stanowisku operatora nie przekraczającym 5 lat, 44% wypowiedziało się negatywnie, 33% neutralnie oraz 22% pozytywnie. W grupie respondentów ze stażem wyższym niż 5 lat, 31% wypowiedziało się negatywnie, 29% neutralnie i aż 40% pozytywnie. Analizując powyższe opinie, można stwierdzić, że wraz z rosnącym stażem pracy na stanowisku operatora kolejki podwieszanej, widoczność podczas manewrowania staje się coraz mniejszym problemem.

W kolejnej części kwestionariusza zapytano respondentów o dostępną, wolną przestrzeń na nogi w kabinie operatora. 40% ankietowanych oceniło pozytywnie ten aspekt przestrzeni pracy, 34% było w miarę zadowolonych, jedynie 26% ankietowanych wskazało na niedogodności w tym zakresie. Odczuwanie komfortu w zakresie przestrzeni na nogi wiąże się z cechami antropometrycznymi operatora, przede wszystkim jego wzrostem. Średni wzrost ankietowanego to 180 cm (najniższy wykazany wzrost to 165 cm, najwyższy 198 cm).

W odpowiedzi na pytanie dotyczące szerokości kabiny uzyskano 44% pozytywnych odpowiedzi, 39% ankietowanych wypowiedziało się neutralnie i tylko 17% ankietowanych negatywnie oceniło ten aspekt. Należy zwrócić uwagę na fakt, że w przypadku kabiny operatora, cała dostępna szerokość kabiny przeznaczona jest dla jednej osoby, podczas gdy w przypadku przedziałów do przewozu osób, w przeważającej liczbie rozwiązań, w tej samej przestrzeni (a konkretnie – szerokości) muszą pomieścić się dwie osoby.

Wpływ wibracji oddziałujących podczas jazdy na operatora zdecydowanie oceniono negatywnie. Wśród respondentów 44% przyznało ocenę -2, a 15% dało ocenę -1. Tylko 19% ankietowanych udzieliło odpowiedzi pozytywnych. Na podstawie uzyskanych wyników, można stwierdzić, że wibracje pojawiające się w kabinie operatora podczas jazdy są istotnym problemem wpływającym na komfort pracy operatora. Należy zatem podjąć starania i znaleźć rozwiązania zmniejszające ww. oddziaływanie.

Poproszono także respondentów, aby ocenili ogólny komfort kabiny operatora. Większość respondentów odniosła się do tego aspektu neutralnie – 46%, jednak duży procent ankietowanych 38%, przyznało ocenę negatywną, co wskazuje na konieczność podjęcia działań poprawiających ww. aspekt.

### 3.2. Wyniki ankiety przeprowadzonej z osobami przewożonymi kolejkami podwieszonymi

Ergonomiczną ocenę rozwiązań, stosowanych do przewozu osób kolejek podwieszonych przeprowadzono:

- w odniesieniu wszystkich typów rozwiązań (kabin, ław),
- z podziałem na typ rozwiązania konstrukcyjnego - uwzględniono kabiny z drewnianymi siedzeniami i z siedzeniami typu hamak oraz belkę do przewozu osób, z jedną lub dwiema ławami.

Podobnie jak w ankiecie przeznaczony dla operatorów, dla oceny przyjęto 5-stopniową skalę, w której -2 wskazuje bardzo negatywną ocenę, 0 – oznacza ocenę neutralną, a 2 – ocenę bardzo pozytywną.

Ocena przestrzeni pasażerskiej we wszystkich typach rozwiązań konstrukcyjnych, przeprowadzono w oparciu o siedem kryteriów szczegółowych. Strukturę udzielonych odpowiedzi przedstawiono w tabeli 3.

