

Klasyfikacja i analiza elementów utrzymania infrastruktury kolejowej w celu minimalizacji kosztów

Anna BUTOR¹, Krzysztof LABISZ², Michał BATKO³, Tomasz OKAMFER⁴

Streszczenie

Utrzymanie infrastruktury kolejowej w stanie zapewniającym bezpieczny ruch kolejowy jest podstawowym obowiązkiem zarządców infrastruktury kolejowej wynikającym z ustawy o transporcie kolejowym. Elementy infrastruktury kolejowej są poddane trudnym warunkom atmosferycznym, a także zmieniającym się obciążeniom dynamicznym wynikającym z eksploatacji danej części infrastruktury. Brak właściwego utrzymania torów niekorzystnie wpływa na ich eksploatację, powodując: obniżenie dopuszczalnej prędkości jazdy, zmniejszenie spokojności jazdy, spadek bezpieczeństwa prowadzenia ruchu kolejowego, wzrost degradacji kruszywa i podtorza kolejowego oraz zwiększony wpływ oddziaływań dynamicznych na otaczającą zabudowę. Niniejszy artykuł przedstawia analizę zadań utrzymaniowych wykonywanych w pięciu różnych lokalizacjach. Na potrzeby artykułu, w latach 2016–2018 zebrano dane z odcinków toru długości 100 km, przygotowane w dziennych raportach wykonywanych przez wykwalifikowanych torowców zarządzających brygadami utrzymaniowymi. Celem artykułu jest przedstawienie wyników zebranych danych, analiza najczęściej występujących zadań utrzymaniowych, ustalenie przyczyn źródłowych powodujących konieczność wykonywania danych zadań oraz zaproponowanie środków zaradczych. Celem badań było uzyskanie konkurencyjności rynkowej przez minimalizację kosztów, ponieważ wykonywanie obowiązków związanych z utrzymaniem infrastruktury kolejowej charakteryzuje się bardzo wysokim kosztem związanym z dużym nakładem pracy, technologią naprawy, koniecznością użycia wyspecjalizowanego sprzętu, a także z czasowym wyłączeniem fragmentu linii z ruchu. Badania przeprowadzono w firmie będącej zarządcą infrastruktury kolejowej.

Słowa kluczowe: utrzymanie, infrastruktura kolejowa, zarządca infrastruktury kolejowej, minimalizacja kosztów

1. Opis i charakterystyka obszaru badawczego

Zarządca infrastruktury jest podmiotem odpowiedzialnym za zarządzanie infrastrukturą kolejową lub, w przypadku budowy nowej infrastruktury, podmiotem, który przystąpił do jej budowy w charakterze inwestora. Zadania zarządcy infrastruktury mogą wykonywać różne podmioty [16] i zgodnie z art. 5, ust. 1 ustawy o transporcie kolejowym do zadań zarządcy infrastruktury, należy:

- 1) zarządzanie infrastrukturą kolejową polegające na:
 - nadawaniu drodze kolejowej statusu linii kolejowej przez określenie: elementów infrastruktury kolejowej wchodzących w jej skład, jej punktu początkowego oraz końcowego, stacji kolejowej

wchodzących w jej skład, odcinków, na jakie jest podzielona, jej numeru,

- nadawaniu drodze kolejowej statusu bocznic kolejowej przez określenie jej punktu początkowego i końcowego,
 - znoszeniu statusu linii kolejowej i bocznic kolejowej,
 - określaniu elementów infrastruktury kolejowej, które stanowią infrastrukturę prywatną lub nieczynną,
 - udostępnianiu dróg kolejowych, świadczeniu usług z tym związanych i pobieraniu z tego tytułu opłat,
 - prowadzeniu ruchu kolejowego;
- 2) utrzymywanie infrastruktury kolejowej w stanie zapewniającym bezpieczny ruch kolejowy, w tym nadzór nad funkcjonowaniem:

¹ Mgr inż.; Politechnika Śląska, Wydział Transportu; e-mail: butorania@poczta.fm.

