

Urząd Transportu Kolejowego

<https://utk.gov.pl/pl/aktualnosci/18303,Techniczne-przyczyny-powaznego-wypadku-we-wloskim-regionie-Piemont-na-kolejce-St.html>
18.04.2024, 05:48

Strona znajduje się w archiwum.

Techniczne przyczyny poważnego wypadku we włoskim regionie Piemont na kolejce Stresa - Alpino - Mottarone

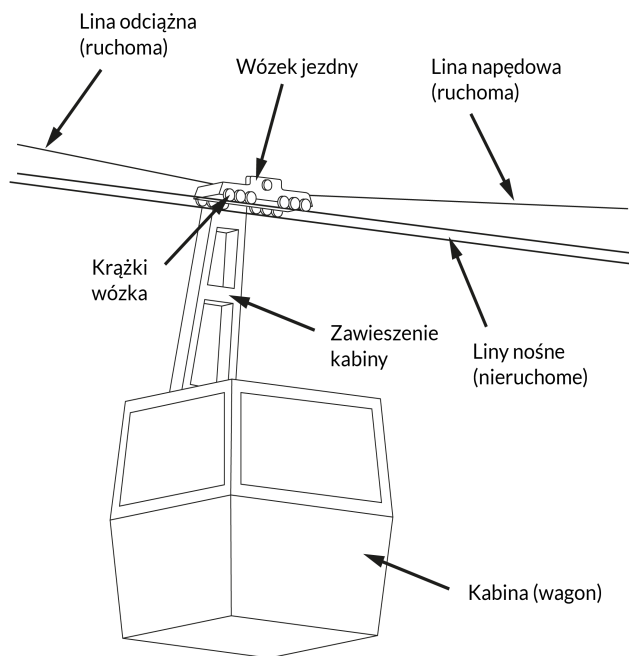
07.01.2022

Wyjaśnienie przyczyn tragicznego w skutkach wypadku z 23 maja 2021 r., do którego doszło we włoskim Piemoncie, wymaga najpierw przybliżenia tematyki funkcjonowania transportu pasażerskiego z wykorzystaniem kolei linowych.

Typowa dwulinowa kolej o ruchu wahadłowym, poruszająca się nad terenem, składa się z przynajmniej dwóch wagonów, połączonych wspólną liną napędową. Taka konstrukcja pozwala, by równocześnie jeden wagon poruszał się ku stacji górnej, zaś drugi podążał ku stacji dolnej.

Przedstawiony poniżej schemat obrazuje uproszczony system mocowania wagonu na linie, umożliwiający mu poruszanie się, z uwzględnieniem takich elementów, jak ruchome liny (odciążna i napędowa), liny nośne (nieruchome), krążki wózka, wózek jezdny, zawieszenie kabiny oraz kabina. Rysunek nie obejmuje części mechanicznej, która wprawia w ruch linę napędową, jak

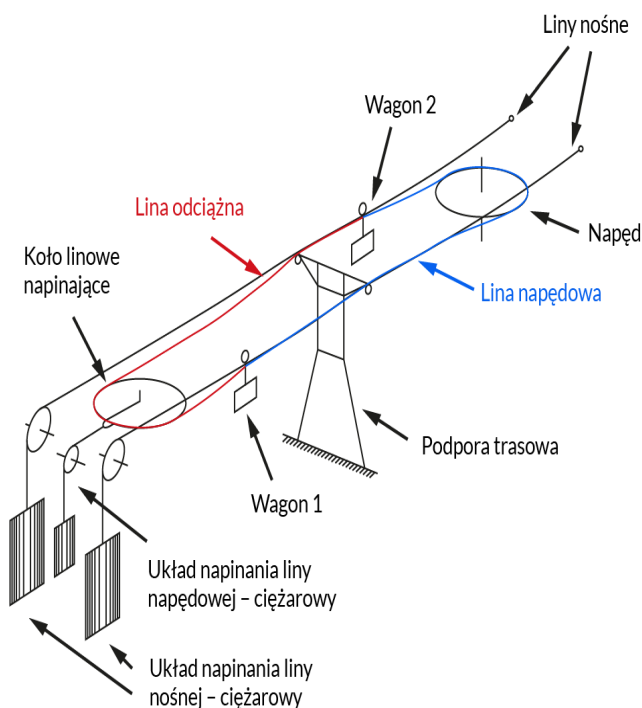
również wagonika. Mechanizmy takie jak koła napędowe, silniki i przekładnie oraz instalacja sterowania i monitorowania znajdują się w stacji napędowej, usytuowanej zwykle w górnej części trasy kolei linowej.



