

Artykuł recenzowany: Bezdotykowe systemy pomiaru skrajni budowli w infrastrukturze transportu szynowego

LaserTEC-1435

STRESZCZENIE: System LaserTEC-1435 pozwala wykonywać pomiary położenia elementów skrajni w czasie pomiaru geometrii torów w płaszczyźnie poziomej i pionowej. Stosując takie rozwiązanie techniczne, dokonano zautomatyzowania techniki pomiarowej zarówno w zakresie geometrii toru, jak i skrajni budowli. Przeprowadzone wielokrotne pomiary autorskie pozwoliły ocenić wady i zalety tego systemu pomiarowego, które skrótkowo przedstawiono w niniejszym opracowaniu.

ABSTRACT: Systems for remote measurements of structure limiting outlines in the infrastructure of rail transport LaserTEC-1435. The LaserTEC-1435 system allows measurements of horizontal and vertical positions of points, which determine track clearance gauge, during measurements of track geometry. Such technical solution allows automation of measurements of both track geometry and its clearance. Multiple measurements performed by the Author using the system, allowed an assessment of its advantages and shortcomings, presented in short in the paper.

ARKADIUSZ KAMPCZYK

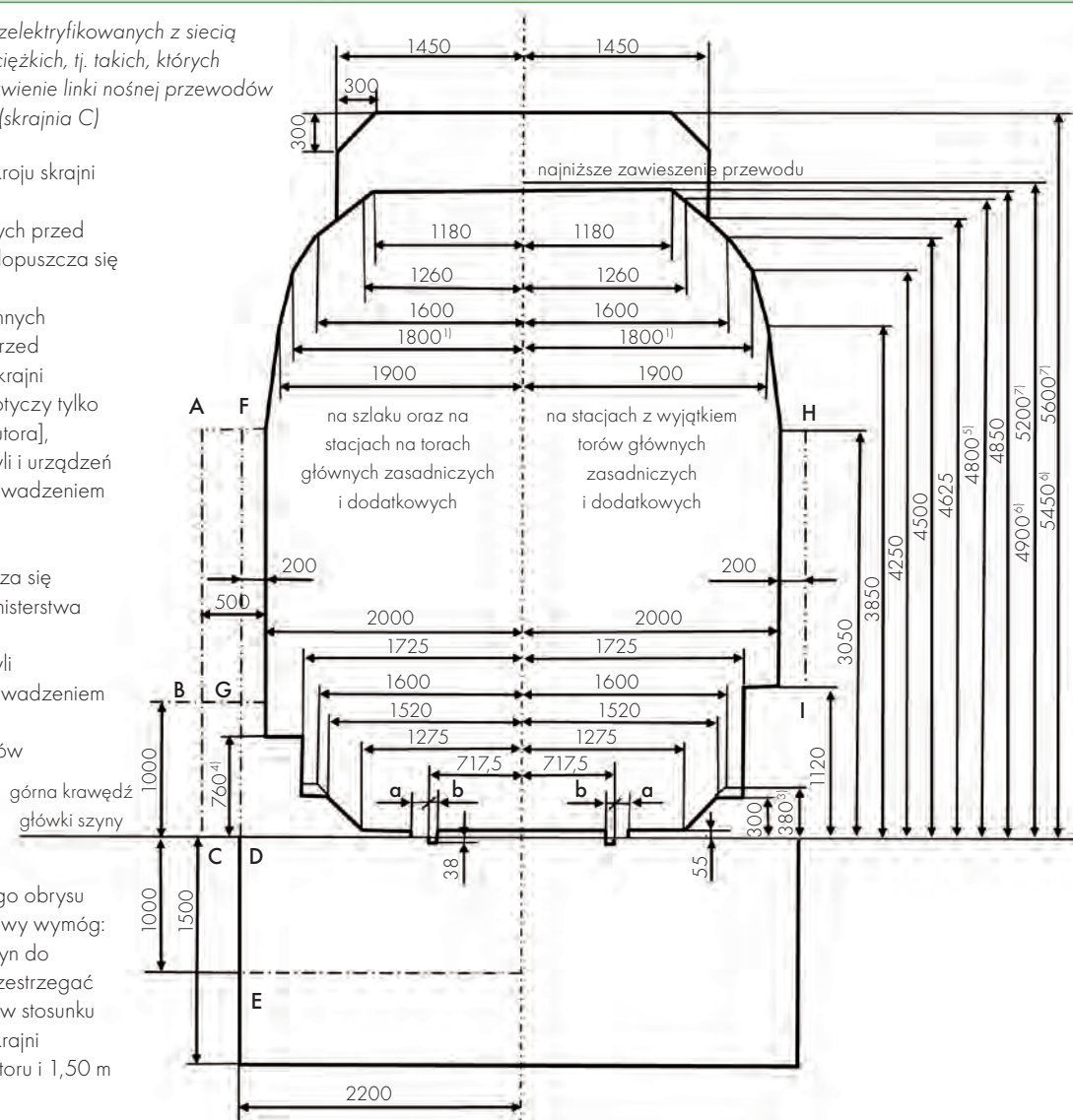
Podstawowe zastosowanie toromierzy LaserTEC-1435 to pomiary eksploatacyjne, odbiorcze oraz związane z wykolejeniami. W urządzenia tego typu są wyposażone zespoły diagnostyczno-geodezyjne prawie wszystkich z 23 Zakładów Linii Kolejowych w Polsce. Pomiary geometrii torów (około 19 tys. kilometrów) są wykonywane cyklicznie – nawet do czterech razy w ciągu roku – w zależności od kategorii linii (magistrala, pierwszorzędna, drugorzędna,

Rys. 1. Skrajnia budowli linii zelektryfikowanych z siecią górną dla nowych budowli ciężkich, tj. takich, których stateczność umożliwia zakotwienie linki nośnej przewodów jezdnych trakcji elektrycznej (skrajnia C)

Odsyłacze na rysunku przekroju skrajni oznaczają:

- 1) dla budowli wybudowanych przed wprowadzeniem tej skrajni dopuszcza się 1770 mm,
- 2) dla wysokich peronów i innych urządzeń wybudowanych przed wprowadzeniem niniejszej skrajni dopuszcza się 1700 mm [dotyczy tylko skrajni typu A i B – przyp. autora],
- 3) dopuszcza się dla budowli i urządzeń wybudowanych przed wprowadzeniem tej skrajni,
- 4) dla peronów na liniach zelektryfikowanych dopuszcza się 960 mm tylko za zgodą Ministerstwa Infrastruktury,
- 5) dopuszcza się dla budowli wybudowanych przed wprowadzeniem tej skrajni,
- 6) dopuszcza się dla obiektów niemodernizowanych,
- 7) dla obiektów nowo budowanych i modernizowanych.

