

KONCEPCJA ZWIĘKSZENIA BEZPIECZEŃSTWA NA PRZEJAZDACH KOLEJOWO-DROGOWYCH W POLSCE

Krystian **Stąpór**¹, Mieczysław **Kornaszewski**²

¹Uniwersytet Radomski im. K. Pułaskiego, Wydział Transportu, Elektrotechniki i Informatyki, Malczewskiego 29, 26-600 Radom, Polska, kierunek studiów Transport i Logistyka, student 4 roku studiów inżynierskich

²Uniwersytet Radomski im. K. Pułaskiego, Wydział Transportu, Elektrotechniki i Informatyki, Malczewskiego 29, 26-600 Radom, Polska

Streszczenie – Artykuł obejmuje problematykę bezpieczeństwa na przejazdach kolejowo-drogowych w Polsce. Przedstawiono w nim charakterystykę zabezpieczeń stosowanych na jednopoziomowych skrzyżowaniach dróg kołowych z torami kolejowymi. Zawarto aktualne dane dotyczące wypadków kolejowych, poddano analizie kategorie oraz wybrane systemy zabezpieczeń instalowane na przejazdach kolejowo-drogowych w Polsce. Efektem końcowym publikacji jest autorska koncepcja zwiększenia bezpieczeństwa na przejazdach kolejowo-drogowych oparta na zastosowaniu nowych rozwiązań technicznych, takich jak kamery LiDAR, skaniny laserowe i dodatkowa sygnalizacja świetlna. Zaproponowane rozwiązanie ma na celu wspieranie maszynisty podczas dojazdu taboru szynowego do przejazdu.

Słowa kluczowe – przejazd kolejowo-drogowy, bezpieczeństwo, wypadki kolejowe, system RED Light, kamery LiDAR

WSTĘP

W Polsce istnieje aktualnie ponad 12000 czynnych przejazdów kolejowo-drogowych różnych kategorii. Większość z nich jest zabezpieczona dzięki zastosowaniu systemów przejazdowych, które pozwalają na odpowiednie sterowanie działaniem urządzeń zabezpieczenia ruchu na tych skrzyżowaniach. Są to jednak miejsca, które są jednymi z najbardziej newralgicznych miejsc w systemie kolejowym pod względem bezpieczeństwa. W związku z tym z roku na rok ich liczba sukcesywnie się zmniejsza m.in. z powodu budowy tuneli lub wiaduktów drogowych, tj. skrzyżowań dwupoziomowych. Takie inwestycje zapewniają brak kolizji, jednak są bardzo kosztowne i trwają średnio ponad 2 lata. Wobec szybko rozwijających się technologii skaningu laserowego i kamer LiDAR ze światłem laserowym autorzy proponują wykorzystanie ich na przejazdach kolejowo-drogowych w Polsce celem zwiększenia bezpieczeństwa. Ultraszybkie kamery LiDAR są już na wyposażeniu m.in. pociągów autonomicznych poruszających się w Niemczech i Australii.

I. CHARAKTERYSTYKA PRZEJAZDÓW KOLEJOWO-DROGOWYCH STOSOWANYCH W POLSCE

W dniu 1 października 2001 roku została powołana Spółka skarbu państwa PKP Polskie Linie Kolejowe S.A., która jest głównym Zarządcą infrastruktury w Polsce. Spółka ta realizuje podstawowe cele, do których należą m.in. utrzymanie linii kolejowych wraz z elementami infrastruktury inżynierskiej np. mostów, wiaduktów, modernizacja istniejącej infrastruktury kolejowej oraz

budowa nowych linii kolejowych. Ponadto Zarządca infrastruktury ustala stawki eksploatacji linii kolejowych zarówno dla pociągów pasażerskich, jak i towarowych. Z podanych na stronie Zarządcy na dzień 31.12.2023 r. wynika, że utrzymuje oraz eksploatuje 11603 przejazdów kolejowo-drogowych, które są położone na 18806 km eksploatowanych linii kolejowych [1].

Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 20 października 2015 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać skrzyżowania linii kolejowych oraz bocznic kolejowych z drogami i ich usytuowanie (Dz.U. 2020 poz. 710, z późn. zm.), w Polsce wyodrębnia się następujące kategorie przejazdów oraz przejść kolejowo-drogowych [2, 3]:

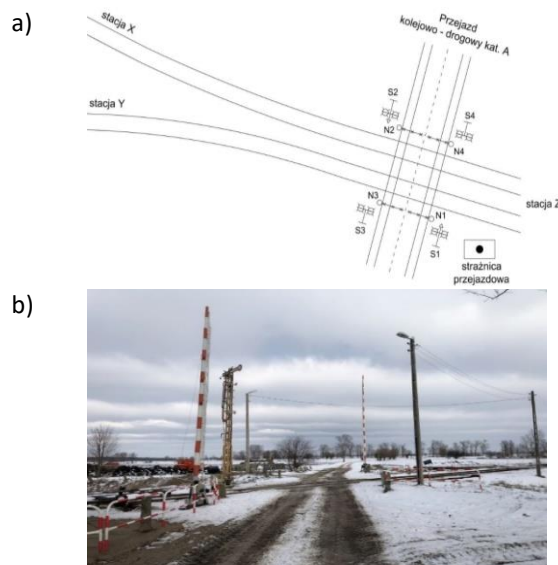
- kategoria A to przejazdy kolejowo-drogowe, na których ruch drogowy jest kierowany:
 - przez uprawnionych pracowników zarządcy kolei lub przewoźnika kolejowego, posiadających wymagane kwalifikacje,
 - przy pomocy sygnałów ręcznych lub urządzeń przejazdowych wyposażonych w rogatki zamykające całą szerokość jezdni oraz w sygnalizatory świetlne;
- kategoria B to przejazdy kolejowo-drogowe, na których ruch drogowy jest kierowany przy pomocy samoczynnych systemów przejazdowych, wyposażonych w sygnalizatory świetlne i rogatki zamykające ruch drogowy w kierunku:
 - wjazdu na przejazd,
 - wjazdu na przejazd i zjazdu z przejazdu;
- kategoria C to przejazdy kolejowo-drogowe, na których ruch drogowy jest kierowany:
 - przy pomocy samoczynnych systemów

- przejazdowych wyposażonych tylko w sygnalizatory świetlne;
- kategoria D to przejazdy kolejowo-drogowe, które nie są wyposażone w systemy i urządzenia zabezpieczenia ruchu;
 - kategoria E to przejścia przez tory dla pieszych wyposażone w:
 - pólśamoczyste systemy przejazdowe lub samoczyste systemy przejazdowe,
 - kołowrotki, bariery lub labirynty;
 - kategoria F to przejazdy kolejowo-drogowe lub przejścia zlokalizowane na drogach wewnętrznych, wyposażone w rogatek stale zamknięte, otwierane w razie potrzeby przez użytkowników. Przejazdy te mogą być również wyposażane w urządzenia zgodnie z warunkami technicznymi określonymi dla kategorii A albo B

I.1 PRZEJAZDY KOLEJOWO-DROGOWE KATEGORII A

Przejazd kolejowo-drogowy kategorii A jest skrzyżowaniem o najwyższej kategorii, tzn. o największym stopniu bezpieczeństwa, gdzie Elektryczne Zespoły Trakcyjne lub pociągi towarowe/pasażerskie mogą osiągać maksymalną prędkość 160 km/h. Przejazd kolejowo-drogowy zgodnie z informacjami zapisanymi w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 20.10.2015 r. w spraw warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać skrzyżowania linii kolejowych może być eksploatowany na drodze publicznej, która przecina więcej niż trzy tory [2]. Ponadto, przejazd kategorii A może być również eksploatowany na drodze publicznej, która przecina tory i zgodnie z regulaminem technicznym, o którym mowa w przepisach wydanych na podstawie art. 17 ust. 7 ustawy z dnia 28 marca 2003 r. o transporcie kolejowym lub regulaminem pracy bocznicy kolejowej, przejeżdżają staczane lub odrzucane podczas rozrządu wagony. Trzecią możliwością eksploatacji tego typu przejazdu jest sytuacja, gdzie nie są spełnione warunki techniczne określone dla kategorii B, C lub D.

Rys. 1 obrazuje przejazd kolejowo-drogowy kat. A, który jest zbudowany z 4 rogatk (w skład rogatki wchodzi napęd rogatkowy oraz drogę) oznaczonych, jako N1, N2, N3 i N4. Ponadto, przejazd kolejowo-drogowy kat. A posiada 4 sygnalizatory świetlne, spośród których dwa S1 i S2 dodatkowo posiadają sygnał dźwiękowy. W niektórych sytuacjach przejazdy te posiadają również zabudowane w torze czujniki, koła, które ostrzegają o nadjeżdżającym pociągu oraz tarcze ostrzegawcze przejazdowe, urządzenia łączności systemu „Radio-Stop” oraz szafy koderów LEU (urządzenia te umieszczane są w obwodach przytorowych sygnalizatorów świetlnych). Należy również pamiętać, iż przejazdy kolejowo-drogowe kat. A mogą być uzależnione w przebiegach stacyjnych, tzn., że mogą być obsługiwane z odległości.

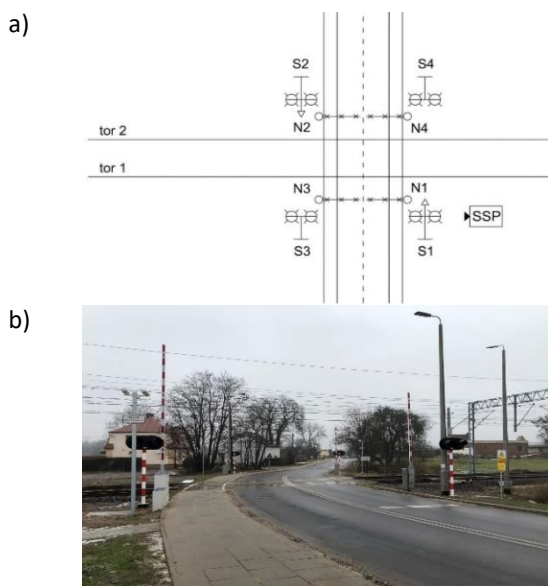


Rys. 1. Przejazd kolejowo-drogowy kat. A [oprac. własne]: a - plan schematyczny; b - zabudowa na linii kolejowej nr 359: Leszno – Zbąszyń