Rys. 1 Schemat zawieszenia wagonu kolei dwulinowej

Każdy wagonik kolei powinien być wyposażony w wózek jezdny, przenoszący cały ciężar kabiny na nieruchomą linę nośną, rozpiętą między podporami na dużej odległości. Dystans ten najczęściej wynosi kilkaset metrów i uzależniony jest od warunków terenowych. Z uwagi na lokalne warunki środowiskowe (przede wszystkim na niesprzyjające silne wiatry) lub duże zapotrzebowanie transportowe, kolej wadłowa może być wyposażona w dwie liny nośne. Rozwiązanie takie zapewnia większą stabilność wagonu, dzięki czemu możliwe jest zwiększenie jego obciążenia oraz prędkości poruszania się. Pozwala to przede wszystkim na poprawę bezpieczeństwa, jak również umożliwia zwiększenie liczby przewożonych osób.

Schemat działania kolei dwulinowej przedstawiono poniżej.



Rys. 2 Schemat działania kolei dwulinowej

Wagoniki kolei zatrzymują się tylko wtedy, gdy ustaje ruch liny napędowej, czyli gdy zatrzymują się zamontowane na niej przewijane koła. Koła poruszane są za pomocą przekładni mechanicznej, napędzanej silnikiem elektrycznym. W normalnych warunkach czyli przy wolnym hamowaniu kolej zatrzymuje się na skutek działania mechanizmów znajdujących się na stacji napędowej: zasilanych elektrycznie hamulców ruchowych (działających na tarczę hamulcową znajdującą się pomiędzy silnikiem a przekładnią układu napędowego kolei) i hamulca głównego (działającego bezpośrednio na koło napędowe).

W wypadku przerwania połączenia wagonu z liną napędową, obie kabiny kolei wskutek własnego ciężaru zaczną poruszać się w dół. Sytuacja może się skomplikować, gdy jadący w dół, zerwany wagon po drodze napotka podpory trasowe, na których położone są swobodnie liny nośne (układające się według krzywych łańcuchowych). Do samoczynnego wyhamowania wagonów może dojść, jeśli stacje kolei znajdują się na podobnym poziomie, a między nimi brak jest podpór.

Zerwanie liny napędowej przy stale zwiększającej się prędkości opadającego wagonu może doprowadzić do wykolejenia wózka wagonowego wraz z kabiną. Zwisająca swobodnie zerwana i wleczona lina napędowa, ciężar wagonu oraz możliwość oddziaływania na nie sił o różnych kierunkach stanowią poważne zagrożenie, w szczególności dla życia i zdrowia podróżujących osób. Niebagatelne znaczenie może mieć również destabilizacja liny nośnej, która powinna swobodnie spoczywać na podporze i podtrzymującym ją specjalnym mocowaniu zwanym „łożem liny nośnej”.