Na rysunku przekroju dolnego obrysu skrajni zaznaczono dodatkowy wymóg: ze względu na zasięg maszyn do napraw podtorza należy przestrzegać zachowania zwiększonego w stosunku do normy dolnego obrysu skrajni o wymiarach 2,20 m od osi toru i 1,50 m poniżej główki szyny





Rys. 2. System pomiaru skrajni budowli typu TUM 712 001-5 i pomiar skrajni tunelu tym systemem [5]

znaczenia miejscowego) promienia łuku oraz prędkości. Pomiary te są zintegrowane z pomiarem skrajni budowli, międzytorza czy wysokości sieci. Analiza i ostateczna ocena skrajni budowli decyduje o bezpieczeństwie transportu kolejowego, a także np. o możliwości przewozu przesyłu nadgabarytowych. Niestety, system LaserTEC ma kilka wad, o czym autor powiadomił już producenta, który pracuje nad ich usunięciem.

● SKRAJNIA BUDOWLI

Zachowanie bezpieczeństwa przy poruszaniu się pojazdów po torze ułożonym w sąsiedztwie budowli wymaga, aby w kierunku poziomym między osią toru a obiektami i ich elementami była zachowana najmniejsza dopuszczalna odległość, różna na różnych wysokościach. Podobnie wymagane jest przestrzeganie przepisowych odległości w kierunku pionowym, mierzonych od górnego poziomu główki szyny toru, różnych w zależności od położenia względem osi toru.

Obrys przestrzeni, której granic nie może przekroczyć żadna budowla przy torze, nazywa się **skrajnią budowli**. Ze względu na konieczność zachowania bezpiecznych odległości pomiędzy budowlami a taborami kolejowymi skrajnia budow-

li jest większa niż skrajnia taboru, której nie mogą przekraczać wymiary konstrukcyjne pojazdów kolejowych ani ładunek rozmieszczony na wagonach. Skrajnia budowli jest zarysem figury płaskiej i stanowi podstawę do określania wolnej przestrzeni dla ruchu pojazdów kolejowych, na zewnątrz której powinny znajdować się wszelkie budowle, urządzenia i przedmioty położone przy torze, z wyjątkiem urządzeń przeznaczonych do bezpośredniego współdziałania z torem, jak np. hamulce torowe w stanie roboczym i przevoły jezdne [1].

Prawidłowo wykonane pomiary inwentaryzacyjne skrajni budowli, następnie odpowiednio przeprowadzona analiza i ocena pozwalają zarządcy infrastruktury transportu szynowego podejmować stosowne kroki zaradcze w stosunku do elementów infrastruktury, zanim niepokojące zjawisko przekroczenia skrajni stanie się niebezpieczne dla życia i zdrowia ludzi oraz spowoduje zagrożenie bezpieczeństwa ruchu w transporcie szynowym czy w pobliskim otoczeniu.

Skrajnię budowli oraz wybrane parametry wolnej przestrzeni stosowane na istniejących liniach kolejowych regulują postanowienia Polskiej Normy PN-69 K-02057 oraz przepisy UIC (fr. Union Internationale des Chemins de fer – Międzynarodowy Związek Kolei). *Warunki Techniczne utrzymania nawierzchni na liniach kolejowych Id-1 (D-1)* [1] przedstawiają cztery typy skrajni budowli:

1. skrajnia budowli na liniach niepodlegających elektryfikacji (skrajnia A),
2. skrajnia budowli ulgowa linii zelektryfikowanych z siecią górną, dla budowli istniejących (skrajnia B),
3. skrajnia budowli linii zelektryfikowanych z siecią górną dla nowych budowli ciężkich, tj. takich, których stateczność umożliwia zakotwienie linki nośnej przewodów jezdnych trakcji elektrycznej (skrajnia C) – rys. 1,
4. skrajnia budowli linii zelektryfikowanych z siecią górną dla nowych budowli lekkich, tj. takich, których stateczność uniemożliwia zakotwienie linki nośnej przewodów jezdnych trakcji elektrycznej (skrajnia D).

Podane wymiary skrajni budowli wszystkich typów obowiązują na prostych odcinkach toru oraz w łukach o promieniu większym niż 4000 m. W łukach o promieniach 4000 m i mniejszych należy stosować poszerzenie poziomych wymiarów skrajni budowli wg zaleceń i tabel omówionych w *Warunkach Technicznych Id-1 (D-1)* [1].

Oprócz wymiarów liczbowych mamy podane na poszczególnych przekrojach typów skrajni tzw. oznaczenia literowe. Duże litery informują o konieczności zachowania dodatkowych wolnych przestrzeni w rejonach wyszczególnionych poniżej:

AB – na przystankach;

ABC – na obiektach mostowych o długości ponad 20 m bez wykuszy z jazdą górą;

ABCDE – na szlakach, z wyjątkiem peronów na przystankach i przestrzeni na i pod obiektami mostowymi;

ABGDE – pod nowo budowanymi obiektami mostowymi na szlaku;

FG – na stacyjnych torach głównych zasadniczych i dodatkowych oraz na obiektach mostowych o długości poniżej 20 m lub długości powyżej 20 m z jazdą dołem, jeżeli istnieje wolna przestrzeń w płaszczyźnie dźwigara głównego;

FGD – na obiektach mostowych o długości poniżej 20 m lub długości powyżej 20 m z jazdą górą w przypadku zastosowania wykuszy oraz pod istniejącymi obiektami mostowymi na szlaku;

HI – na torach stacyjnych, z wyjątkiem torów głównych zasadniczych i dodatkowych.

Małymi literami oznaczono następujące wymiary:

a – 135 mm dla przedmiotów nieruchomych stale połączonych z szyną jezdnią,

a – 150 mm dla pozostałych przedmiotów nieruchomych,

b – 41 mm dla kierownic przy krzyżownicach rozjazdów i skrzyżowań torów,

b – 45 mm dla odbojnic, w przypadkach szczególnych za zezwoleniem Ministerstwa Infrastruktury,

b – 67 mm dla przedmiotów nieruchomych w innych przypadkach.