**Struktura odpowiedzi dotyczących przestrzeni pasażerskiej [%]  
(wartości w tabeli oznaczają procent respondentów, którzy wybrali daną odpowiedź)**

Tabela 3

	-2	-1	0	1	2
Możliwość dostosowania siedziska do własnych potrzeb	33	7	26	10	6
Komfort siedziska	9	16	39	17	5
Wolna przestrzeń na nogi	18	18	30	16	5
Szerokość kabiny	8	22	27	18	8
Wpływ obecności innych pasażerów na komfort podróżowania	11	24	35	13	6
Hałas podczas jazdy	20	20	33	8	8
Wibracje kabiny podczas jazdy	12	27	30	15	5
Ogólny komfort	10	16	42	17	4

Możliwość dostosowania siedziska do własnych potrzeb 40% respondentów oceniło jako złą lub bardzo złą, natomiast jedynie 16% respondentów wyraziło pozytywną opinię.

Komfort siedziska oceniono jako przeciętny (ok. 40% respondentów), natomiast porównywalna liczba respondentów oceniła go negatywnie lub pozytywnie. Należy podkreślić, że niewielka liczba respondentów przyznała oceny skrajne.

Dostępną przestrzeń na nogi oceniono negatywnie lub na poziomie przeciętnym odpowiednio przez: 36% i 30% respondentów. 21% respondentów uznało stosowane rozwiązania jako wygodne lub bardzo wygodne.

Kolejnym kryterium, które istotnie zależy od miar antropometrycznych respondenta, jest szerokość kabiny. Około 1/3 respondentów negatywnie oceniła rozwiązania konstrukcyjne, z których korzystali, natomiast zbliżona liczba osób przyznała ocenę przeciętną lub pozytywną – odpowiednio 27% i 26%.

Rozwiązania konstrukcyjne zostały przez 35% respondentów ocenione negatywnie pod względem komfortu podróżowania wynikającego z obecności innych pasażerów.

Hałas odczuwany podczas jazdy był dla respondentów szczególnie uciążliwy. 40% respondentów wyraziło opinię negatywną, 33% - opinię przeciętną, i jedynie 16% opinię pozytywną. Podobnie wyglądała kwestia odczuwanych wibracji, które w opinii znacznej części respondentów negatywnie wpływają na komfort jazdy.

Ogólne odczucie komfortu zostało ocenione jako przeciętne przez ponad 40% respondentów. Opinię negatywną wyraziło 26% respondentów, a opinię pozytywną 21% respondentów.

Kabiny z drewnianymi siedzeniami, kabiny z siedzeniami typu hamak oraz belki do przewozu osób z jedną lub dwiema ławami oceniono pod względem: wygody odczuwanej podczas jazdy, wygody wsiadania oraz wysiadania, ponieważ wpływają one na obciążenie układu mięśniowo-szkieletowego. Odczuwany komfort wsiadania i wysiadania jest uwarunkowany, między innymi, cechami antropometrycznymi pasażerów. Zapytano także o subiektywne odczucie bezpieczeństwa, co z ergonomicznego punktu widzenia przekłada się na stres psychiczny. Strukturę udzielonych odpowiedzi przedstawiono w tabeli 4.

**Struktura odpowiedzi dotyczących wygody oraz odczuwanego bezpieczeństwa w odniesieniu do kabin i belek do przewozu osób [%]**  
(wartości w tabeli oznaczają procent respondentów, którzy wybrali daną odpowiedź)

Tabela 4

	-2	-1	0	1	2
<b>Kabina do przewozu osób – drewniane siedziska</b>					
Wygoda podczas jazdy	20	23	34	16	7
Wygoda przy wsiadaniu	9	22	27	24	18
Wygoda podczas wysiadania	11	18	31	22	18
Subiektywne poczucie bezpieczeństwa	7	12	34	24	23

	-2	-1	0	1	2
<b>Kabina do przewozu osób – siedziska typu hamak</b>					
Wygoda podczas jazdy	4	30	28	21	17
Wygoda przy wsiadaniu	6	32	40	15	7
Wygoda podczas wysiadania	6	34	38	15	7
Subiektywne poczucie bezpieczeństwa	4	21	34	32	9

	-2	-1	0	1	2
<b>Belka do przewozu osób z 1 lub 2 ławami</b>					
Wygoda podczas jazdy	25	16	43	11	5
Wygoda przy wsiadaniu	20	18	41	14	7
Wygoda podczas wsiadania	20	16	43	16	5
Subiektywne poczucie bezpieczeństwa	32	16	41	4	7