W przedstawionym wyżej przypadku jedynym realnym sposobem na zatrzymanie wagonów kolei linowej zjeżdżających z nadmierną prędkością jest wyposażenie ich w samoczynnie działające hamulce bezpieczeństwa, zwane też hamulcami wagonowymi. Zasada ich działania jest prosta i polega na wywarciu skutecznej siły tarcia między nieruchomą liną nośną, po której wagonik się porusza, a zamontowanymi bezpośrednio do wózka jezdnego wagonu szczękami hamulca obejmującego tę linę. Wyzwolenie tego hamulca nie wymaga interwencji obsługi znajdującej się wewnątrz wagonu. Informacja o zadziałaniu hamulca wagonowego powinna być przekazywana do układu sterowania koleją na stacji napędowej.

ZERWANIE LINY I ZABLOKOWANIE HAMULCA WAGONOWEGO

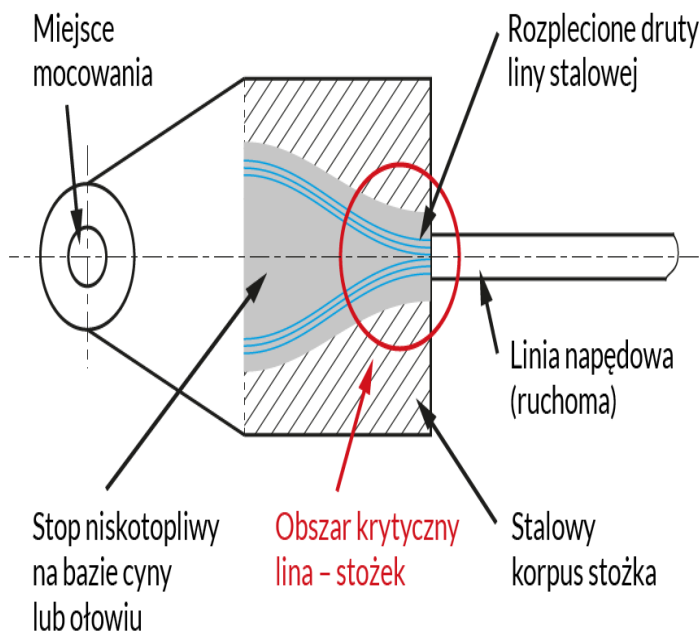
Przebieg wypadku we włoskim Piemontcie z 23 maja br. znany jest w dużej mierze z obszernych doniesień medialnych. Gdy kolej linowa z 15 osobami jechała w górę, tuż przed dojazdem do stacji górnej lina napędowa oderwała się od zawieszzonego wagonu (około 100 metrów poniżej tej stacji). Z powodu tego, że hamulec wagonowy nie zadziałał, wagon kolejki przyspieszył w dół i z dużą niekontrolowaną prędkością został zrzuty z liny nośnej na najbliższej podporze. Wagon uderzył w ziemię z wysokości około 20 m, prawdopodobnie kilka razy obrócił się i zatrzymał na drzewie. W wyniku zdarzenia śmierć poniosło 14 osób znajdujących się wewnątrz wagonu.

Zidentyfikowano dwie przyczyny wypadku: zerwanie liny

napędowej w miejscu mocowania do wagonu w czasie jego jazdy w górę oraz wyłączenie z pracy hamulca wagonowego (bezpieczeństwa) za pomocą zacisków, których użycie było przeznaczone wyłącznie do jazdy z pustym wagonem.

PRZERWANA LINA

Przytwierdzenie końców liny napędowej do wózka jezdnego wagonu odbywało się za pomocą tzw. głowic stożkowych zalewanych ciekłym metalem, co w tamtym czasie (kolej linową zbudowano w 1970 r.) było akceptowalnym stanem techniki dla tego typu mocowań.



Rys. 3 Schemat mocowania liny w stożku

W mocowaniach tego typu naprężenie liny napędowej jest przenoszone z głowicy elementu stożkowego, odlanego z miękkiego metalu, w którym zalane są druty liny stalowej, na obejmującą go stalową tuleję, przegubowo umieszczoną na osi wieszaka wózka jezdnego.