● SYSTEMY POMIAROWE SKRAJNI BUDOWLI

Istnieją różne metody pomiarów inwentaryzacyjnych skrajni budowli, zarówno tradycyjne, jak i zintegrowane z pojazdem szynowym. W krajach Europy Zachodniej stosowano i stosuje się systemy bezdotykowych pomiarów skrajni budowli, jak np.: ALIM, LIMEZ I, LIMEZ II, LIMEZ III, TUM (rys. 2), PELIM, PROM czy tCat hiszpańskiej firmy TELICE S.A. Wszystkie te rozwiązania wymagają prowadzenia ciągłych analiz, opisów, przeobrażeń, a w fazie końcowej – oceny dla danego typu skrajni budowli.

W Polsce przykładem zautomatyzowanego systemu pomiarowego umożliwiającego monitorowanie skrajni budowli jest zapewniający bezdotkowy pomiar

UPS-80. Pomiar skrajni odbywał się podczas jazdy. Ten specjalistyczny pojazd powstał w wyniku przebudowy wózka motorowego WM-15A oraz jego przyczepy. UPS-80 jest wyposażony w system profilomierza laserowego i system fotogrametryczny oraz oprogramowanie do przetwarzania i raportowania wyników pomiarów.

Najnowszą technologią w dziedzinie ciągłego monitorowania skrajni budowli i pozyskiwania danych o położeniu elementów infrastruktury w stosunku do

Plik pomiarowy z dnia: 04.08.2010 r. Szlak: TGA1 - TGE Tor: 4

Prędkość: 40 [km/h]
 $-9,0\text{mm} < \text{Szerokość} < 20,0\text{mm}$
 $-3,0\text{mm} < \text{Gradient szer.} < 3,0\text{mm}$
 $-25,0\text{mm} < \text{Przechyłka} < 25,0\text{mm}$
 $-23,0\text{mm} < \text{Wichrowatość} < 23,0\text{mm}$
 $-35,0\text{mm} < \text{Pion} < 35,0\text{mm}$
 $-35,0\text{mm} < \text{Poziom} < 35,0\text{mm}$

Filtr zdarzeń i usterek:

H	- punkt hektometrowy	M	- most, wiadukt, tunel
R	- rozjazd	D	- przejazd
E	- peron	F	- pomiar dokładny
=	- styk	[	- ława
U	- łuk	Q	- przerwa
B	- brak śrub	P	- pęknięta szyna
W	- podkład	~	- falistość
S	- spływy	)	- wyboksowania
Y	- wychłapy	/	- skoszone podkłady
X	- ubytek szyny	Z	- zużycie boczne
;	- spoina	%	- zachwaszczenie

Kilometr Szerokość Gradient Przechyłka Wichrowatość Pion Poziom Usterki

34.0900,	-4.6,	1.0,	-1.1,	-0.1,	12.6,	-11.8	E
34.0905,	-3.9,	0.4,	-1.2,	-0.0,	12.5,	-10.1	E
34.0910,	-3.6,	-0.3,	-1.4,	-0.2,	11.7,	-8.3	E
34.0915,	-3.5,	-0.8,	-1.5,	-0.5,	10.4,	-6.5	E
34.0920,	-3.9,	-0.8,	-1.5,	-0.9,	8.4,	-4.7	E
34.0925,	-4.3,	-0.2,	-1.5,	-1.5,	5.9,	-2.7	E
34.0930,	-4.7,	0.4,	-1.5,	-2.7,	3.0,	-0.5	E
34.0935,	-4.5,	0.2,	-1.6,	-4.1,	-0.6,	2.4	E
34.0940,	-4.3,	-0.7,	-1.7,	-5.3,	-4.5,	5.6	E
34.0945,	-4.3,	-1.2,	-2.0,	-6.1,	-8.5,	8.3	E
34.0950,	-5.0,	-1.1,	-2.6,	-6.8,	-10.1,	8.4	E
34.0955,	-5.5,	-1.0,	-3.9,	-7.2,	-10.8,	7.6	E
34.0960,	-6.1,	-0.6,	-5.4,	-7.1,	-11.7,	7.1	E
34.0965,	-6.5,	0.6,	-6.8,	-7.0,	-12.4,	6.5	E
34.0970,	-6.6,	1.7,	-7.7,	-6.5,	-12.8,	6.0	E
34.0975,	-6.0,	2.6,	-8.3,	-5.5,	-12.5,	5.5	E
#34.0980,	-4.9,	3.4#,	-8.7,	-3.7,	-11.6,	4.5	E
#34.0985,	-3.4,	3.2#,	-8.7,	-1.5,	-10.0,	2.9	E
34.0990,	-1.5,	2.8,	-8.7,	0.8,	-7.9,	1.3	E
34.0995,	-0.2,	2.8,	-8.5,	2.8,	-5.7,	-0.7	E
34.1000,	1.3,	1.0,	-8.2,	4.1,	-5.8,	-0.7	E

Tabela 1. Raport pomiaru geometrii toru nr 4 przy użyciu LaserTEC (toromierz elektroniczny z dalmierzem laserowym Leica)



Rys. 3. Toromierz elektroniczny TEC-1435 (z widocznym rejestratorem) przygotowany do pomiaru geometrii toru

osi toru jest skanowanie laserowe 3D. Pozwala ono na szybkie i dokładne przeniesienie do komputera trójwymiarowej geometrii obiektów fizycznych. W efekcie powstaje kompletny cyfrowy model, który może być później edytowany i przetwarzany przez programy CAD/CAM, programy do prototypowania, wizualizacji czy animacji. Systemem pozwalającym wyznaczyć nie tylko podstawowe elementy geometrii toru kolejowego w płaszczyźnie poziomej i pionowej danej trasy linii kolejowej, ale również jej położenie jest Swiss Trolley produkcji szwajcarskiej firmy Terra Vermessungen AG. Nowością jest zastosowanie połączenia wózka pomiarowego ze skanerem Z+F Imager 5006 [6]. Należy również zwrócić uwagę na bardziej rozbudowane systemy pomiarowe, takie jak LIMEZ III czy

EM-SAT wykorzystujące zarówno technikę GPS, jak i INS do odzwierciedlenia geoprzestrzennego stanu infrastruktury kolejowej. LIMEZ III, wykorzystywany m.in. przez koleje niemieckie, obejmuje ponadto skanery o dużym zasięgu i profilowe, system rozpoznawania szyn oraz dokumentację wideo.