Kabiny do przewozu osób, wyposażone w drewniane siedziska, oceniono jako niewygodne lub bardzo niewygodne pod względem komfortu odczuwanego podczas jazdy - 43% respondentów przyznało ocenę negatywną. Jednocześnie oceniono je jako wygodne lub bardzo wygodne, jeśli chodzi o wsiadanie i wysiadanie – odpowiednio 42% i 40% respondentów. Mniej więcej 30% respondentów wskazała, że wsiadanie i wysiadanie jest w przypadku tych kabin jest niewygodne lub bardzo niewygodne. To rozwiązanie konstrukcyjne uzyskało przychylne opinie w aspekcie bezpieczeństwa - 47% respondentów wskazało, że dają one wysokie lub bardzo wysokie poczucie bezpieczeństwa.

W przypadku kabin do przewozu osób z siedziskami typu hamak, odczuwany komfort jazdy został przez 34% respondentów oceniony jako niski lub bardzo niski, a przez 38% respondentów jako wysoki lub bardzo wysoki. Wygoda wsiadania była niska lub bardzo niska w opinii 38% respondentów, a wysoka lub bardzo wysoka - w opinii 22% respondentów. Niemal identyczna była struktura odpowiedzi udzielonych nt. wsiadania. Rozwiązania konstrukcyjne dają wysokie lub bardzo wysokie poczucie bezpieczeństwa - 41% respondentów, natomiast negatywną opinię wyraziła 25% respondentów.

Belki transportowe z jedną lub dwiema ławami oceniono pod względem odczuwanego bezpieczeństwa - prawie 50% respondentów przyznało ocenę negatywną, a tylko 11% - ocenę pozytywną. Wygodę pasażera podczas jazdy oraz podczas wsiadania i wsiadania porównywalna liczba respondentów oceniła negatywnie lub jako przeciętną. 38% respondentów stwierdziło, że wsiadanie jest niewygodne, a 41%, że nie jest ono ani szczególnie wygodne ani kłopotliwe. Podobnie dla wsiadania - 36% respondentów stwierdziło, że wsiadanie jest niewygodne, a 43%, że nie jest ono ani szczególnie wygodne ani kłopotliwe. Identyfikacja liczba respondentów - 21% uznała, że wsiadanie i wysiadanie jest wygodne dla pasażera. Wygodę odczuwaną podczas jazdy została oceniona pozytywnie przez 16% respondentów, a negatywnie - przez 41%.

Można zatem stwierdzić, że belki transportowe z ławą lub ławami zostały ocenione najgorzej – dla wszystkich aspektów co najmniej 20% respondentów przyznało ocenę najniższą.

### 3.3. Komputerowo wspomaganą ergonomiczną oceną kabiny do przewozu osób

W ramach prac realizowanych w projekcie INESI dokonano analizy ergonomicznej kabin do przewozu osób z drewnianymi siedziskami, przeznaczonych dla ośmiu osób - czterech usadowionych zgodnie z kierunkiem jazdy oraz czterech usadowionych w kierunku przeciwnym. Model 3D kabiny, który poddano analizie przedstawiono na rysunku 1.