² Dr hab. inż., Prof. PŚ; Politechnika Śląska, Wydział Transportu; e-mail: Krzysztof.labisz@polsl.pl.

³ Mgr; Politechnika Śląska, Wydział Transportu.

⁴ Student; Politechnika Śląska, Wydział Transportu; e-mail: tokamfer@gmail.com.

- urządzeń sterowania ruchem kolejowym,
- przytorowych urządzeń kontroli bezpiecznej jazdy pociągów,
- zarządzaniem nieruchomościami będącymi elementem infrastruktury kolejowej,
- budową, rozwojem i modernizacją sieci kolejowej [16].

W zawiązku z tym, utrzymanie infrastruktury kolejowej w stanie zapewniającym bezpieczny ruch kolejowy jest podstawowym obowiązkiem zarządców infrastruktury kolejowej wynikającym z ustawy o transporcie kolejowym [16]. Elementy infrastruktury kolejowej poddane są trudnym warunkom atmosferycznym, a także zmieniającym się obciążeniom dynamicznym wynikającym z eksploatacji danej części infrastruktury. Brak właściwego utrzymania torów niekorzystnie wpływa na ich eksploatację powodując:

- obniżenie dopuszczalnej prędkości jazdy,
- zmniejszenie spokojności jazdy,
- spadek bezpieczeństwa prowadzenia ruchu kolejowego,
- wzrost degradacji kruszywa oraz podtorza kolejowego,
- zwiększony wpływ oddziaływań dynamicznych na otaczającą zabudowę.

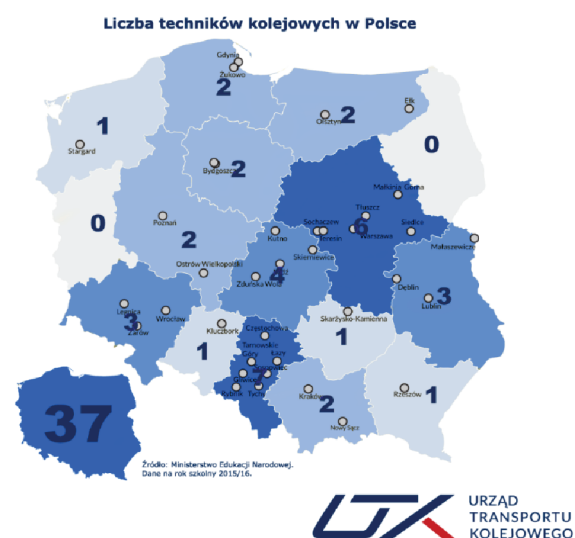
Utrzymanie infrastruktury kolejowej zasadniczo można podzielić na dwie składowe:

- 1) naprawy planowane, wynikające z okresu eksploatacji danego elementu; zaliczają się do nich między innymi: planowana wymiana podkładów, remont toru,
- 2) naprawy bieżące: usterki wykryte podczas obchodów i przeglądów, są to między innymi: pęknięty łubek lub szyna, brak śrub lub elementów przytwierdzenia szyn, konieczność wymiany pojedynczego podkładu.

Wykonywanie obowiązków wynikających z utrzymania infrastruktury kolejowej charakteryzuje się bardzo wysokim kosztem związanym z dużym nakładem pracy, technologią naprawy, koniecznością użycia wyspecjalizowanego sprzętu, a także z czasowym wyłączeniem fragmentu linii z ruchu. Konieczność wykorzystania wykwalifikowanych pracowników ze stosownymi uprawnieniami do okresowych obchodów i nadzoru nad wszelkimi pracami na terenie kolejowym, jest kolejnym elementem generującym wysokie koszty utrzymania [4]. Innym ważnym aspektem jest ciągły wzrost średniego wieku kadry pracowniczej w branży kolejowej, rosnące płace oraz brak wykwalifikowanych młodych pracowników.