Takie rozwiązanie ma tę wadę, że nie można wiarygodnie sprawdzić stanu drutów w głowicy i w bezpośrednio przyległym obszarze liny. Dodatkowo naprężenia zginające drutów w tym

obszarze są bardzo duże, ponieważ ze względu na rozpoczynające się tam prostopadłe drgania liny, dochodzi do naprzemiennych naprężeń zginających, co - również z innych powodów - skutkuje zmniejszoną wytrzymałością zmęczeniową liny. Miejsca te są zatem punktami krytycznymi w przypadkach przełamania drutów i zerwania liny.

Z tego powodu stosowanie zakończenia liny głowicą stożkową powinno być szczególnie kontrolowane. Zgodnie z Tabelą 7 w Rozdziale 7.3.4.1 normy zharmonizowanej dla kolei linowych EN 12927, koniec liny napędowej powinien być odcinany co cztery lata i po tym czasie powinno być wykonane nowe połączenie. Związane z tym skrócenie liny zwykle nie odgrywa żadnej roli, ponieważ w tym okresie lina napędowa wystarczająco się rozciąga.

Do nowych kolei linowych o ruchu wahadłowym stosuje się obecnie inne mocowania do wózka jezdnego, takie jak: głowica zaciskowa, zakotwienie na bębnie oraz - w przypadku liny napędowej - splatanie w pętlę tzw. długim zaplotem i mocowanie pojazdu za pomocą wprzęgieł do tej liny. W tym ostatnim przypadku nie ma potrzeby instalowania hamulców bezpieczeństwa.

HAMULEC BEZPIECZEŃSTWA (WAGONOWY)

Zerwanie liny zdarzało się dotychczas bardzo rzadko. W celu zapobieżenia zerwaniom liny odpowiednie normy przewidują, by kolej linowa wyposażona była w urządzenie zabezpieczające, które w przypadku zerwania liny automatycznie uruchomi hamulec bezpieczeństwa, często określane jako hamulec wagonowy, tj. hamulec współpracujący z liną nośną nieruchomą.

Działanie takiego hamulca polega na tym, że gdy jest zaciągnięty, jego szczęki zaciskają się na linie nośnej z obu stron. Siła hamowania jest generowana przez układ sprężyn talerzowych. Hamulec jest utrzymywany w stanie otwartym przez odpowiednio wstępnie obciążony ciśnieniem cylinder hydrauliczny, natomiast jest uruchamiany poprzez zwolnienie

ciśnienia w cylindrze hydraulicznym za pomocą zaworu spustowego. Tak więc hamulce bezpieczeństwa (wagonowe) są tzw. hamulcami pasywnymi, czyli siła hamowania wywołana przez sprężynę staje się skuteczna, gdy zanika siła przeciwdziałająca, zwykle generowana przez ciśnienie hydrauliczne.

Hamulce bezpieczeństwa są uruchamiane automatycznie w wypadku zerwania liny napędowej. Jeżeli siła naciągu liny spadnie poniżej określonej wartości, w szczególności do zera lub prawie do zera (co oznacza przerwanie liny), zawór hamulcowy zostaje otwarty, ciśnienie hydrauliczne spada, a siła sprężyny z całą mocą dociska klocki hamulcowe do liny nośnej. W historii kolei linowych o ruchu wahadłowym bardzo rzadko zdarzało się, by doszło do aktywowania hamulca bezpieczeństwa w wyniku zerwania liny napędowej.

Wyjaśnić należy, że wagonowe hamulce bezpieczeństwa mogą również zostać uruchomione bezpośrednio z wagonu przez pracownika obsługi za pomocą ręcznej dźwigni, np. w sytuacji zagrożenia spowodowanego nagłym przekroczeniem normalnej prędkości jazdy wagonu. Wyzwolenie tego hamulca może nastąpić też samoczynnie z powodu awarii w układzie hydraulicznym (np. nagłe samoczynne obniżenie ciśnienia z powodu nieszczelności układu itp.).