● SYSTEM POMIARÓW INWENTARYZACYJNYCH LASERTEC-1435

Toromierz elektroniczny typu TEC-1435 jest samorejestrującym systemem pomiaru geometrii toru i skrajni budowli produkcji Przedsiębiorstwa Usług Technicznych GRAW – Laserowe Systemy Pomiarowe z Gliwic (rys. 3). Wykonuje bieżące pomiary parametrów toru w zakresie geometrii w płaszczyźnie poziomej i pionowej zgodnie z wymogami *Instrukcji o dokonywaniu pomiarów, badań i oceny stanu torów Id-14 (D-75)* [2].

Nowy system LaserTEC-1435, wyposażony dodatkowo w ręczny dalmierz laserowy Leica, realizuje pomiary tzw. metodą bezpośrednią (rys. 4). Przystawka z głowicą laserową zainstalowana na toromierzu umożliwia pomiar urządzeń i obiektów o $\varnothing > 10 \text{ mm}$, w tym m.in. semaforów, tuneli, peronów, szerokości międzytorza, wysokości i odsuwu przewodu trakcyjnego, słupów i innych elementów w odległości do 7 m od osi toru. Tabela 1 przedstawia przykład raportu pomiarowego (z badania autorskiego) to-



Rys. 4. Toromierz elektroniczny LaserTEC-1435 wyposażony w nakładkę dalmierzczą firmy Leica

ru nr 4 na km 34.090 – 34.100 dla prędkości rozkładowej VR = 40 km/h. Symbol # przy danej wartości oznacza przekroczenie danego parametru dla wartości dopuszczalnej w stosunku do danej prędkości. W przedstawionym przykładzie został przekroczony parametr gradientu szerokości.

Dane uzyskane z bezpośrednich pomiarów inwentaryzacyjnych geometrii toru podlegają obróbce przez program generujący i drukujący raporty pomiarowe o nazwie TEC-1435 ver.1.2.8. 2000-2006 r. (stanowiący standardowe wyposażenie toromierza). W raportach tych podawane są: szerokość, przechyłka, wichrowatość wyliczona na bazie 5 m, gradient szerokości oraz nierówności toru w płaszczyźnie pionowej i poziomej, a także wykaz usterek i zdarzeń.

Natomiast do analizy i druku raportów uzyskanych z plików pomiarowych skrajni służy program Skrajnia Raport ver. 1.2.0.8 (wcześniej 1.2.0.3) posiadający trzy główne aplikacje: *Międzytorze*, *Trakcja* i *Skrajnia*, a także oddzielnie *Edytor Skrajni* umożliwiający edycję tzw. skrajni wzorcowej.

W czasie pomiarów geometrii toru mogą być wykonywane dodatkowo pomiary w trzech opcjach. Opcja *pomiar w punkcie* pozwala na zapisanie w dowolnym momencie rekordu zawierającego wyniki pomiarów geometrii toru uzupełnione alfanumerycznym identyfikatorem. Opcja *pomiar dalmierzem* umożliwia wykonywanie pomiarów dalmierzem

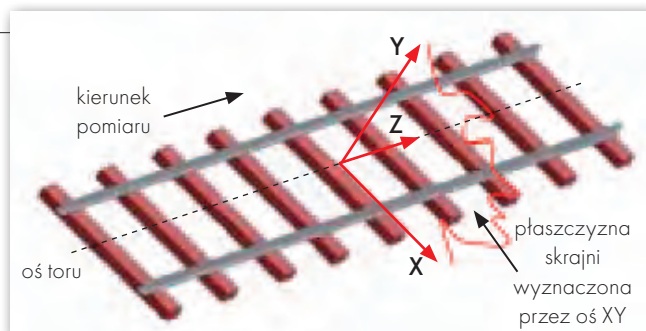
i zapisanie ich wyników dla punktów kolizyjnych skrajni, położenia przewodu trakcji lub odstępu międzytorza. Opcja *wpis inwentaryzacyjny* umożliwia dopisanie informacji o elementach infrastruktury – notatek, informacji terenowej o obiektach (elementach) infrastruktury, jak np. typ szyn w danym kilometrażu czy określenie lokalizacji. Niestety, dla każdego wpisu inwentaryzacyjnego powstaje oddzielny plik tekstowy, którego nie można zaimportować do oprogramowania TEC-1435 v. 1.2.8.

Wszystkie pomiary wykonywane za pomocą głowicy dalmierczej przeliczane są do układu odniesienia związanego z torem (rys. 5). W tym układzie odniesienia są wykonywane zarówno pomiary międzytorza, trakcji (wysokość przewodu jeźdnego i maksymalny odsuw) oraz skrajni budowli:

- oś X – leży na przecięciu płaszczyzny prostopadłej do osi toru i płaszczyzny wyznaczonej przez powierzchnie toczne główek szyn,

- oś Y – leży na płaszczyźnie prostopadłej do osi toru i jest prostopadła do płaszczyzny wyznaczonej przez powierzchnie toczne główek szyn,

- oś Z – pokrywa się z kierunkiem osi toru, zwrot w stronę wykonywanego pomiaru.