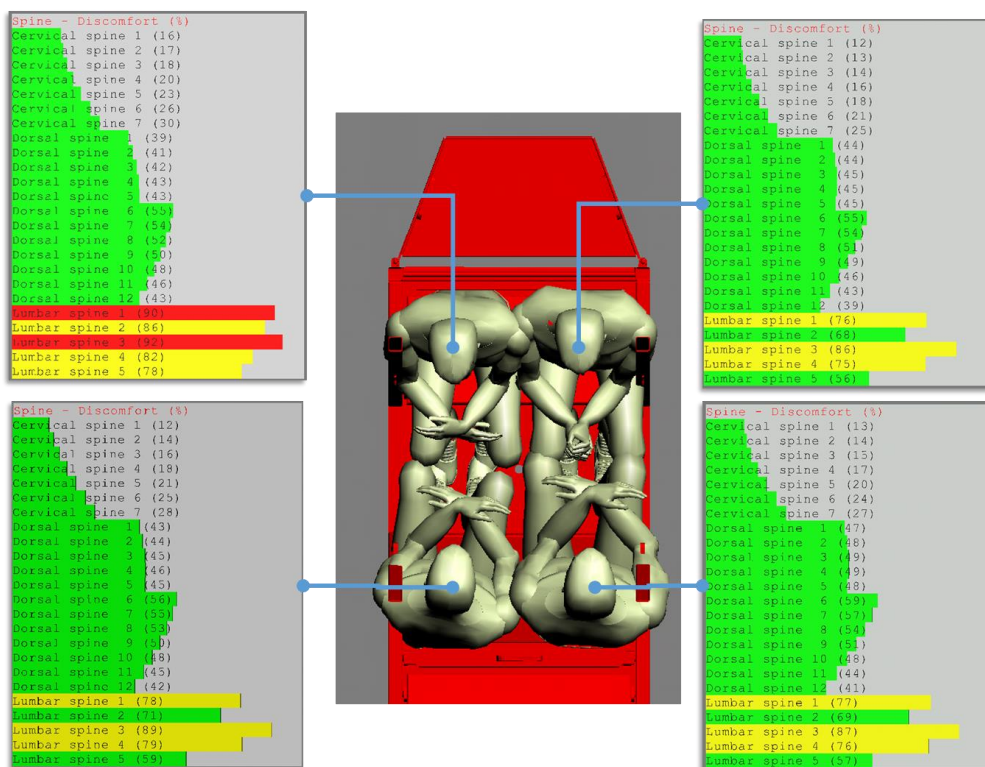


Rys. 1. Model 3D kabiny do przewozu osób

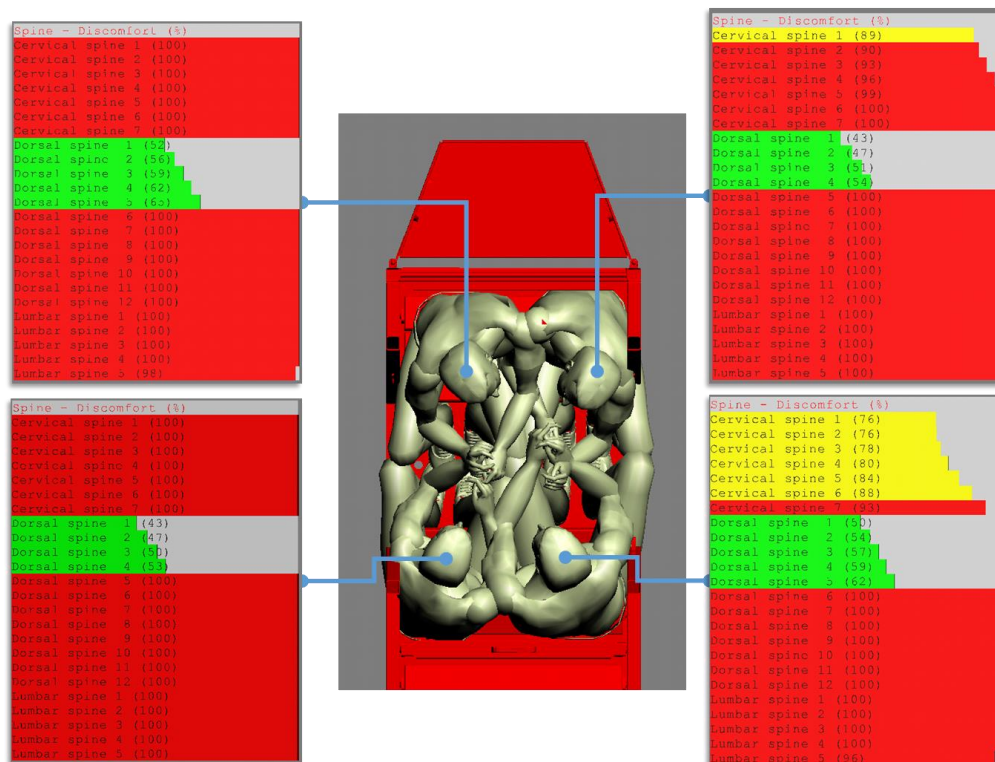
Analizę ergonomiczną wykonano z wykorzystaniem oprogramowania Anthropos Ergomax [1]. Dla odwzorowania sylwetek pasażerów przyjęto model 50-percentylowy, o wymiarach charakterystycznych dla 50% procent populacji mężczyzn [2].