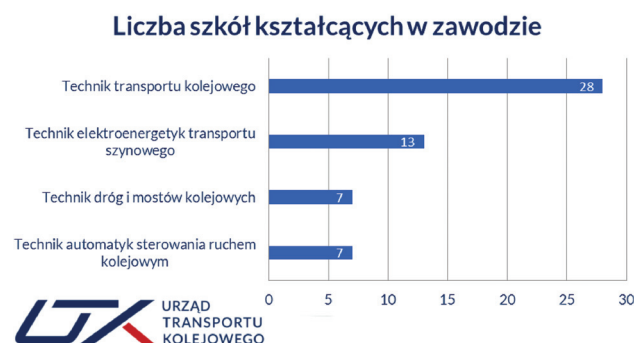
Spadek liczby wykwalifikowanych pracowników zajmujących się utrzymaniem nawierzchni kolejowych jest także spowodowany zmniejszeniem liczby

szkół zawodowych i techników o profilu kolejowym. Jak pokazują dane przedstawione przez Urząd Transportu Kolejowego, w Polsce jest obecnie 37 techników kolejowych. Na rysunku 1 przedstawiono schemat rozmieszczenia szkół technicznych zajmujących się kształceniem kadry na potrzeby transportu kolejowego.



Rys. 1. Schemat rozmieszczenia szkół technicznych zajmujących się kształceniem kadry na potrzeby transportu kolejowego [17]

Z rysunku 1 wynika, że z 37 szkół, zaledwie 7 szkół zajmuje się tematyką infrastruktury kolejowej. Dane te wyraźnie obrazują przyczynę narastającego problemu kadrowego przedsiębiorstw branży kolejowej. W ciągu ostatnich lat sytuacja ulega stopniowej poprawie, gdyż większość szkół została objęta patronatem i prowadzi ścisłą współpracę z największym zarządcą infrastruktury w Polsce – PKP Polskimi Liniami Kolejowymi S.A. Potencjalni kandydaci są kształceni zgodnie z wymogami i potrzebami zarządcy, a ich wiedza i umiejętności zdobywane są w miejscach realizacji remontów, budów i wszelkich inwestycji infrastrukturalnych na polskiej sieci kolejowej [17]. Na rysunku 2 przedstawiono liczbę szkół kolejowych z podziałem na poszczególne specjalizacje.



Rys. 2. Liczba szkół kolejowych z podziałem na poszczególne specjalizacje [17]

Ze względu na szybki rozwój technologii powstają nowatorskie rozwiązania, dzięki którym można minimalizować koszty, zwiększać jakość i ograniczać udział człowieka w poszczególnych zadaniach, co wydaje się być przyszłościowym rozwiązaniem dla branży kolejowej.

W analizie przeprowadzonej w artykule, zbadano torry o łącznej długości 100 km, na utrzymanie których poświęcono w ciągu roku 59 171 godzin.

2. Metodyka przeprowadzonych badań

Według stanu na dzień 31 grudnia 2017 roku [15], PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. jako zarządca infrastruktury, w codziennej eksploatacji wykorzystuje:

- 18 513 km linii kolejowych, obejmujących 35 967 km torów (27 120 km torów szlakowych i głównych zasadniczych na stacjach oraz 8847 km torów stacyjnych),
- 39 482 rozjazdów (17 950 rozjazdów w torach szlakowych i głównych zasadniczych oraz 21 532 rozjazdów w torach stacyjnych),
- 14 442 skrzyżowań w poziomie szyn, z tego 12 354 na liniach eksploatowanych (w tym: 2392 przejazdów kolejowo-drogowych kategorii A, 1192 kategorii B, 1386 kategorii C, 6343 kategorii D, 562 kategorii F, 479 przejść dla pieszych kategorii E),
- 25 324 obiektów inżynierskich (w tym 6 375 mostów i wiaduktów),
- 5823 budynków,
- 14 108 budowli.

Dodatkowo, na rynku działa dziewięciu zarządców małych obiektów udostępniających swoją infrastrukturę oraz trzech zarządców infrastruktury prywatnej [18].