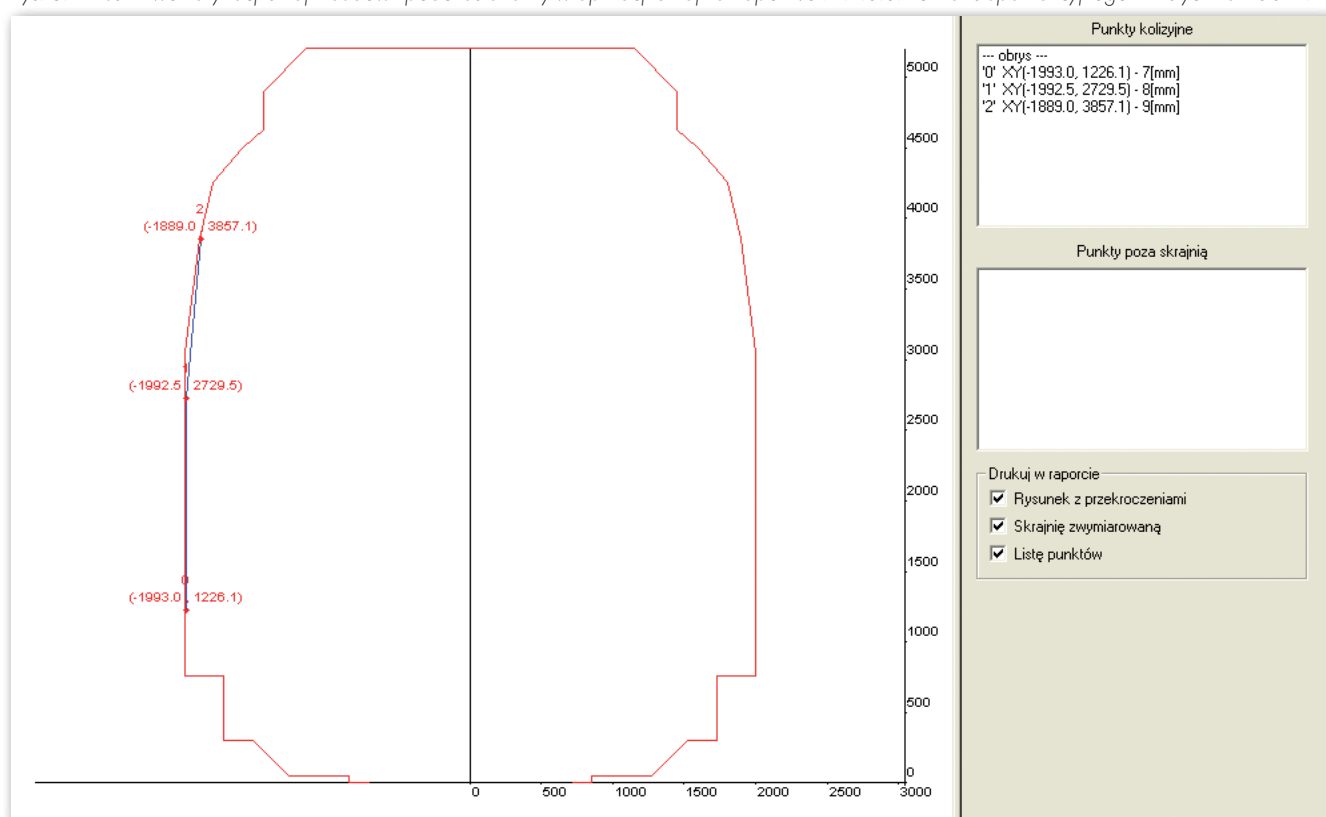
Rys. 5. Orientacja układu dalmierza względem toru

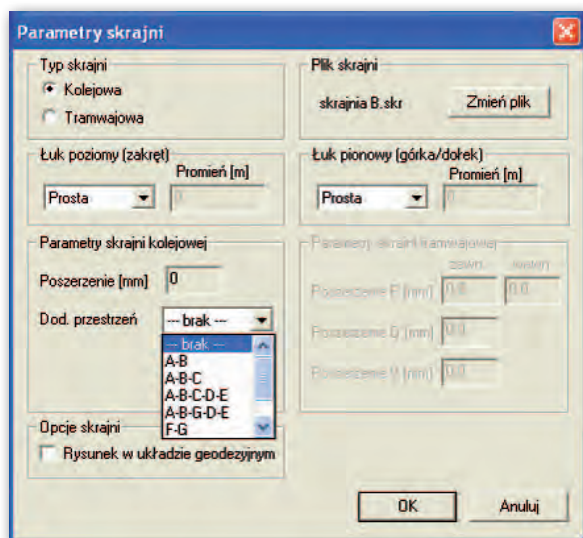
Płaszczyzna wyznaczona przez osie XY nazywana jest płaszczyzną skrajni.

● POMIAR INWENTARYZACYJNY PUNKTU OBIEKTU SKRAJNI BUDOWLI

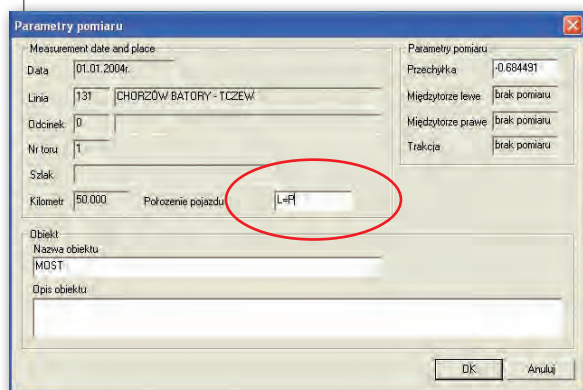
Pomiar taki wykonywany jest po zatrzymaniu toromierza LaserTEC-1435. Geodeta celuje w wybrany punkt za pomocą dalmierza laserowego Leica zintegrowanego z lunetką (widoczna przysłona czerwona lub zielona, ułatwiająca szukanie punktu celu) z odpowiednim ruchomym uchwytem. Na pulpicie rejestratora przycisk [S] – *Skrajnia* umożliwia wywołanie opcji zapisu wyników ostatniego pomiaru jako rekordu punktu obiektu skrajni. Następnie pojawia się menu pozwalające na wprowadzenie nazwy obiektu (np.: semafor Sz2N lub peron 2). Do danego rekordu automatycznie są dopisane: współrzędne zmierzzonego punktu, wartości parametrów geometrii toru w punkcie pomiaru (szerokość, przechyłka, nierówności pionowe i poziome) oraz wartość licznika kilo-

Rys. 6. Arkusz inwentaryzacji skrajni budowli podczas analizy w aplikacji Skrajnia Raport ver. 1.2.0.8. Pomiar słupa trakcyjnego z 1 stycznia 2004 r.





Rys. 7. Okno deklaracji parametrów – analiza skrajni budowli w programie Skrajnia Raport



Rys. 8. Lokalizacja obiektu (elementu) infrastruktury w stosunku do kierunku pomiaru: obiekt zlokalizowany po prawej stronie LaserTEC, czyli L = P

metrażu danej linii kolejowej. Wszystkie wyniki zapisywane są w pamięci toromierza. Błąd pomiaru nie przekracza 5 mm.

Pliki pomiarowe są pobierane z rejestratora toromierza za pomocą programu Torodb_dal.exe. Program Skrajnia Raport obsługuje następujące pliki pomiarowe:

- skrajni zmierzonych dalmierzem (rozszerzenie *.dist),
- międzytorza (rozszerzenie *.mtor),
- trakcji (rozszerzenie *.trak).