Każde takie hamowanie, czy to celowe, czy niezamierzone, stanowi zakłócenie normalnej eksploatacji kolei linowej. Po hamowaniu hamulcem wagonowym pojazd połączony z liną nośną powinien być automatycznie unieruchomiony. Zwolnienie blokady hamulca wagonowego wymaga w pierwszej kolejności ustalenia przyczyny hamowania, a następnie podjęcia decyzji, czy w danych okolicznościach możliwa jest dalsza jazda. Gdy doszło do uszkodzenia hydrauliki wagonowego hamulca bezpieczeństwa, konieczna jest ewakuacja pasażerów – zarówno z wagonu, w którym hamulec wagonowy został uruchomiony, jak również z wagonu znajdującego się po stronie przeciwnej. Wynika to z tego, że oba pojazdy połączone są ze sobą tą samą liną napędową. Do ewakuacji używa się środków ratowniczych przewidzianych dla danego typu kolei linowej i

zawartych w tzw. planie ewakuacji. Może to być np. zjazd na linie nośnej z wykorzystaniem wagonu ratowniczego.

Nawet jeśli przyczyna hamowania pozwala na ponowne bezpieczne uruchomienie wagonu, odblokowanie hamulca wagonowego jest bardzo czasochłonne. Konduktor musi skorzystać z drabiny (znajdującej się na wyposażeniu wagonu), aby przez właz w dachu wydostać się na podjazd i dotrzeć po konstrukcji zawieszenia wagonu (tzw. wieszak) do zablokowanego hamulca.

Przed odblokowaniem hamulca wagonowego należy wykonać tzw. kompensację liny napędowej. Aby tego dokonać należy wiedzieć, że po zaciągnięciu hamulca wagonowego napęd kolei linowej jest wyłączony, a inne hamulce mechaniczne zatrzymujące napęd tej kolei (ustaje wtedy ruch liny napędowej połączonej z oba wagonami) są uruchamiane za pomocą elektrycznego obwodu bezpieczeństwa.

Droga hamowania wózka wagonowego na linie nośnej przy użyciu hamulca wagonowego nie jest równa drodze hamowania liny napędowej na kole napędowym przy wykorzystaniu mechanicznych hamulców napędowych. W efekcie dochodzi do „nierównowagi” sił naciągu liny napędowej w pętli tej liny. Siły te należy zrównoważyć poprzez krótkotrwałe zluźnienie hamulców napędowych. Po zwolnieniu hamulców koło napędowe obraca się a następnie zatrzymuje się, gdy „zrównoważenie” w pętli liny zostaje przywrócone (siła obwodowa w pętli liny przyjmuje wartość zero). Po tej operacji hamulce napędowe w stacji napędowej są ponownie zamykane i blokują napęd.

Po skompensowaniu sił w linie napędowej konduktor wagonu musi za pomocą pompy ręcznej wytworzyć ciśnienie w układzie hydraulicznym hamulca wagonowego, a tym samym zluźnić szczęki hamulcowe zaciśnięte na linie nośnej. Następnie musi zejść do kabiny i zameldować maszyniście na stacji napędowej, że wagon jest gotowy do jazdy. Dopiero wówczas można kontynuować i bezpiecznie zakończyć jazdę kolei.

Warto podkreślić, że przedstawiony wyżej schemat działania

polegający na dezaktywowaniu hamulca wagonowego wymaga ogromnego zaangażowania ze strony personelu kolei linowej, wykonania wielu skomplikowanych czynności na dużej wysokości (od kilkudziesięciu do kilkuset metrów) i pracy w dużym stresie, wynikającym z ogromnej odpowiedzialności oraz ryzyka.

Biorąc pod uwagę powyższe wyjaśnienia, można uzyskać częściową odpowiedź co do przyczyn omawianego wypadku, do którego doszło m.in. z powodu wyłączenia z eksploatacji hamulca wagonowego przez pracownika personelu technicznego kolei linowej.