Na rysunku 2 przedstawiono wyniki analizy dyskomfortu statycznego dla kręgosłupa przewożonych osób. Wyniki przedstawiono dla czterech pasażerów, zajmujących miejsce w jednym z przedziałów. Wskazują one, że względny komfort podróżowania byłby możliwy, gdyby pasażerowie mieli możliwość przyjęcia pozycji wyprostowanej. Jednak taka sytuacja w rzeczywistości nie występowała przy pełnym obłożeniu kabiny. Gdy w kabinie znajdowało się czterech pasażerów, istniała kolizja zarówno między pasażerami, jak i między nimi a ścianą kabiny. Przyjęcie komfortowej wyprostowanej pozycji siedzącej było możliwe, gdy siedzisko zajmowane było tylko przez jedną osobę.

Następnie - w modelu 3D - sylwetki pasażerów usadowiono w sposób realistyczny, zgodnie z istniejącymi ograniczeniami kabiny. Wyniki analizy dyskomfortu statycznego przedstawiono na rysunku 3. W porównaniu do ww. sytuacji widać znaczące, niekorzystne zmiany we współczynniku dyskomfortu statycznego dla kręgosłupa pasażerów. W skrajnych górnych i dolnych partiach kręgosłupa nastąpiło przekroczenie „bezpiecznego” (kolor zielony) lub „względnie bezpiecznego” (kolor żółty) progu wartości – uzyskane wartości świadczą o wysokim ryzyku dla układu mięśniowo-szkieletowego (kolor czerwony). Należy podkreślić, że w rzeczywistych warunków istnieją dodatkowe elementy, które ograniczają przestrzeń, takie jak: kask, lampa z baterią, aparat ucieszkowy, a których nie uwzględniono w analizie.



Rys. 2. Wyniki analizy dyskomfortu statycznego dla kręgosłupa – dla pasażerów zajmujących miejsce w kabine do przewozu osób o szerokości 900 mm. Ułożenie nieuwzględniające kolizję pomiędzy pasażerami i konstrukcją kabiny



Rys. 3. Wyniki analizy dyskomfortu statycznego dla kręgosłupa – dla pasażerów zajmujących miejsce w kabine do przewozu osób o szerokości 900 mm. Ułożenie uwzględniające kolizję pomiędzy pasażerami i konstrukcją kabiny.

Na podstawie uzyskanych wyników, można stwierdzić, że rozwiązanie konstrukcyjne kabiny do przewozu osób, które poddano analizie, nie było dostosowane do typowych wymiarów pasażerów i mogłoby powodować odczucie dyskomfortu przy dłuższej trasie oraz



negatywnie wpływać na ich układ mięśniowo-szkieletowy [3, 6]. Komfort podróżowania znacząco poprawił się, gdy w każdym z przedziałów znajdowały się po dwie, siedzące naprzeciw siebie osoby. Pozwoliło to na przyjęcie pozycji odpowiedniej z ergonomicznego punktu widzenia.

## 4. Propozycje nowych rozwiązań konstrukcyjnych kolejek podwieszonych

### 4.1. Ocena proponowanych rozwiązań – wyniki ankiety z operatorami kolejek podwieszonych

W części ankiety dotyczącej nowych rozwiązań konstrukcyjnych kolejek podwieszonych przedstawiono respondentom listę propozycji poprawiających komfort i bezpieczeństwo pracy. Część z nich nie jest aktualnie stosowana w kopalnianych kolejkach podwieszonych, ale jest znana z zastosowań w innego typu środkach transportu. Pytania sformułowano ogólnie, tak aby możliwa była ich jednoznaczna interpretacja. Strukturę odpowiedzi udzielonych przez respondentów przedstawiono w tabeli 5.