W celu ich rozróżnienia każdy posiada indywidualną ikonę. Plik pomiarowy dalmierza zawiera pojedynczy obrys obiektu reprezentujący arkusz inwentaryzacji skrajni. Rysunek 6 przedstawia arkusz, na którym linią koloru czerwonego przedstawiono dopuszczalną skrajnię typu B: „Typ K-02057-2. Skrajnia ulgowa linii zelektryfikowanych z siecią górną, dla budowli istniejących. Na szlaku oraz na stacjach na torach głównych zasadniczych i dodatkowych”. Natomiast linia pionowa w kolorze niebieskim, wokół której znajdują się cyfry 0, 1, 2 określające punkt celu lasera, przedstawia położenie słupa trakcyjnego w stosunku do istniejącej geometrycznej osi toru.

W celu przeprowadzenia analizy geometrycznej skrajni dla wybranego pliku pomiarowego dalmierza należy wskazać odpowiedni obrys skrajni wzorcowej, wykorzystując oprogramowanie Skrajnia Raport ver. 1.2.0.8. zgodnie z wymogami instrukcji Id-1 (D-1) i Polską Normą PN-69 K-02057. Skrajnie budowli. Następnie należy dokonać ustawienia pozostałych parametrów technicznych, określając: typ skrajni (kolejowa czy tramwajowa), rodzaj odcinka poziomego (prosty czy krzywoliniowy), dodatkową przestrzeń i odpowiednią wzorcową skrajnię (rys. 7). Oprogramowanie automatycznie wylicza poszerzenie skrajni dla odpowiedniego promienia łuku.

Dla skrajni tramwajowej dodatkowo deklaruje się również łuk pionowy (górkę czy dółkę), a oprogramowanie pozwala ustawić kierunek oraz promień łuku pionowego toru, co powoduje dodanie odpowiedniej wartości poszerzenia w dolnej części obrysu skrajni tramwajowej odpowiednio według przepisów tramwajowych. Po wybraniu pliku obrysu skrajni i ustawieniu odpowiednich parametrów otrzymujemy wygenerowany obrys skrajni budowli, analizy przekroczeń zmierzonego obrysu i wyświetlenie wyników (rys. 6).

W przypadku gdy punkty znajdują się w obszarze obrysu skrajni (gdzie stanowią zagrożenie), ich identyfikatory i współrzędne pojawiają się w liście tzw. punktów kolizyjnych po prawej stronie okna i są zarówno w oprogramowaniu, jak i na arkuszu inwentaryzacyjnym zaznaczane na czerwono (rys. 6). Ponadto w oprogramowaniu można podejrzeć informacje o wykonanym pomiarze, takie jak data czy miejsce. W oknie można ustawić lub zmodyfikować jedynie opis zmierzonego obiektu. Niestety, wadą systemu LaserTEC jest błąd dotyczący orientacji zlokalizowania obiektu podlegającego pomiarowi. Pomiary autorskie wykazały, że obiekty zlokalizowane po prawej stronie w terenie zostały odwzorowane w oprogramowaniu Skrajnia Raport ver. 1.2.0.8. po stronie lewej (i na odwrot). W wyniku interwencji autora producent umożliwił zmianę lokalizacji w tym oprogramowaniu (rys. 8) poprzez zadeklarowanie L = L

lub L = P, co oznacza, że obiekt zlokalizowany jest po lewej lub prawej stronie. Niestety, ta usterka wymaga prowadzenia przez zespół pomiarowy manualnego zapisu każdego obiektu we własnych notatkach.

W zakresie wydruku uzyskuje się *Arkusze Inwentaryzacji Skrajni*, który składa się z trzech części:

- rysunku zmierzonego obrysu na tle obrysu skrajni;
- rysunku obrysu skrajni z podanymi jej wymiarami;
- listy punktów kolizyjnych i poza skrajnią.

• POMIAR INWENTARYZACYJNY PUNKTU MIĘDZYTORZA

Pomiar rozstawu torów (międzytorzy) w LaserTEC-1435 jest wywoływany za pomocą funkcji [M] – *Międzytorze* w opcji *Pomiar dalmierzem*. Zapisywane są następujące dane: współrzędne zmierzonego punktu, wartości parametrów geometrii toru w punkcie pomiaru (szerokość, przechyłka, nierówności pionowe i poziome), wartość licznika kilometrażu. Plik pomiaru międzytorza zawiera zbiór punktów pomiarowych międzytorza wzdłuż kilometrażu. Otrzymujemy z niego dwa wykresy: międzytorza lewego i prawego. Jeżeli jeden z wykresów nie zawiera żadnych pomiarów, zamiast niego pojawia się komunikat z treścią „Brak punktów pomiarowych”. Opracowanie wykresów w oprogramowaniu Skrajnia Raport pozwala na ustawienie wartości maksimum i minimum dla wykresu wzdłuż osi Y w mm i przedziału kilometrażu dla osi X.

Raport pomiaru międzytorza można wydrukować jako obraz, który został zaprezentowany w czasie rzeczywistym podczas obróbki, albo w zadeklarowanej skali wskazując jednocześnie kilometr początkowy wykresu.

Rysunek 9 przedstawia okno aplikacji *Międzytorze* pozwalające podczas prowadzenia analizy deklaruować dopuszczalną granicę dla międzytorza. Minimalna wartość 3750 mm jest zgodna z Id1 (D1) i dotyczy rozstawu torów na istniejących liniach położonych na prostej i w łuku o promieniu większym niż 4000 m.

W prowadzonych pomiarach autorskich dotyczących rozstawu torów – międzytorza stwierdzono tzw. problem osi toru sąsiedniego. Aby go uniknąć, cel obiera się na główce szyny tego toru: na zewnętrznej krawędzi szyny bliższej (wówczas oprogramowanie Skrajnia Raport dodaje wartość 720 mm) lub na wewnętrznej krawędzi szyny dalszej (wów-

czas oprogramowanie odejmuje wartość 720 mm). Jest też możliwy pomiar wprost do osi toru, należy tylko wyznaczyć manualnie cel na osi [7]. W przypadku występowania zużycia bocznego szyn, które czasami dochodzi nawet do 15 mm, występuje błąd wyznaczonej wartości międzytorza. Dlatego w oprogramowaniu podaje się również szerokość główki szyny, przy czym diagnosta/geodeta zobowiązany jest wykonać wówczas pomiar szerokości główki szyny specjalistyczną suwmiarką i zapisać wynik w dzienniku pomiarowym (notatniku). Ponieważ opcja *wpisu inwentaryzacyjnego* daje tylko plik tekstowy, którego i tak nie można zaimportować do oprogramowania TEC-1435, to wartość zużycia należy ręcznie dopisać na wydruku raportu. W fazie wstępnej wdrażania przyrzędu LaserTEC-1435 pomiary wartości międzytorza w ogóle nie były redukowane do osi toru, tj. o wartość 720 mm, poprawki dokonano dopiero po interwencji u producenta.