Można zatem przypuszczać, że hamulec wagonowy lub inne elementy z nim współpracujące, powodowały częste i niespodziewane awarie objawiające się nagłym zatrzymaniem wagonu podczas normalnej jazdy z pasażerami. Zatrzymanie takie nie jest komfortowym doświadczeniem dla podróżnych z powodu odczuwalnych wahań pojazdu i opóźnień. Występuje wtedy konieczność szybkiego usunięcia usterki w sposób opisany powyżej. Taka sytuacja z pewnością nie budzi zaufania do przewoźnika oraz wywołuje wśród pasażerów objawy niezadowolenia, strachu albo paniki.

Niezrozumiałym i nieakceptowalnym jest fakt, że do wypadku doszło z powodu niezastosowania się personelu technicznego do przyjętych wcześniej procedur, z których wynikało że jazda tego wagonu z nieczynnym hamulcem wagonowym była dopuszczona wyłącznie bez pasażerów.

WYŁĄCZONY Z PRACY HAMULEC WAGONOWY

Według doniesień prasowych w tygodniach poprzedzających wypadek wystąpiły problemy z układem hydraulicznym hamulca wagonowego (bezpieczeństwa). Naprawę powierzono podmiotowi zewnętrznemu, jednak bez powodzenia. Aby uniknąć niekontrolowanego uruchomienia hamulca bezpieczeństwa, został on zablokowany zaciskami przez obsługę techniczną. Używanie tych zacisków jest dozwolone

tylko podczas jazdy z wagonem bez pasażerów. Jednak zapisy video z kamer na kilka dni przed wypadkiem pokazywały, że wagon był używany do jazdy z pasażerami.

WNIOSKI

Z analizy wynika, że nawet gdyby zastosowano się do procedur i w dniu wypadku dla zachowania efektywności i skuteczności napędu kolei linowej (częściowe zrównoważenie sił w obu końcach liny napędowej) wagon nieobsadzony pasażerami byłby włączony do jazdy, to nie jest pewne, czy nie doszłoby do zerwania połączenia liny z wagonem. Mogło to przesądzić o wystąpieniu ryzyka awarii drugiego wagonu z pasażerami i spowodować zagrożenie ich życia i zdrowia, wobec czego należało jak najszybciej wyłączyć kolej linową z eksploatacji, a następnie naprawić hamulec wagonowy lub zmodernizować kolej z użyciem nowszego i skutecznego wyposażenia technicznego.

Świadomość personelu technicznego, jego sumienność w wykonywaniu codziennych obowiązków oraz poczucie wielkiej odpowiedzialności za pasażerów, szczególnie w przypadku starszych i wyeksploatowanych kolei linowych, ma kluczowe znaczenie dla bezpieczeństwa transportu.

ZAKOŃCZENIE

Na świecie jest wiele przykładów kolei linowych, które z powodzeniem eksploatowane są od co najmniej 100 lat. Pierwsze koleje linowe pojawiły się w krajach alpejskich na początku XX wieku. Długa tradycja istnienia kolei linowych dowodzi, że mimo zdarzających się wypadków, pozostają one w dalszym ciągu jednym z bezpieczniejszych środków transportu, zwłaszcza w zestawieniu z transportem drogowym czy też konwencjonalną koleją szynową.

Podczas 58. Konferencji ITTAB (Internationale Tagung der Technischen Aufsichtsbehörden - Międzynarodowa Konferencja Władz Dozorów Technicznych nad Kolejami Linowymi i Wyciągami Narciarskimi), która odbyła się w 2008 r. w miejscowości Lam w Niemczech, przedstawiono dane dotyczące

wypadkowości kolei linowych różnych typów w odniesieniu do liczby tych kolei oraz ilości przewiezionych pasażerów. Wyniki wskazują, że koleje linowe od wielu lat cieszą się stałym i bardzo niskim poziomem wypadkowości.