Zarządcy infrastruktury ogólnodostępnej:

1. CARGOTOR Spółka z o.o. – 170 km torów;
2. EUROTHERMAL SŁAWKÓW Spółka z o.o. – 24,256 km torów o rozstawie normalnym oraz 17,521 km torów o rozstawie szerokim;
3. Infra SILESIA S.A. – 162,5 km torów;
4. Jastrzębska Spółka Kolejowa Spółka z o.o. – 149 km torów;
5. PMT Linie Kolejowe Spółka z o.o. – 2,299 km torów;
6. PKP Szybka Kolej Miejska w Trójmieście Spółka z o.o. – 32,400 km torów;
7. Pomorska Kolej Metropolitalna S.A. – 19 km torów;
8. Warszawska Kolej Dojazdowa Spółka z o.o. – 38,921 km torów;
9. Województwo Dolnośląskie, Dolnośląska Służba Dróg i Kolei we Wrocławiu – 38,555 km torów.

Zarządcy infrastruktury prywatnej:

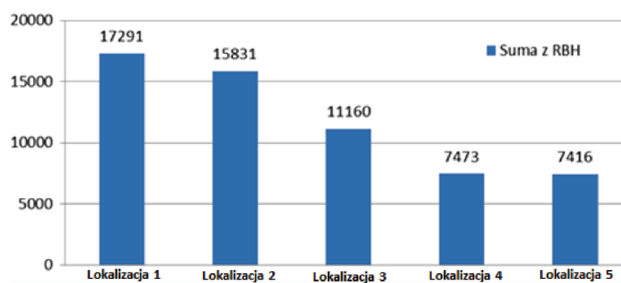
1. CEMET S.A.;
2. PGE Górnictwo i Energetyka Konwencjonalna S.A. – Oddział Elektrownia Opole;

3. Polska Grupa Górnicza S.A. – Oddział KWK Mysłowice – Wesola.

3. Analiza wyników przeprowadzonych badań

Badania przeprowadzone w latach 2016–2018 wykonano na podstawie codziennych raportów kolejowych sporządzanych przez wykwalifikowanych torowców pełniących obowiązki na stacjach kolejowych. Do badań, o łącznej długości torów 100 km, zakwalifikowano 1 stację kolejową oraz 4 bocznicę usytuowane na terenie województwa śląskiego. Obiekty objęte badaniami i wyszczególnione w artykule są średniej i małej wielkości. Przeznaczone są do naładunku na wagony węgla i urobku z kopalni. Stacje znajdują się na liniach miejscowego znaczenia, a dopuszczalna prędkość pociągów nie przekraczała 40 km/h. W raportach uwzględniono codzienne czynności z wykazem liczby roboczogodzin, które wykonuje torowca wraz z grupą pracowników.

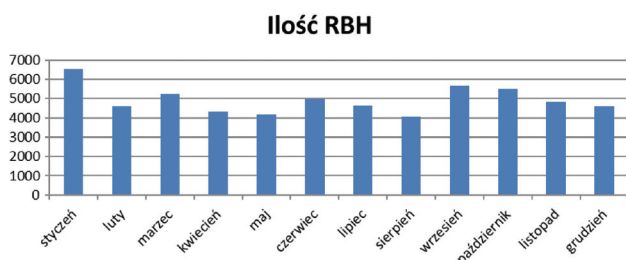
W ciągu roku z każdej lokalizacji zebrano łącznie 260 raportów, co łącznie dało próbkę około 4000 dziennych raportów. Na podstawie tych raportów stworzono roczny wykaz zadań wraz z wypisaną liczbą godzin, jaką w ciągu roku pracownicy przeznaczali na konkretny rodzaj pełnionych obowiązków. Następnie, zgodnie z zasadą Pareto, według której 20% zadań generuje 80% kosztów, sporządzono odpowiednie tablice, wykresy i analizy. Na podstawie otrzymanych danych wyszczególniono możliwości redukcji kosztów utrzymania infrastruktury kolejowej. Na rysunkach 3 i 4 przedstawiono liczbę RBH (roboczogodzin) przeznaczonych na utrzymanie infrastruktury w poszczególnych lokalizacjach i miesiącach.