• POMIAR INWENTARYZACYJNY PUNKTU SIECI TRAKCYJNEJ

System LaserTEC-1435 umożliwia pomiar wysokości zawieszenia przewodu trakcyjnego i maksymalnego odsuwy tego przewodu. Rejestrowane są wówczas następujące dane: współrzędne zmierzonego punktu, wartości parametrów geometrii toru w punkcie pomiaru (szerokość, przechyłka, nierówności pionowe i poziome), zawartość licznika kilometrażu, lokata (identyfikator miejsca pomiaru) składająca się z dwóch 5-znakowych części, wartość pomiaru pod słupem trakcji (zawiesiem).

Identyfikatorem miejsca pomiaru jest tzw. lokata słupa trakcji oraz flaga wykonywania pomiaru przy słupie trakcji. Lokata składa się z dwóch części, z których jedna używana jest jako licznik, a druga pozostaje niezmienna. Pomiar sieci trakcyjnej wykonuje się albo „pod zawiesiem” lub „między zawieszami”. Zarówno podczas pomiaru wysokości zawieszenia przewodu jezdnego, jak i maksymalnego odsuwy operator LaserTEC stoi w osi geometrycznej toru podlegającego pomiarowi i patrzy w okular lunety zainstalowanej obok dalmierza, równocześnie celując dalmierzem laserowym w sieć jezdnią – przewód jezdny (rys. 10). Warto zwrócić uwagę, że operator widzi w jednej płaszczyźnie trzy przewody na tle nieba, powstaje więc problem odróżnienia przewodu jezdnego (1, 2) od liny nośnej (3).

Plik pomiaru trakcji zawiera wyniki zarejestrowane wzdłuż kilometrażu. Po otwarciu pliku pojawia się widok podobny do *widoku międzytorza*, zawierający dwa wykresy. Górny przedstawia zmienność współrzędnej X trakcji (odsuwy) w funkcji kilometrażu, a dolny – zmienność współrzędnej Y (wysokości). Czerwonymi liniami są przedstawione granice trakcji. Jeżeli punkt posiada lokatę, jest ona wyświetlona pod wykresem na tle zielonego prostokąta. Poza pomiarem przekroczenia wartości granicznych wykonywana jest też analiza wysokości trakcji. Wyliczane jest procentowe nachylenie punktów zawiesia oraz dla punktów pomiędzy zawieszami – wysokość zwisu. Opis tych parametrów jest wyświetlany kolorem szarym na wykresie wysokości. Jeżeli wartości te przekroczą wartości graniczne, zostaną wyświetlone na czerwono. Funkcjonalność *widoku trakcji* jest identyczna jak *widoku międzytorza*.

Do ustawienia granic trakcji służy w oprogramowaniu Skrajnia Raport – *Trakcja* opcja *Granice trakcji* (rys. 11). Parametry, które zadeklarowano jako wartości dopuszczalne (minimum i maksimum), są zgodne z wymogami Polskiej Normy i instrukcji let-2 (Et-2) o utrzymaniu sieci trakcyjnej. Przewody jezdne sieci trakcyjnych torów szlakowych oraz głównych zasadniczych i głównych dodatkowych zawieszane są na wysokości 4900-5600 mm nad płaszczyzną główek szyn, z tym że normalna (projektowana) wysokość zawieszenia przewodów jezdnych wynosi 5200-5600 mm. Natomiast przewody jezdne sieci pozostałych torów stacyjnych mogą być zawieszane na wysokości 4900-6200 mm [8]. Tolerancja wysokości zawieszenia przewodów wynosi ± 100 mm, ale należy ją stosować do wysokości 4900 mm jako dodatnią, a dla wysokości 6200 mm – jako ujemną [8].

Dodatkowo tolerancja wysokości zawieszenia przewodów jezdnych w punktach podwieszenia oraz profilowanie sieci nie mogą powodować przekroczenia dopuszczalnych różnic wysokości (w zależności od prędkości jazdy na danym torze). I tak dla linii o $V < 100$ km/h wartość ta wynosi 100 mm. Zadana jest też maksymalna i minimalna wysokość trakcji (współrzędna Y) oraz granica maksymalnego odsuwy trakcji (współrzędna X). Granica odsuwy jest symetryczna dla dodatnich i ujemnych wartości X. Przekroczenie jednej z powyższych granic jest sygnalizowane na wydruku *Raportu pomiaru trakcji* krzyżykiem „#” obok współrzędnej X punktu, a na

Rys. 9. Okno analizy oprogramowania Skrajnia Raport – międzytorze, granic międzytorza i sposobu pomiaru



Rys. 10. Sieć trakcyjna – widok ogólny z zaprezentowanym widokiem bocznym i od dołu – patrząc z osi toru w lunetkę dalmierza laserowego

Rys. 11. Deklarowanie analizy granic trakcji

Punkty trakcji					
Lokata	Kilometr [km]	Odsuw [mm]	Wys. [mm]	Zwie [mm]	Nach. [%]
	33 612	-392	5334		
	33 656	-341	5020		
33 50	33 667	208	5015		0.1
33 50	33 679	314	5025		0.2
	33 689	-360	5020	30	
	33 718	-308	5113	3	
	33 766	-453	5223	4	
33 56	33 800	-321	5306		0.0
	33 847	-254	5629	-307	
	33 911	-444	5601	-256	
	33 984	66	5591	-220	
	34 052	-320	5536	-141	
	34 052	-320	5536		
29 12T	34 106	107	5415		

Rys. 12. Raport punktów trakcji pomierzonych podczas analizy

wykreśie – czerwonym kolorem punktu. Odsuw skrajnego przewodu jezdni dla linii o prędkości jazdy $V \leq 160$ km/h wynosi 300 ± 20 mm w kierunku od lub do słupa na prostej dla $V = 160$ km/h i 300 ± 80 mm dla $V < 160$ km/h. Dodatkowo deklarujemy maksymalną wartość zwisu punktów pomiędzy zawieszami. Następnie jest przeprowadzona analiza współrzędnych według nowych wartości i widok wykresów zostanie odświeżony. Dla pomierzonych punktów trakcji otrzymujemy *Raport pomiaru trakcji* (rys. 12), składający się z dwóch stron:

- wykresów współrzędnych X i Y trakcji;

- listy punktów trakcji z wyróżnionymi punktami przekraczającymi granice trakcji.