**Wyniki oceny stanowiska operatora [%]**  
(wartości w tabeli oznaczają procent respondentów, którzy wybrali daną odpowiedź)

Tabela 5

	-2	-1	0	1	2
Poprawa widoczności podczas jazdy i manewrowania dzięki zastosowaniu systemu kamer i ekranów monitorujących bezpośrednie otoczenie kolejki	7	8	19	32	34
Tłumiki drgań umieszczone w fotelu operatora	1	7	12	34	46
Wygodny fotel z regulowanym podłokietnikiem	0	1	29	27	43
Resorowanie całej kabiny operatora	2	2	25	22	49
Regulacja wysokości fotela	5	8	37	19	31
Zwiększenie przestrzeni na nogi	2	12	29	30	27
Zastosowanie dodatkowych systemów bezpieczeństwa biernego: bezwładnościowe pasy bezpieczeństwa	29	17	32	14	8
Zastosowanie dodatkowych systemów bezpieczeństwa biernego: regulowany zagłówek w fotelu	12	8	37	24	19
Dodatkowe schowki do przewożenia drobnych przedmiotów zlokalizowane w kabinie operatora	12	9	44	10	25
Poszerzenie kabiny	10	9	42	17	22
Dodatkowe uchwyty poprawiające komfort wsiadania/wysiadania	2	10	20	26	42
Systemy informatyczne wymuszające okresowe przeglądy i kontrole maszyny przez operatora	7	5	31	37	20
Aktywny tempomat	7	10	35	17	31
Klimatyzowane wnętrze	3	9	29	17	42
Mocniejszy reflektor z przodu kabiny	5	5	34	17	39

Propozycja poprawy widoczności podczas jazdy i manewrowania poprzez zastosowanie systemu kamer i ekranów monitorujących bezpośrednie otoczenie kolejki oceniono bardzo pozytywnie - 66% respondentów (15% ankietowanych negatywnie oceniło takie rozwiązanie). Zastosowanie kamer do bezpośredniej obserwacji otoczenia jest coraz częściej stosowane w przemyśle samochodowym, gdzie kierowca dzięki obrazowi z kamery cofania umieszczonej w tylnej części pojazdu, uzyskuje pomoc podczas wykonywania manewru cofania. W przypadku warunków górniczych konieczne jest spełnienie wymogów dyrektywy ATEX. Należy mieć na uwadze zmienny charakter systemu transportowego, który może być dostosowywany do aktualnych potrzeb, co wiąże się z koniecznością skracania lub wydłużania składu [5].

Możliwość zastosowania tłumików drgań w fotelu operatora, a także resorowanie całej kabiny oceniono jednoznacznie pozytywnie – odpowiednio 80% i 71% respondentów. Jest to

potwierdzenie istnienia problemu drgań pojawiających się podczas jazdy [6], zidentyfikowanego w pierwszej części ankiety.

Respondenci jednoznacznie przychylnie odnieśli się również do możliwości zastosowania regulacji podłokietnika oraz wysokości fotela operatora - odpowiednio 70% i 50% pozytywnych ocen.

57% respondentów pozytywnie oceniło propozycję zwiększenia przestrzeni na nogi, co może być uzyskane np. poprzez zmianę rozmieszczenia pomocniczych elementów sterujących lub paneli informacyjnych.

Zastosowanie pasów bezpieczeństwa przez operatorów kolejek podwieszonych zostało ocenione negatywnie przez 46% ankietowanych. Przeprowadzone analizy dynamiczne przebiegu procesu hamowania bez i z zastosowaniem pasów bezpieczeństwa w kabinie operatora kolejki wykazały możliwość wystąpienia potencjalnych obrażeń i ich lokalizację, przy założeniu standardowego opóźnienia, jakie towarzyszy hamowaniu awaryjnemu.

Zastosowanie regulowanego zagłówka w fotelu oceniono pozytywnie - 43% ankietowanych. Jest to jednak bierna forma wspomagająca bezpieczeństwo, która bez pasów bezpieczeństwa nie spełni w pełni swojej roli. Może poprawić komfort użytkownika, jednak w sytuacji awaryjnej pozytywne działanie ogranicza się tylko do uderzeń od tyłu.