Rys. 3. Wykres przedstawiający liczbę RBH przeznaczonych na utrzymanie infrastruktury w poszczególnych lokalizacjach [opracowanie własne]

Liczba przepracowanych roboczogodzin (RBH) jest ściśle związana z liczbą torów oraz rozjazdów znajdujących się na danej stacji kolejowej, a także z czynnościami, które w danym czasie były wykonywane. Przykładowo, naprawa główna związana z wy-

eksploatowanym odcinkiem toru na mniejszej stacji może pochłonąć znacząco większą liczbę godzin, niż prowadzenie bieżącego utrzymania na większym obiekcie. W związku z tym, w bieżącej analizie danych wykluczono modernizację, co umożliwi miarodajne porównanie danych związanych wyłącznie z zadaniami utrzymaniowymi.



Rys. 4. Wykres przedstawiający sumę godzin w roku na wszystkich badanych obiektach w podziale na poszczególne miesiące [opracowanie własne]

Ze względu na strefę klimatyczną, w jakiej znajdują się badane obiekty, utrzymanie infrastruktury kolejowej jest ściśle związane z warunkami atmosferycznymi. Zimą, gdy temperatura spada poniżej 0°C, bardzo

istotne jest dobre zabezpieczenie toru i rozjazdów przed działaniem śniegu i mrozu, w pozostałych porach roku można wykonywać wszystkie prace remontowe.

4. Analiza najczęściej pojawiających się zadań utrzymaniowych

Utrzymanie infrastruktury kolejowej charakteryzuje się powtarzalnym wykonywaniem tych samych czynności wynikających z jej eksploatacji. Na potrzeby przeprowadzanych badań podjęto decyzję o pogrupowaniu poszczególnych czynności w celu ich klasyfikacji. Sklasyfikowanie poszczególnych zadań umożliwia określenie czasochłonności oraz nakładów finansowych, jakie w ciągu roku firma powinna na nie przeznaczyć. Przeprowadzone badania umożliwiły wyszczególnienie 20 najczęściej pojawiających się zadań, które zestawiono w tablicy 1.

Z analizowanych czynności przedstawionych w tablicy 1 wynika, że 20% zadań zajęło 49 454 roboczo-godzin, co przekłada się na 85% wszystkich RBH poświęconych na utrzymanie infrastruktury w roku.

Tablica 1

Zestawienie 20 zadań utrzymaniowych generujących 85% kosztów pracy [opracowanie własne]

	Nazwa zadania	Suma RBH/Rok	Udział procentowy [%]	Wartość skumulowana [%]
1	Obchód	6396	11	11
2	Akcja zima	5043	9	20
3	Dokręcanie / wymiana śrub / wkrętów	4774	8	28
4	Wymiana podkładów	3981	7	35
5	Czyszczenie	3980	7	41
6	Inne	3265	6	47
7	Transport	2678	5	52
8	Wybieranie podsypki	2656	5	56
9	Prace budowlano-porządkowe	2578	4	61
10	Miarkowanie luzów	2399	4	65
11	Remont toru	2217	4	68
12	Wymiana łubków	1373	2	71
13	Nadzór	1285	2	73
14	Pomiar kontrolny / badanie techniczne rozjazdów	1187	2	75
15	Usuwanie usterki	1143	2	77
16	Wycinanie / wykaszanie	999	2	79
17	Podbijanie	919	2	80
18	Obsypanie tłuczniem	883	2	82
19	Wymiana podroziejednic	877	2	83
20	Regulacja zamknięć nastawczych	825	1	85

W zarządzaniu jakością, największą popularnością cieszy się analiza Pareto, z diagramem Pareto-Lorenza uznawanym za jedno z najczęściej wykorzystywanych tradycyjnych narzędzi jakości do podnoszenia poziomu jakości wyrobów i doskonalenia procesów [10].

Oddziaływanie analizy Pareto na jakość produktów występuje głównie przez analizę częstości i istotności występowania niezgodności, eliminację problemów jakościowych występujących najczęściej w przedsiębiorstwie oraz eliminację problemów jakościowych generujących największe koszty.