I.2 PRZEJAZDY KOLEJOWO-DROGOWE KATEGORII B

Przejazd kolejowo-drogowy kat. B jest drugim przejazdem ważnym pod kątem bezpieczeństwa oraz zabezpieczenia. Tego typu przejazdy są położone na liniach kolejowych, na których prędkości Elektrycznych Zespołów Trakcyjnych (EZT) lub pociągów towarowych/pasażerskich nie przekraczają 160 km/h. Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 20.10.2015r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać jednopoziomowe skrzyżowania linii kolejowych i drogowych, czynnikiem decydującym o tym, że przejazd należy do kategorii B jest iloczyn ruchu pojazdów drogowych i szynowych w ciągu doby, który powinien być równy lub większy od liczby 150 000 lub przypadek, gdy linia kolejowa lub bocznicza kolejowa krzyżuje się z drogą krajową. Należy również zwrócić uwagę na fakt, że mogą być przejazdy kolejowo-drogowe kat. B zabudowane w miejscu, gdzie przedstawione sytuacje nie są spełnione, ale warunkiem powodującym podniesienie przejazdu kolejowo-drogowego do tej kategorii jest konieczność poprawy bezpieczeństwa ruchu kolejowego krzyżującego się z ruchem drogowym.

Na rys. 2 przedstawiono przejazd kolejowo-drogowy kategorii B. Przejazdy tej kategorii posiadają zbliżoną architekturę urządzeń do kat. A, tj. posiadają 4 po obu stronach drogi lub 2 rogatek, które zamykają jedynie wjazd z drogi kołowej na skrzyżowanie. Rogatki oznaczone są N1, N2, N3 i N4. Przejazd kat. B posiada również 4 sygnalizatory świetlne, gdzie dwa z nich, tj. S1 i S2 posiadają dodatkowo sygnał dźwiękowy [4].



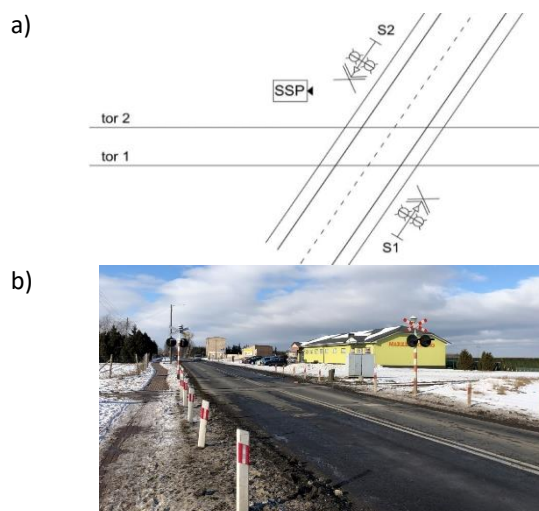
Rys. 2. Przejazd kolejowo-drogowy kat. B [oprac. własne]: a - plan schematyczny; b - zabudowa na linii kolejowej nr 351: Poznań Główny – Szczecin Główny

Przejazd kat. B jest bezobsługowy, tzn. zamykanie rogatki odbywa się po najechaniu przez pociąg na czujnik koła umieszczony przy torach, który wykrywa nadjeżdżający pojazd szynowy i zamyka rogatki oraz załącza sygnalizację świetlną. W celu zwiększenia bezpieczeństwa dla pojazdów szynowych zabudowywane są tarcze ostrzegawcze przejazdowe (TOP), a w przypadku występowania infrastruktury systemu ERTMS/ETCS (Europejski System Zarządzania Ruchem Kolejowym – Europejski System Prowadzenia Ruchu Pociągów) zabudowuje się również szafy koderów LEU [5].

I.3 PRZEJAZDY KOLEJOWO-DROGOWE KATEGORII C

Przejazd kolejowo-drogowy kat. C jest trzecim w kolejności przejazdem pod względem zachowania bezpieczeństwa oraz eksploatacji na sieci PKP PLK S.A. Maksymalna prędkość Elektrycznych Zespołów Trakcyjnych lub pociągów towarowych/pasażerskich przejeżdżających przez tego typu skrzyżowanie może wynosić 140 km/h. Czynnikiem decydującym o podniesieniu przejazdu kolejowo-drogowego do kat. C lub zmiany z kategorii B na C jest wspomniany wcześniej iloczyn ruchu oraz architektura położenia takiego skrzyżowania. Jeżeli iloczyn ruchu jest równy lub większy od liczby 60000 i mniejszy od liczby 150000 lub iloczyn ruchu jest mniejszy od liczby 60000, a widoczność przejazdu nie odpowiada warunkom technicznym określonym dla przejazdu kolejowo-drogowego kat. D. Przejazdy tego typu są zabudowywane w miejscach, gdzie drogi publiczne krzyżują się z liniami kolejowymi lub bocznikami kolejowymi.