Dla większości ankietowanych aktualna szerokość kabiny operatora jest odpowiednia (42% odpowiedzi neutralnych) i nie ma potrzeby stosowania dodatkowych schowków zlokalizowanych w kabinie operatora (44% odpowiedzi neutralnych). Zwiększenie szerokości, w przypadku kabiny operatora, w sytuacji gdy cała szerokość kabiny zajmowana jest przez jedną osobę, nie jest wymagane.

Respondenci zdecydowanie pozytywnie (68%) ocenili możliwość zamontowania dodatkowych uchwytów poprawiających komfort wsiadania/wysiadania. Potrzeba tego typu rozwiązania jest szczególnie istotna w przypadku manewrowania, gdy zachodzi potrzeba częstego opuszczania kabiny. Należy mieć na uwadze fakt, iż wchodzenie do kabiny operatora może odbywać się z różnych poziomów spągu.

Możliwość klimatyzowania wnętrza kabiny operatora, oceniono pozytywnie 59% ankietowanych. Wdrożenie tego rozwiązania wydaje się jednak być trudne z uwagi na otwarty charakter kabiny operatora (brak drzwi po obu stronach).

W ankiecie zawarto także pytania o dodatkowe systemy, które nie wpływają w sposób bezpośredni na ergonomię, lecz na bezpieczeństwo użytkownika. Zasadność stosowania systemów informatycznych wymuszających okresowe przeglądy, tempomatu reagującego na pojawiające się przeszkody oraz zwiększenie mocy przedniego reflektora oceniono zdecydowanie pozytywnie.

#### **4.2. Ocena proponowanych rozwiązań – wyniki ankiety z osobami przewożonymi kolejkami podwieszonymi**

Respondentom przedstawiono przykłady rozwiązań do zastosowania i zapytano o ich opinię. Strukturę udzielonych odpowiedzi przedstawiono w tabeli 6.

**Struktura odpowiedzi na temat oczekiwań dotyczących rozwiązań konstrukcyjnych przeznaczonych do przewozu ludzi [%]**  
(wartości w tabeli oznaczają procent respondentów, którzy wybrali daną odpowiedź)

Tabela 6

	-2	-1	0	1	2
Tłumiki drgań umieszczone w fotelu	2	7	33	24	24
Materiał siedziska obszyty miękkim materiałem	4	5	31	24	27
Resorowanie całej kabiny	3	5	30	25	25
Zwiększenie przestrzeni na nogi	1	4	20	22	42
Zastosowanie podłokietnika	10	6	38	16	17
Zastosowanie dodatkowych systemów bezpieczeństwa biernego: bezwładnościowe pasy bezpieczeństwa	25	9	36	11	7
Zastosowanie dodatkowych systemów bezpieczeństwa biernego: regulowany zagłówek w fotelu	14	7	45	12	10
Dodatkowe schowki do przewożenia drobnych przedmiotów	5	5	32	14	31
Poszerzenie kabiny	4	4	28	24	27
Dodatkowe uchwyty poprawiające komfort wsiadania/wysiadania	5	5	30	17	30

Wytlumienie odczuwanych drgań uznano za bardzo istotne. Jedynie 9% respondentów uznało to rozwiązanie jako mało lub w ogóle nieistotne. 48% ankietowanych uznało, że zastosowanie tłumików drgań w fotelu jest ważne lub bardzo ważne. Podobnie oceniono resorowanie całej kabiny.

Nieco ponad połowa respondentów uznała, że obszycie siedziska miękkim materiałem to dobry pomysł. Mniejsze poparcie uzyskało zastosowanie regulowanego zagłówka. Podobna liczba respondentów – odpowiednio 21% - wskazała, że przydatność takiego rozwiązania jest mała lub bardzo mała i 22%, że duża lub bardzo duża. Większość respondentów (45%) uznała to rozwiązanie za mało istotne.

Niskie zainteresowanie zostało wyrażone dla bezwładnościowych pasów bezpieczeństwa. 18% respondentów oceniło to rozwiązanie jako oczekiwane lub bardzo oczekiwane, natomiast 34% wyraziło opinię negatywną.