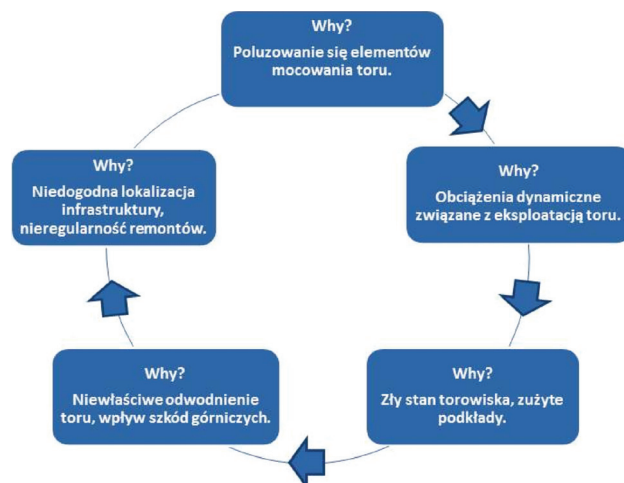
Zastosowanie analizy Pareto umożliwia podjęcie działań korygujących i zapobiegawczych dla wąskiej grupy zidentyfikowanych przyczyn, które w największym stopniu przełożą się na eliminację błędów i poprawę poziomu jakości. Oznacza to, iż analiza ta umożliwia wskazanie kierunków działań na niewielką skalę i bez ponoszenia dodatkowych, dużych kosztów, które będą oddziaływać na najistotniejsze zagadnienia i dzięki temu przyczynia się do uzyskania maksymalnych efektów (przez wpływ na najczęściej powtarzające się problemy lub problemy generujące największe koszty) [9].

Spośród 20 wyodrębnionych zadań, zespół ekspertów wyodrębnił 3 zadania aby móc poddać je dalszym analizom. Do wyodrębnionych zadań należy: konieczność dokręcania śrub i pierścieni, wymiana łubków oraz wykonywanie obchodów i pomiarów kontrolnych. Łącznie, wybrane elementy utrzymania infrastruktury kolejowej zajmują 23% czasu poświęcanego na coroczne utrzymanie infrastruktury. Przeprowadzono badania dla wymienionych zadań w celu znalezienia przyczyn źródłowych stojących za koniecznością wykonywania tych zadań (5 × dlaczego?, 5 why?, Diagram Ishikawy) lub zaproponowano nowoczesne technologie w celu optymalizacji wykonywanych procesów.

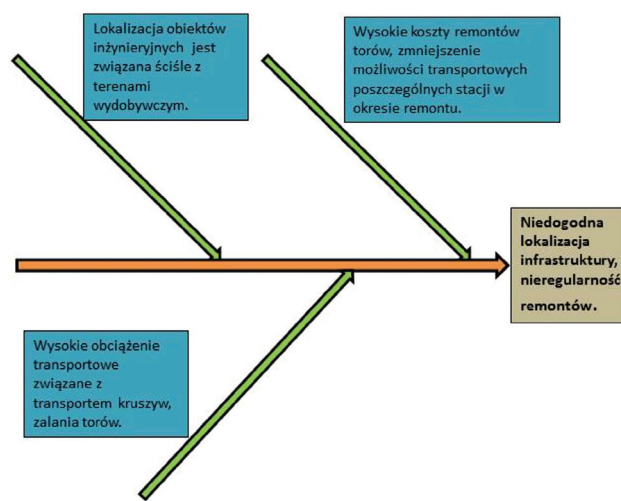
4.1. Konieczność dokręcania śrub i pierścieni

Konieczność dokręcenia / wymiany śrub, wkrętów, pierścieni sprężystych jest jednym z podstawowych czynności należących do grup utrzymaniowych na danym obszarze. Jej czasochłonność jest związana z dużą liczbą przytwierdzeń torowych, z koniecznością okresowej kontroli kompletności mocowań i dokręcenia, a także z transportem specjalnego sprzętu na miejsce robót (np. zakrętarka). Z przeprowadzonej analizy wynika, że to zadanie zajmuje 4774 roboczogodzin rocznie na badanych 100 km torów. Roczny koszt dokręcania i wymiany elementów przytwierdzeń toru na badanych lokalizacjach szacuje się na około 300 000 zł z uwzględnieniem kosztów robocizny, materiałów, użytego sprzętu lub środków transportu [12]. Na rysunku 5 przedstawiono graf obrazujący zastosowanie metody 5 why?, a na

rysunku 6 diagram Ishikawy obrazujący przyczyny źródłowe.