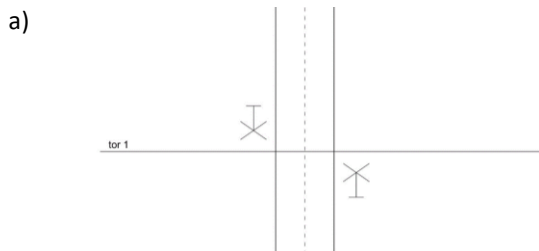
Poniżej przedstawiono architekturę systemu przejazdu kolejowo-drogowego kategorii C (rys. 3). Podobnie, jak w przypadku samoczynnych systemów przejazdowych kat. B, stosuje się sygnalizację optyczno-dźwiękową, dzięki zastosowaniu sygnalizatorów drogowych wraz z urządzeniami akustycznymi oraz detektorów kolejowych (czujników taboru). Różnica polega na tym, iż samoczynny system przejazdowy dla przejazdu kolejowo-drogowego tej kategorii nie jest wyposażony w urządzenia rogatkowe [6]. Występują również wersje przejazdu kolejowo-drogowego kat. C bez sygnalizacji świetlnej oraz dźwiękowej. Wtedy w określonej odległości od przejazdu ustawione są krzyże św. Andrzeja.



Rys. 3. Przejazd kolejowo-drogowy kat. C [oprac. własne]: a - plan schematyczny; b - zabudowa na linii kolejowej nr 371: Wolsztyn – Żagań

I.4 PRZEJAZDY KOLEJOWO-DROGOWE KATEGORII D

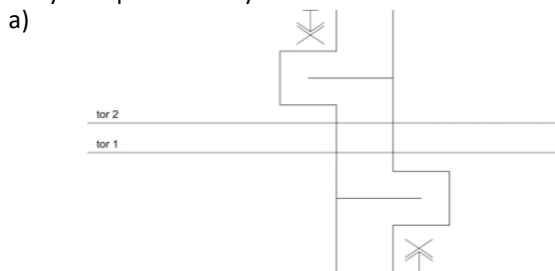
Przejazd kolejowo-drogowy kategorii D jest czwartym w kolejności przejazdem pod względem bezpieczeństwa oraz eksploatacji. Maksymalna prędkość Elektrycznych Zespołów Trakcyjnych lub pociągów towarowych/pasażerskich może wynosić 120 km/h, a w sytuacjach skrajnie niebezpiecznych prędkość pociągu bez względu na warunki widoczności może wynosić maksymalnie 20 km/h. Czynnikiem decydującym o podniesieniu przejazdu kolejowo-drogowego do kat. D lub zmiany z kat. C na D jest iloczyn ruchu oraz architektura położenia niniejszego skrzyżowania. Wtedy iloczyn ruchu musi być mniejszy od liczby 60000. Rys. 4 przedstawia przejazd kolejowo-drogowego kat. D i jego wyposażenie techniczne. Przejazd tej kategorii posiada jedyne zabezpieczenie w postaci znaków drogowych, które są ustawione w określonej odległości od takiego skrzyżowania.



Rys. 4. Przejazd kolejowo-drogowy kat. D [oprac. własne]: a - plan schematyczny; b - zabudowa na linii kolejowej nr 117: Kalwaria Zebrzydowska Lanckorona – Bielsko - Biała Główna

I.5 PRZEJŚCIA KOLEJOWE KATEGORII E

Przejścia w poziomie szyn kategorii E przeznaczone są do obsługi ruchu pieszego. W sytuacji, gdy przejście nie spełnia określonych warunków widoczności dla celów zwiększenia bezpieczeństwa wyposaża się je w pólsamoczynne lub samoczynne systemy przejazdowe. Przejścia w poziomie szyn kat. E zabezpieczane są również kołowrotkami, barierkami lub labiryntami. Zabezpieczenie takie dopuszcza się w przypadku, gdy przejście przez tory, po których wagony podczas rozrządu nie są staczane lub odrzucane, spełnia warunki widoczności lub bez względu na warunki widoczności, ale wtedy prędkość pociągu nie przekracza 20 km/h. Na rys. 5 przedstawiono przejście dla pieszych w poziomie szyn kat. E.



Rys. 5. Przejście kolejowe kat. E [oprac. własne]: a – schemat; b – przykładowy widok zabudowy na linii kolejowej

Przejścia kolejowe są zabudowywane czasowo lub na stałe. Zabudowa czasowa może być związana z modernizacją torów kolejowych w obszarze peronów i aby zapewnić dostęp do krawędzi peronowych zabudowywane się tego typu przejścia. Natomiast, gdy nie ma innej drogi zejścia z krawędzi peronowej i jest to jedyne rozwiązanie przejścia zabudowywane są na stałe [7].

I.6 PRZEJAZDY KOLEJOWO-DROGOWE KATEGORII F

Przejazd kolejowo-drogowy kategorii F (rys. 6) jest ostatnim w kolejności pod kątem zapewnienia bezpieczeństwa. Przejazdy tej kategorii są zlokalizowane na drogach wewnętrznych zamkniętego obszaru kolejowego. Wyposażenie takiego przejazdu ogranicza się jedynie do rogatek, które są stale zamknięte, ale mogą być otwierane w razie potrzeby przez użytkownika albo zgodnie z warunkami technicznymi określonymi dla kategorii A albo B.