Pozytywne opinie uzyskały propozycje dotyczące zwiększenia przestrzeni dostępnej dla pasażera. Zwiększenie przestrzeni na nogi jest oczekiwane przez 64% respondentów, a poszerzenie kabiny przez 51%.

Wśród rozwiązań, których przydatność oceniono jako dużą lub bardzo dużą (ponad 40% respondentów) znajdowały się również dodatkowe schowki na drobne przedmioty oraz dodatkowe uchwyty ułatwiające wsiadanie i wysiadanie.

## 5. Podsumowanie

W artykule przedstawiono wyniki badań dotyczących kolejek podwieszonych: badania ankietowego przeprowadzonego w kopalniach JSW S.A. i Pregomovnik Velenje, oraz komputerowo wspomaganą analizę typowego wozu do przewozu ludzi.

Przy projektowaniu nowych rozwiązań konstrukcyjnych kolejek podwieszonych, należy zwrócić większą niż dotąd uwagę na ergonomię, zarówno lokomotyw, jak i środków do przewozu ludzi.

W przypadku lokomotyw, najbardziej istotnymi problemami są odczuwane wibracje oraz dostosowanie siedziska do własnych potrzeb. Respondenci pozytywnie ustosunkowali się do większości rozwiązań zaproponowanych dla nowych środków transportu.

W opinii pasażerów, w obecnych środkach transportu, uciążliwymi problemami są: hałas, wibracje oraz możliwości dostosowania siedziska do własnych potrzeb.

Spośród rozwiązań dla środków do przewozu osób projektowanych w przyszłości, pasy bezpieczeństwa uzyskały wiele negatywnych opinii. Rozważając zasadność ich wdrożenia, należy mieć na uwadze, że komfort, nie powinien być priorytetem, gdy stoi w kolizji z bezpieczeństwem.

W kabinach do przewozu osób, istniejące ograniczenia przestrzenne powodują konieczność przyjmowania przez pasażerów pozycji, które negatywnie oddziałują na układ mięśniowo-szkieletowy [4]. Wyniki komputerowo wspomaganą analizy ergonomicznej, dotyczącej typowej kabiny do przewozu osób, pozwalają stwierdzić, że w przypadku dłuższych tras, zbyt małą szerokość kabiny należy uznać za czynnik szkodliwy.

Uzyskane wyniki pozwolą ukierunkować działania konstruktorów kolejek podwieszonych tak, by zaproponowane rozwiązania były ergonomiczne i bezpieczne.

## Literatura

- [1] ANTHROPOS-ErgoMax: User Guide, Version 3.0, (1999), IST GmbH, Kaiserslautern.
- [2] Michalak D.: Ocena rozwiązań konstrukcyjnych maszyn i urządzeń górniczych w świetle kryterium ergonomicznego. *Mechanik* 2013, s. 393–401.
- [3] Projekt INESI: Increase Efficiency and Safety Improvement in Underground Mining Transportation Routes. RFCS, Contract No. 754169, 2017–2020.
- [4] Szewerda K., Wołczyk W., Tokarczyk J., Michalak D.: Odtwarzanie relacji człowiek – maszyna – środowisko w wirtualnym środowisku pracy. *Maszyny Górnicze* 2013, nr 4, s. 3–9.
- [5] Tokarczyk J., Turewicz A., Szewerda K., Pieczora E.: Komputerowe wspomaganie procesu konfiguracji i oceny środków pomocniczego transportu górniczego. *Napędy i Sterowanie* 2018, nr 7/8, s. 70–75.
- [6] Tokarczyk J., Kania J.: Systems and tracks of self-powered suspended monorails for transportation of people in horizontal workings and workings with inclination up to 45 stopni. *Min. - Inf. Autom. Electr. Eng.* 2016 nr 3 s. 31-39 (83-91), ISSN 2449-6421

---

*dr inż. Dariusz Michalak*  
*dmichalak@komag.eu*

*dr inż. Magdalena Rozmus*  
*mrozmus@komag.eu*

*Institut Techniki Górniczej KOMAG*  
*ul. Pszczyńska 37, 44-101 Gliwice*

*Projekt INESI współfinansowany z Funduszu Badawczego Węgla i Stali (RFCS)*