Rys. 5. Graf obrazujący zastosowanie metody 5 why? w stosunku do problematyki dokręcenia/wymiany śrub, wkrętów, pierścieni sprężystych [opracowanie własne]



Rys. 6. Diagram Ishikawy obrazujący przyczyny źródłowe konieczności dokręcenia / wymiany śrub, wkrętów, pierścieni sprężystych [opracowanie własne]

4.2. Wymiana łubków

Pęknięte łubki są jedną z najczęstszych usterek toru kolejowego, a wymienianie ich na bieżąco jest jednym z najważniejszych czynności grupy utrzymaniowej, ponieważ mają one bezpośredni wpływ na bezpieczeństwo ruchu kolejowego. Łubki są elementami złączy szynowych klasycznych. Łubki są dobierane do odpowiedniego rodzaju szyny oraz typu złącza. Nakład pracy poświęcony na ich wymianę na badanych lokalizacjach wynosił 1373 roboczogodzin. Koszty związane z tą czynnością szacowane są na około 100 000 zł, rysunki 7, 8.

pomiar torowych urządzeń oddziaływania po ciągu (pomiar elektromagnesów SHP). Wszystkie systemy są automatycznie zsynchronizowane z systemem lokalizacji, pojazd z napędem własnym osiąga prędkość eksploatacyjną 120 km/h z zachowaniem funkcji pomiarowych dla tej prędkości [23].

5. Podsumowanie i wnioski

Wyniki przeprowadzonych badań przedstawiają skalę kosztów utrzymania infrastruktury kolejowej dla przykładowego zarządcy infrastruktury. Dla 100 km badanych torów, średnie roczne koszty utrzymania infrastruktury kolejowej plasują się w wysokości 3,5–3,7 mln zł. Średnia roczna liczba roboczogodzin przeznaczonych na zadania związane z utrzymaniem infrastruktury na 100 km torów była równa 59 171. Z przeprowadzonej analizy Pareto-Lorenza wynika, że 20% zadań wykonywanych przez brygady utrzymaniowe generuje rocznie 49 454 roboczogodzin, co daje 85% całkowitej rocznej liczby roboczogodzin.

Przeprowadzone badania umożliwiły zebranie danych, które posłużyły do analizy i wyodrębnienia 20 najczęściej wykonywanych zadań utrzymaniowych. Zespół ekspertów wybrał 4 zadania, które poddał dalszej analizie. Dzięki zastosowaniu metody $5 \times$ dlaczego? oraz Diagramu Ishikawy, zarządca infrastruktury kolejowej zwiększył świadomość przyczyn źródłowych stojących za koniecznością wykonywania wymienionych zadań. Kolejnym krokiem jest znalezienie środków zaradczych dla każdej przyczyny źródłowej, co nie było tematem niniejszego artykułu.

Zaproponowano dostępne nowoczesne technologie mogące usprawnić zarówno proces obchodów torów, jak i pomiarów infrastruktury kolejowej. Z całą pewnością można stwierdzić, iż wymienione urządzenia pomiarowe będą z czasem stopniowo wypierały tradycyjne metody pomiarowe. Obecnie koszt tego typu urządzeń jest bardzo znaczący, ale wraz z dalszym rozwojem technologii oraz wzrostem popularności, ich cena będzie stopniowo maleć. Istotnym aspektem jest także dostosowanie przepisów do możliwości ich samodzielnego wykorzystania i nadzoru nad danym elementem infrastruktury. Biorąc pod uwagę realną skalę ich wykorzystania, można założyć, że ich wykorzystanie znacząco obniży koszty przeznaczane na utrzymanie infrastruktury kolejowej.