Rys. 6. Przejazd kolejowo-drogowy kat. F [oprac. własne]: na linii kolejowej nr 117: Kalwaria Zebrzydowska Lanckorona – Bielsko – Biała Główna

Przejazdy kolejowo-drogowe kat. F są przejazdami tymczasowymi, np. stawianymi na okres modernizacji obszaru stacji kolejowej. Przejazdy takie umożliwiają poruszanie się pojazdów po terenie budowy nawet przy czynnych torach kolejowych. Dodatkowe szczegóły zabezpieczania i użytkowania przejazdu kolejowo-drogowego kategorii F są określone każdorazowo w sposób indywidualny przez Zarządcę Infrastruktury. Rys. 6 przedstawia przejazd kolejowo-drogowy kat. F użytkowany w warunkach rzeczywistych.

II. ANALIZA STATYSTYCZNA PRZEJAZDÓW KOLEJOWO-DROGOWYCH W POLSCE

II.1 DANE IŁOŚCIOWE PRZEJAZDÓW KOLEJOWO-DROGOWYCH W POLSCE

Według ostatnich danych przekazywanych przez Urząd Transportu Kolejowego, aktualnie w Polsce eksploatowanych jest ponad 12 tysięcy przejazdów kolejowo-drogowych. Z informacji podanych w tab. 1 wynika, że najliczniejszą grupę stanowią przejazdy kat. D, czyli przejazdy, które są dopiero w na czwartym miejscu pod względem bezpieczeństwa (tab. 2). Należy jednak pamiętać, że przejazdy zmieniają swoje kategorie z powodu zmiany wskaźnika natężenia ruchu. Dlatego liczba przejazdów danej kategorii może wzrastać lub

maleć. W dalszej kolejności najliczniejszymi przejazdami kolejowo-drogowymi są przejazdy kat. A, C oraz B. Jednakże, zgodnie z tab. 1, można zaobserwować ich malejącą tendencję na przestrzeni lat 2015-2022 [8].

Tab. 1. Wykaz ilościowy przejazdów kolejowo-drogowych eksploatowanych na liniach kolejowych w 2022 r. w Polsce [8]; dane wg stanu z dnia 31.12.2022 na podstawie raportów w sprawie bezpieczeństwa 13 zarządców infrastruktury kolejowej

wyewidawstwo	łącznie	Kat.A	Kat.B	Kat.C	Kat.D	Kat.E	Kat.F
dołżyckie	1136	215	161	159	479	32	90
kujawsko-pomorskie	899	133	93	99	449	36	89
lubelskie	705	85	81	88	371	28	52
lubuskie	606	106	61	67	312	9	51
łódzkie	574	126	133	106	176	16	17
małopolskie	995	186	97	253	288	34	137
mazowieckie	852	99	203	75	382	55	38
opolskie	513	106	69	53	264	7	14
podkarpackie	752	180	52	126	325	28	41
podlaskie	516	50	30	53	348	5	30
pomorskie	655	77	65	82	283	59	89
śląskie	970	301	103	146	255	92	73
świętokrzyskie	378	93	27	39	193	10	16
warmińsko-mazurskie	588	79	51	98	273	12	75
wielkopolskie	1356	242	304	149	544	33	84
zachodniopomorskie	603	116	56	82	283	17	49
RAZEM	12098	2194	1586	1675	5225	473	945

Tab. 2. Liczba przejazdów kolejowo-drogowych wg kategorii eksploatowanych na czynnych liniach kolejowych w Polsce w latach 2015-2022 [8]

Zarządca infrastruktury	2015	2016	2017	2018
A	2 536	2 491	2 467	2 415
B	1 055	1 169	1 206	1 270
C	1 392	1 380	1 400	1 431
D	7 192	7 047	6 711	6 580
E	504	507	501	489
F	611	594	593	616
RAZEM	13 290	13 188	12 878	12 801

II.2 DANE DOTYCZĄCE WYPADKÓW NA PRZEJAZDACH KOLEJOWO-DROGOWYCH W LATACH 2015-2022

Zgodnie z danymi podanymi na stronie internetowej Urzędu Transportu Kolejowego (UTK), podanymi w tabeli 3 można stwierdzić, że średnia wypadków na przestrzeni okresu 2015-2022 oscyluje wokół 200 wypadków rocznie. Do największej ilości wypadków dochodzi na przejazdach kolejowo-drogowych kat. D, gdzie średnia roczna na przestrzeni lat 2015-2022 to ok. 130 wypadków rocznie. Zazwyczaj przyczyną, która doprowadza do wypadku jest brak przestrzegania zasad ruchu drogowego przez kierowców pojazdów drogowych.

Tab. 3. Wypadki na przejazdach i przejściach kolejowo-drogowych w latach 2015-2022 [9]

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
łącznie	208	212	214	215	199	169	216	18
kategoria A	17	15	14	7	13	12	9	11
kategoria B	20	19	23	27	19	16	24	17
kategoria C	36	26	27	40	27	28	36	41
kategoria D	123	147	141	132	126	108	142	10
kategoria E	7	5	9	9	9	4	1	7
kategoria F	5	0	0	0	0	1	1	0
dotyczy do personu	-	-	-	-	5	6	3	1

III. ANALIZA FUNKCJONOWANIA WYBRANYCH SYSTEMÓW ZABEZPIECZEŃ NA PRZEJAZDACH KOLEJOWO-DROGOWYCH

Na polskiej sieci kolejowej stosowanych jest kilka różnych systemów wspierających bezpieczeństwo na przejazdach kolejowo-drogowych. W artykule przedstawiono wybrane systemy, takie jak: SafeCross, ProTV oraz SPW-1M.