Przykładem może tu być Szwajcaria, która jako jeden z pierwszych krajów w Europie i na świecie zaczął intensywnie rozwijać transport linowy z użyciem kolei linowych. Było to przede wszystkim spowodowane górzystym ukształtowaniem terenu i trudnościami komunikacyjnymi wynikającymi m.in. z ograniczonej dostępności szybkich i stosunkowo krótkich połączeń drogowych. Była to także tania alternatywa dla budowania kosztownych tuneli kolejowo-drogowych drążonych w skałach w trudno dostępnym terenie.

Na wykresach przedstawiono liczbę kolei linowych eksploatowanych w poszczególnych krajach oraz liczbę wypadków ciężkich z udziałem kolei linowych.

wykres liczby kolei linowych eksploatowanych w poszczególnych krajach oraz liczby wypadków ciężkich podczas ich eksploatacji
Infogram

Rys. 4 Wykres liczby kolei linowych eksploatowanych w poszczególnych krajach oraz liczby wypadków ciężkich podczas ich eksploatacji

Należy tu wyjaśnić, że wskazana na wykresie liczba 17 wypadków, które wystąpiły na Węgrzech, dotyczyła tylko i wyłącznie wyciągów nart wodnych. Wyciągi te są powszechnie używane na tamtejszych akwenach do celów rekreacyjnych i sportowych. Wypadki prawie zawsze były spowodowane nieodpowiedzialnym zachowaniem użytkowników i nie wynikały z wad konstrukcyjnych lub złego stanu technicznego wyciągów. Do typowych przyczyn wypadków należy zaliczyć: wykonywanie skoków z rampy najazdowej, doprowadzanie do kolizji narciarzy z innymi obiektami nawodnymi, niefortunne upadki lub inne nietypowe zachowania, wykraczające daleko poza ustalenia regulaminu ustanowionego przez właściciela obiektu.

W 2007 r. w Szwajcarii podczas eksploatacji 868 kolei linowych i

1679 wyciągów narciarskich zarejestrowano ogółem tylko 9 wypadków. Zatem procentowa liczba wypadków dla 2457 urządzeń używanych w Szwajcarii stanowi 0,36%. Wynik ten może budzić zaniepokojenie, gdyż oznacza, że co 273 urządzenie może być przyczyną wypadku. Z drugiej strony wiadomo, że te 2457 urządzeń przewiozło w Szwajcarii 389 238 000 pasażerów w ciągu roku. Zatem 9 wypadków - oznaczających w tym przypadku dziewięć poszkodowanych osób - daje średnio 2,31 poszkodowanej osoby na 100 milionów przewiezionych osób w okresie jednego roku. Jest to jeden z najniższych na świecie wskaźników, jeżeli chodzi o wypadki z ludźmi w wyniku wykorzystania urządzenia kolei linowej jako publicznego środka transportu. Na tle tych danych tragiczny wypadek we włoskim Piemencie jest wyraźnym odstępstwem od trendu i być może stanie się przestrogą i skłoni do realnej poprawy bezpieczeństwa transportu kolei linowych na świecie.

LITERATURA:

[1] J. Nejez. Zugseilbruch und blockierte Fangbremse. Internationale Seilbahn Rundschau-ISR-3/2021.

[2] T. Wilk. Konferencja ITTAB w Polsce. Magazyn Narciarski Biznes. Nr 4 (4). Grudzień 2008.

[3] T. Wilk. 58 konferencja ITTAB - Lam-Niemcy. Opracowanie własne.

[4] Norma PN-EN 12927:2019-07 - Wymagania bezpieczeństwa dla osobowych kolei linowych – Liny.

[5]

https://en.wikipedia.org/wiki/Stresa%E2%80%93Mottarone_cable_car_crash

Artykuł autorstwa dr. inż. Ignacego Góry i Tomasza Wilka ukazał się w magazynie "Rynek Kolejowy" nr 11/2021r.