Wydruk końcowego raportu pomiaru trakcji można wykonać w skali oraz tak, jak nastąpiła jego edycja w czasie rzeczywistym na ekranie monitora (bez skali).

• WNIOSKI Z BADAŃ

Pomiary inwentaryzacyjne z zastosowaniem systemu LaserTEC-1435 umożliwiają uzyskanie wartości parametrów geometrii toru w płaszczyźnie poziomej i pionowej, lokalizację występujących usterek w torze, przygotowanie danych geometrycznych toru dla SOHRON (System Określania Hierarchii Robót Nawierzchniowych), a następnie inwentaryzację skrajni budowli, międzytorza i sieci trakcyjnej. System ten wprowadza w pewnych granicach automatyzację w zakresie ciągłego monitorowania geometrii toru z zastosowaniem bezdotykowej metody pomiaru. Scalenie w jednym systemie kilku technik pomiarowych pozwala podnieść ekonomię pracy, dostarczając w czasie rzeczywistym wielu informacji z zakresu bieżącego stanu infrastruktury transportu szynowego.

Pomiary autorskie pozwoliły określić wiele zalet i, niestety, wad tego systemu wynikających z jego niedopracowania, wpływu warunków atmosferycznych oraz specyficznego cyklu pracy pomiarowej w warunkach transportu szynowego. Reasumując badania:

na torach czynnych, niewyłączonych z ruchu taboru kolejowego. Pomiar torów na długości 3 km trwa około 5 godzin (w pomiarach autorskich były to tory stacyjne, głównie zasadnicze i dodatkowe). Czas pracy jest uzależniony przede wszystkim od: ruchu taboru kolejowego, warunków atmosferycznych, częstotliwości rozmieszczenia elementów infrastruktury kolejowej.

2. Zaletą systemu LaserTEC-1435 jest mała masa (około 22 kg) umożliwiająca szybkie usuwanie go z toru przed przejazdem pociągów. Toromierz można łatwo złożyć i przewozić go nawet małym samochodem.

3. Pomiary autorskie wykazały wadliwość zastosowania systemu LaserTEC-1435:

- nie można wykonywać pomiarów przy użyciu promienia lasera przy silnym nasłonecznieniu, ponieważ punkt celu jest niewidoczny,

- należy zwracać uwagę na strukturę materiału celu, na który promień pada,

- należy uważać na okna (szkło) – granice ośrodków propagacji.

4. Przy prowadzeniu pomiaru dotyczącego przewodów sieci trakcyjnej występuje problem znalezienia celu bezpośrednio na przewodzie tej sieci (rys. 10). Drgania wywołane przejazdem taboru w pobliżu powodują zejście punktu promienia lasera z obranego celu.

5. Wielu wad i problemów autor dopatruje się w oprogramowaniu Skrajnia Raport – Międzytorze, Trakcja i Skrajnia. Mimo że od wdrożenia systemu LaserTEC-1435 i aplikacji Skrajnia Raport ver. 1.2.0.8. (a wcześniej 1.2.0.3) minęło już ponad 5 lat, oprogramowanie to nadal ma wady. Najważniejsze z nich to:

- brak możliwości uzyskania wydruku arkuszy inwentaryzacyjnych skrajni w skali (producent dopuszcza takie opracowanie tylko dla trakcji i międzytorza),

- brak możliwości dokonywania analizy pomiarów skrajni, międzytorza, trakcji w funkcji czasu, czyli nakładania na siebie poszczególnych warstw,

- brak możliwości dokonywania konwersji plików skrajni, międzytorza i trak-

cji do programów związanych z technikami CAD-owskimi,

- brak możliwości eksportu i importu danych pomiarowych do i z plików tekstowych,

- problemy z tabelarycznym wydrukiem (raportem zbiorczym parametrów) zarówno istniejącej, jak i z analizowanej skrajni, który jest nieczytelny.

- wadliwość identyfikacji lokalizacji obiektu; zdarzały się przypadki, że zlokalizowany obiekt w rzeczywistości znajdował się po przeciwnej stronie osi toru, niż wskazywało to oprogramowanie; w związku z czym tymczasowo, do momentu wyjaśnienia usterki, odblokowano zamianę obiektu $L = L$ lub $L = P$ w aplikacji Skrajnia z lewej strony do prawej i odwrotnie (rys. 8),

- zamiana powyższa działa tylko w aplikacji Skrajnia, ale nie ma jej w Międzytorzu, w którym występuje identyczna usterka,

- nie działa funkcja opracowania wyników pomiarów w układzie geodezyjnym,

- brak możliwości opracowania i analizy skrajni peronów w postaci wykresu liniowego.

ARKADIUSZ KAMPCZYK

(doktorant na Wydziale Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska

Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie,

Zespół Głównego Inżyniera ds. Nawierzchni i Podtorza PKP PLK S.A. w Tarnowskich Górach)

RECENZENT DR HAB. INŻ. EDWARD PREWEDA

(prof. n. Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie)

Literatura:

- [1] Id-1 (D-1) Warunki techniczne utrzymania nawierzchni na liniach kolejowych, Warszawa 2005 r.;
- [2] Id-14 (D-75) Instrukcja o dokonywaniu pomiarów, badań i oceny stanu torów, Warszawa 2005 r.;
- [3] D-19 Instrukcja o organizacji i wykonywaniu pomiarów w geodezji kolejowej, Warszawa 2000 r.;
- [4] Materiały z Fraunhofer Institut für physikalische Messtechnik, Freiburg 2010;
- [5] Lenz H. Kinematische Erfassung des lichten Raumes bei der Deutschen Bahn AG, Der Eisenbahningenieur nr (57) 4/2006;
- [6] Kampczyk A., Strach M., Technika – laserowe skanowanie tunelu kolejowego, dokument elektroniczny, portal internetowy Kolejowa Oficyna Wydawnicza Sp. z o.o. KOW, Warszawa 2010;
- [7] Kampczyk A., Pomiary inwentaryzacyjne geometrii torów kolejowych z zastosowaniem zautomatyzowanych systemów pomiarowych, Przegląd Komunikacyjny, marzec, SiTK RP, Warszawa 2009;
- [8] Iet-2 (Et-2) Instrukcja utrzymania sieci trakcyjnej, Warszawa 2004 r.;
- [9] Instrukcja obsługi toromierza LaserTEC-1435 wyposażonego w dalmierz laserowy, PUT GRAW – Laserowe Systemy Pomiarowe, Gliwice 2004.