System SafeCross (rys. 7) zbudowany jest z dwóch zestawów kamer, które ustawione są w każdym kierunku ruchu samochodów na przejeździe. System wspiera radar przeznaczony do wykrywania pojazdów i tablic rejestracyjnych. Znak STOP posiada dodatkowe oświetlenie, które ma wspomagać kierowców w informowaniu o zbliżaniu się do przejazdu kolejowo-drogowego. Działanie systemu SafeCross oparte jest na module sztucznej inteligencji, który pozwala na sprawną analizę zdarzeń zachodzących w wielu lokalizacjach równocześnie [10].

Podobną zasadę działania posiada system ProTV, który również odczytuje i analizuje tablicę rejestracyjną w momencie popełnienia wykroczenia drogowego.



Rys. 7. Idea działania systemu SafeCross [10]

System SPW-1M (rys. 8) jest systemem informującym nie tyle o nadjeżdżającym pociągu, co o samym dojeżdżaniu do przejazdu kolejowo-drogowego przez kierowcę pojazdu. Wykorzystanie tego systemu poprawia widoczność przejazdu oraz zwiększa uwagę samego kierowcy [11].



Rys. 8. System SPW-1M [11]

IV. CENTRUM AUTOMATYCZNEGO NADZORU NAD RUCHEM DROGOWYM – CANARD

Projekt CANARD prowadzony jest przez Główny Inspektorat Transportu Drogowego. Ma on na celu zwiększenie poprawy bezpieczeństwa w ruchu drogowym w Polsce, dzięki zastosowaniu skutecznych systemów kontroli tego ruchu. CANARD nadzoruje ruch drogowy i namierza pojazdy, które przekraczają ustalone limity prędkości oraz nie dostosowują się do sygnalizacji świetlnej. W ramach projektu CANARD funkcjonuje system Red Light, który ma za zadanie zwiększyć bezpieczeństwo na przejazdach kolejowo-drogowych. System ten, podobnie jak systemy przedstawione wcześniej, wykrywa wszystkie przypadki naruszenia zasad ruchu drogowego przez kierowców. System Red Light wyznacza wirtualną linię w bezpiecznej odległości od jednopozomowego skrzyżowania dróg kołowych i szynowych, gdy sygnalizacja kolejowa zabrania wjazdu na przejazd. W momencie, gdy kierowca najedzie na wirtualną linię przy sprawnie działającej sygnalizacji zabraniającej wjazdu w obszar przejazdu kolejowo-drogowego system natychmiast skanuje numery tablic rejestracyjnych samochodu w celu ukarania kierowcy mandatem drogowym [12].



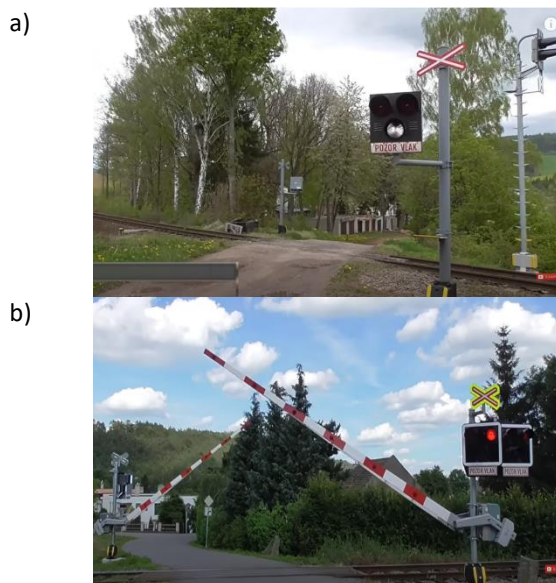
Rys. 9. Lokalizacje systemu Red Light w Polsce [12]

Rys. 9 przybliża aktualne lokalizacje systemu Red Light na przejazdach kolejowo-drogowych istniejących w Polsce. Należy podkreślić, że system ten obecnie jest w fazie badań i rozwoju [12].

V. SYSTEM WSPIERAJĄCY BEZPIECZEŃSTWO PRZEJAZDÓW KOLEJOWO-DROGOWYCH W CZECHACH

Przejazdy kolejowo-drogowe stosowane w Czechach (Republika Czeskiej) posiadają trochę inną architekturę systemu przejazdowego od eksploatowanych w Polsce. Dlatego są dobrym przykładem jak można zwiększyć bezpieczeństwo na przejeździe kolejowo-drogowym. Na przejazdach kolejowo-drogowych zabudowano tam dodatkowe białe światło (rys. 10a), które przekazujące informację do kierowcy o stanie przejazdu kolejowo-drogowego, tzn. czy jest on sprawny czy też uszkodzony. Gdy pojazd drogowy zbliża się do takiego przejazdu, z daleka potrafi sam ocenić sytuację, czy można bezpiecznie go pokonać. W przypadku, gdy na sygnalizatorze przejazdowym nie jest załączone żadne światło, to pojazd szynowy może zbliżyć się do przejazdu,

a kierowca zobowiązany jest do ograniczenia prędkości do 30 km/h oraz znaczącego zwiększenia uwagi. Czerwone migające światło (rys. 10b) oznacza, że należy bezwzględnie zatrzymać się przed przejazdem i czekać [13].