Literatura

1. Bałuch H., Bałuch M.: *Determinanty prędkości pociągów – układ geometryczny i wady toru*, Instytut Kolejnictwa, Warszawa, 2010.

2. Bałuch H., Bałuch M.: *Eksploatacyjne metody zwiększania trwałości rozjazdów kolejowych*, Centrum Naukowo-Techniczne Kolejnictwa, Warszawa, 2009.
3. Bałuch H.: *Metoda określania kosztów eksploatacji dróg kolejowych*, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej seria: Transport 47, 2003, nr 1586.
4. Bałuch H.: *Wpływ jakości robót na trwałość nawierzchni kolejowej*, Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna „Technologie modernizacji i utrzymania linii kolejowych – 50 lat doświadczeń”, Wrocław, 3–4 czerwca 2004.
5. Błaszczewicz D., Chudyba Ł.: *Diagnostyka stanu nawierzchni kolejowej na przykładzie linii CMK w torze nr 1, km 170 + 850 do 174 + 050*, Instytut Logistyki i Magazynowania, Logistyka, 2014, nr 6.
6. EN-13848-5, Railway applications – Track – Track geometry quality.
7. Helfenberger R.: *Geometric quality levels*, March 2008.10. ZEVrail 2016, No. 5.
8. Instrukcja o dozowaniu linii kolejowych Id-7 (D-10).
9. Jasica G., Heinrich M.: *Statystyczna kontrola jakości z zastosowaniem analizy Pareto-Lorenza na walcowni zimnej blach*, Problemy Eksploatacji, 2008, nr 3, pp. 153–164.
10. Knights P.: *Rethinking Pareto analysis: maintenance applications of logarithmic scatterplots*, Journal of Quality in Maintenance Engineering 2001, 7, pp. 252–263.
11. Kowalczewski W., Matwiejczuk W. (red.): *Kierunki i metody zarządzania przedsiębiorstwem*, Difin, Warszawa, 2007.
12. Liden T.: *Railway infrastructure maintenance – a survey of planning problems and conducted research*, Transportation Research Procedia, ELSE-VIER 2015
13. Madej L., Gołąbek P.: *Przetwarzanie danych w Centrum Diagnostyki PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. – nowe inicjatywy*, Zeszyty Naukowo-Techniczne SITK RP, Oddział w Krakowie, seria: Materiały Konferencyjne, 2018, nr 1(115), s. 59–73.
14. Patra A.P.: *Maintenance decision support model for railway structure using RAMS and LCC analyses*, Luleå University of Technology, 2008 International Journal of Railway Technology 2012, No. 3.
15. Raport roczny Polskie Linie Kolejowe S.A. za 2017 rok, dostępny na WWW <https://bip.plk-sa.pl/bip/raport-roczny/> [dostęp 24.09.2018].
16. Ustawa z dnia 28 marca 2003 r. o transporcie kolejowym, Dz.U. z 2009 r., poz. 710 z późn. zm.

Źródła Internetowe

17. <https://www.utk.gov.pl/pl/aktualnosci/12872,Kolej-to-nie-tylko-maszynisci-prawie-40-szkol-technicznych-kształci-na-kierunkac.html> [dostęp 03.06.2019 r.].

-
18. <https://www.plk-sa.pl/dla-klientow-i-kontrahentow/wspolpraca-zarzadcow/krajowi-zarzadcy/> [dostęp 03.06.2019 r.].
 19. https://ariesrail.com.au/wp-content/uploads/2016/10/a0cf101a-0e6f-b752-4bc7-56b55af0cc7c_0.jpg [dostęp 04.06.2019 r.].
 20. https://rail-pod.com/wp-content/uploads/2018/09/Goose_Track-706x494.jpg [dostęp 03.06.2019 r.].
 21. <https://info.dron.pl/wp-content/uploads/2014/11/drony-w-pkp-cargo.jpg> [dostęp 07.06.2019 r.].
 22. <http://www.graw.com> [dostęp 07.06.2019 r.].
 23. <https://www.rynek-kolejowy.pl> [dostęp 07.06.2019 r.].