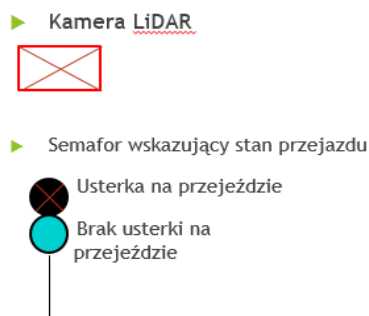


Rys. 10. Widok typowego przejazdu kolejowo-drogowego stosowanego w Czechach [13]: a – załączone światło białe; b – załączone światło czerwone

VI. Koncepcja rozmieszczenia zabudowy podzespołów systemu LiDAR na przejeździe kolejowo-drogowym

Powodem opracowania przedstawionej koncepcji poprawiającej bezpieczeństwo na przejeździe kolejowo-drogowym jest niski poziom wspierania maszynisty w zakresie przekazywania informacji o aktualnym stanie przejazdu kolejowo-drogowego. Obecnie stosowane systemy zapewniające bezpieczeństwo bazują głównie na rejestracji wykroczeń popełnianych przez kierowcę pojazdu lub zwiększaniu poziomu informowania kierowcy pojazdu o zbliżaniu się do przejazdu kolejowo-drogowego. Jednak co jest istotne, systemy te nie przekazują informacji o stanie przejazdu kolejowo-drogowego do maszynisty.

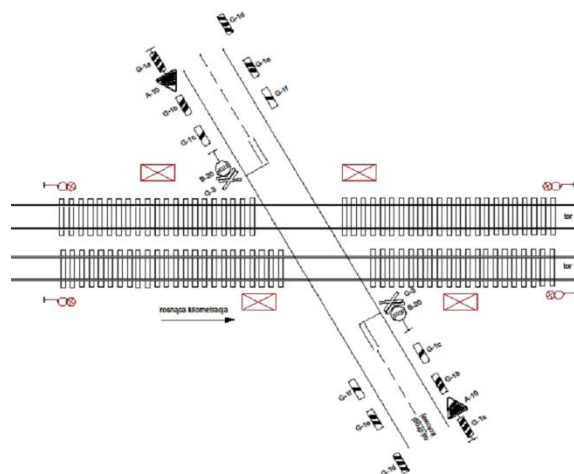
Wobec powyższego autorzy zaproponowali koncepcję zwiększenia bezpieczeństwa na przejeździe kolejowo-drogowym dzięki wsparciu maszynisty informacjami o aktualnym stanie przejazdu, polegającym na zastosowaniu dodatkowej sygnalizacji semaforowej [7] połączonej z kamerami LiDAR (rys. 11).



Rys. 11. Proponowane dodatkowe elementy zwiększające bezpieczeństwo na przejeździe kolejowo-drogowym [oprac. własne]

System spełniający podobne funkcje już istnieje w transporcie kolejowym w Polsce i wykorzystuje tarcze ostrzegawcze przejazdowe (TOP). Różnica pomiędzy tymi systemami jest jednak taka, że tarcze ostrzegawcze przejazdowe ustawione są w określonej odległości od przejazdu i są zabudowane w jednym miejscu, przez co maszynista po minięciu takiej sygnalizacji nie posiada już informacji o stanie przejazdu. Natomiast w opracowanej koncepcji, dzięki zabudowanym dodatkowym semaforom ustawionym wzdłuż toru, w określonej odległości, na bieżąco będzie przekazywany stan przejazdu kolejowo-drogowego. Informacje zbierane za pomocą kamer LiDAR (rys. 12) na bieżąco będą analizowały stan przejazdu, tj. czy np. pomiędzy rogatkami z niewiadomej przyczyny nie zatrzymał się samochód, czy nagle jakiś pojazd nie wtargnął omijając drągi przejazdu (dotyczy przejazdu kat. B). Poprawa bezpieczeństwa w analogiczny sposób może również zostać wdrożona na przejściach przez tory kolejowe (kat. E).

Na rys. 12 przedstawiono projekt rozmieszczenia kamer LiDAR z czterech stron przejazdu kolejowo-drogowego. Wzdłuż toru ustawiona jest dodatkowa sygnalizacja, która realizuje dwa światła. Pierwsze światło błękitne sygnalizuje brak usterki oraz brak pojazdu pomiędzy drągami, co świadczy o tym, że przejazd kolejowo-drogowy jest sprawny i bezpieczny. Natomiast drugie światło z czerwonym krzyżem przesuniętym o 45° na czarnym tle informowałoby maszynistę o pojeździe znajdującym się pomiędzy drągami lub o usterce przejazdu z nakazem zwolnienia pociągu do bezpiecznej prędkości (20km/h) lub też całkowitego zatrzymania.



Rys. 12. Konfiguracja urządzeń w koncepcji poprawy bezpieczeństwa na przejeździe kolejowo-drogowym [oprac. własne]

WNIOSKI

Problematyka bezpieczeństwa w transporcie kolejowym jest bardzo ważna, natomiast przejazdy kolejowo-drogowe stanowią jego tzw. „wąskie gardło”. Jeżeli dochodzi do wypadków na jednopoziomowych skrzyżowaniach dróg kołowych z torami kolejowymi to najczęściej są one tragiczne w skutkach.

Głównym celem publikacji było przedstawienie koncepcji poprawy bezpieczeństwa na przejeździe kolejowo-drogowym poprzez wsparcie maszynisty informacjami o aktualnym stanie przejazdu, do którego się zbliża.

Technologia rozpoznawania obrazu oparta o kamery LiDAR (3D) ze względu na swoje zalety jest już wykorzystywana na całym świecie w różnych dziedzinach, m.in. w geodezji i kartografii, a nawet przez autonomiczne pociągi. Kamery LiDAR wykorzystują do obrazowania promieniowanie z zakresu bliskiej podczerwieni, dzięki czemu obraz jest niezależny od warunków oświetleniowych, a to znacząco zwiększa precyzję jego odczytu i poprawia pewność działania. Uzupełnienie tej technologii przez odpowiednio rozmieszczoną wzdłuż torów sygnalizację świetlną przed przejazdem kolejowo-drogowym jeszcze bardziej zwiększy bezpieczeństwo pojazdów przejeżdżających przez to skrzyżowanie.

CONCEPT FOR INCREASING SAFETY AT RAILWAY LEVEL CROSSINGS IN POLAND

The article covers the issue of safety at railway level crossings in Poland. It includes a characterisation of the safety devices used at single level road-railway intersections. Current data on railway accidents are presented, protection categories and selected safety systems installed at railway level crossings in Poland are analysed. The final result of the publication is the author's concept for increasing safety at railway level crossings based on the use of new technical solutions such as LiDAR cameras, laser scanning and additional traffic lights. The proposed solution is intended to support the driver during the approach of the rolling stock to the railway level crossing by providing information on the current status of the level crossing protection devices.

Key words: Railway level crossing, safety, train accidents, RED Light system, LiDAR cameras

BIBLIOGRAFIA

- [1] <https://www.plk-sa.pl/o-spolce/o-pkp-polskich-liniach-kolejowych-sa/czym-sie-zajmujemy> (dostęp: 13.04.2024)
- [2] DZIENNIK USTAW RZECZYPOSPOLITEJ POLSKIEJ Warszawa, dnia 30 października 2015 r., poz. 1744 Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju) z dnia 20 października 2015 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać skrzyżowania linii kolejowych oraz bocznic kolejowych z drogami i ich usytuowanie, Na podstawie art. 7 ust. 2 pkt 2 i ust. 3 pkt 2 ustawy z dnia 7 lipca 1994 r. – Prawo budowlane (Dz. U. z 2013 r. poz. 1409, z późn. zm.2)
- [3] Kornaszewski M.: Problematyka bezpieczeństwa na przejazdach kolejowych w Polsce. Infrastruktura transportu 6/2012. Katowice, 2012
- [4] Wytyczne techniczne budowy urządzeń sterowania ruchem kolejowym. Instrukcja Ie-4, PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. Warszawa, 2020
- [5] Dyduch J., Kornaszewski M.: Systemy sterowania ruchem kolejowym. Wydawnictwo Uniwersytetu Technologiczno-Humanistycznego, Radom, 2013
- [6] Kornaszewski M.: Postęp technologiczny samoczynnych sygnalizacji przejazdowych stosowanych w kolejnictwie polskim. Infrastruktura transportu 1/2013. Katowice, 2013
- [7] Instrukcja sygnalizacji Ie-1 (E-1), PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. Warszawa, 2020
- [8] <https://dane.utk.gov.pl/sts/infrastruktura/przejazdy-kolejowe/20867,Przejazdy-kolejowo-drogowe.html> (dostęp: 15.04.2024)
- [9] <https://dane.utk.gov.pl/sts/zdarzenia-kolejowe/zdarzenia-kolejowe/20660,Zdarzenia-kolejowe.html> (dostęp: 15.04.2024)
- [10] <https://www.pless.pl/wiadomosci/77859-piasek-system-safecross-rowniez-na-innych-przejazdach-w-kraju-piasek> (dostęp: 13.04.2024)
- [11] <https://www.rynek-kolejowy.pl/wiadomosci/monat-innowacyjne-rozwiazanie-dla-przejazdow-kategorii-d-i-e-102959.html#:~:text=SPW%2D1M%20jest%20systemem%20informuj%C4%85cym,na%20aktualnej%20sytuacji%20na%20przeje%C5%BAdzie> (dostęp: 20.04.2024)
- [12] <https://www.gov.pl/web/gitd/przejazdy-kolejowo-drogowe> (dostęp: 29.04.2024)
- [13] https://www.youtube.com/watch?v=ObRyKexPSqc&ab_channel=Martin96-CzechLevelCrossing (dostęp: 29.04.2024)