

DOI: 10.37105/enex.2021.1.03

ENGINEERING EXPERT RZECZOZNAWCA



Analiza projektowa przebudowy mostu drogowego

Mieczysław PIECHOTA¹ (ORCID ID: 0000-0002-0094-9246)

Erik MIKULSKI¹ (ORCID ID: 0000-0001-5453-4954)

¹ Wojskowa Akademia Techniczna, Zakład Inżynierii i Infrastruktury Wojskowej, ul. Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa, Polska
Autor do korespondencji: mieczyslaw.piechota@wat.edu.pl

Streszczenie: W artykule zaprezentowano studium przypadku przebudowy mostu drogowego. Pierwotnie wybudowany most niskowodny o konstrukcji drewnianej ze stalowymi dźwigarami walcowanymi utracił swoje parametry użytkowe ze względu na korozję biologiczną drewna konstrukcyjnego, szczególnie awaryjny był stan techniczny pali podpór. Obiekt został wyłączony z użytkowania, zaproponowano rozwiązanie w postaci zespolonej konstrukcji przęsłowej posadowionej na żelbetowych palach prefabrykowanych. Ważnym aspektem jest zwrócenie uwagi na względy ekonomiczne przebudowy, gdyż często zarządcy dróg niższych kategorii dysponują dość ograniczonym budżetem.

Słowa kluczowe: mosty drogowe, mosty zespolone, elementy prefabrykowane, stan techniczny obiektów mostowych.

Oficjalną wersją publikacji jest wersja anglojęzyczna – posiada DOI. Niniejszy plik jest polskojęzyczną wersją.

Zacytuj ten artykuł w następujący sposób:

Piechota M., Mikulski E., Road bridge reconstruction design analysis, Engineering Expert, p. 17-27, No. 1, 2021, DOI: 10.37105/enex.2021.1.03

1. Wprowadzenie

Ważnym aspektem w zapewnieniu bezpiecznej eksploatacji obiektów mostowych jest wykonywanie właściwej oceny ich stanu technicznego, zgodnie z wymaganiami zawartymi w ustawie Prawo budowlane [1] jak i innych przepisach szczegółowych [2]. W wypadku mostów niskowodnych drewnianych z dźwigarami stalowymi o ich trwałości często nie decyduje poziom naprężeń, a trwałość materiału drewnianych pomostów i podpór [3]. Oczywiście w mostach stałych okres użytkowania konstrukcji zależy od poziomu projektu, jakości wykonania jak również od poziomu robót utrzymaniowych [4]. W artykule przedstawiono przykład przebudowy niskowodnego mostu drogowego o konstrukcji stalowo-drewnianej. Celem publikacji jest wskazanie ekonomicznego rozwiązania konstrukcyjnego do budowy stałego mostu drogowego. Przedstawione rozwiązanie projektowe może stanowić podstawę do budowy przejść mostowych na podobnych przeprawach gdzie wymagana jest całkowita przebudowa zarówno konstrukcji przęsłowej jak i układu podporowego.

Będąca przedmiotem artykułu przeprawa znajduje się na rzece Bzura w m. Klewków gm. Łowicz. Układ statyczny obiektu przed wymianą stanowiła układ czterech przęseł wolnopodpartych. Konstrukcję nośną obiektu stanowiły cztery dźwigary ze stalowych dwuteowników walcowanych, stężonych poprzecznikami z ceowników walcowanych. Skrajne podpory (przyczółki) wykonane w postaci konstrukcji masywnych żelbetowych, natomiast pośrednie wykonane były w postaci przestrzennych podpór palowych drewnianych. Pomost drewniany oparty na ruszcie stalowym wykonano w postaci pokładu poprzecznego z podłużnym pokładem ochronnym. Widok konstrukcji starego mostu przedstawiono na rys. 1.



Rys. 1. Widok przeprawy na rzece Bzura w m. Klewków przed modernizacją (opracowanie własne).

Istniejący obiekt niskowodny w pierwszej kolejności poddany został szczegółowej ocenie stanu technicznego, polegającej na analizie konstrukcji nośnej i układu podporowego. Z oceny tej wynikało, że stan techniczny podpór brzegowych i pośrednich był awaryjny, podpory nie miały odpowiedniej nośności i sztywności przestrzennej. Układ podporowy mostu musiał zostać całkowicie wymieniony, co wiązało się również z przebudową konstrukcji przęsłowej.

Biorąc pod uwagę zakres wymaganych robót remontowych podjęto decyzję o budowie nowego mostu. Zaproponowano wybudowanie mostu w układzie trójprzęsłowej belki ciągłej, o konstrukcji przęsłowej zespolonej stalowo-betonowej, układ podporowy zaprojektowano w postaci prefabrykowanych pali żelbetowych.

2. Stan techniczny obiektu mostowego

Dźwigary główne obiektu były stężone pomiędzy sobą poprzecznkami, stan ich należało określić jako zadawalający czyli występowały uszkodzenia jedynie obniżające estetykę (lokalna korozja ogólna), lecz nie powodujące obniżenia parametrów użytkowych. Widok na konstrukcję stalową pomostu przedstawiono na rys. 2.



Rys. 2. Widok na stalową konstrukcję pomostu (opracowanie własne).

W analizie stanu technicznego podpór należało zwrócić uwagę na klasyfikację ich uszkodzeń. Uszkodzenia podpór w sposób bezpośredni wpływają na nośność i bezpieczeństwo przeprawy, a w miarę ich rozwoju mogą doprowadzić nawet do wyłączenia obiektu z użytkowania.

W przypadku przyczółków masywnych przedmiotowego obiektu, można było zauważyć wiele uszkodzeń obniżających ich nośność. Do najważniejszych należały: pęknięcia ukośne biegnące na znacznym odcinku wysokości korpusu przyczółków świadczące o złym stanie i nieprawidłowej pracy fundamentów. Dodatkowo występowały znaczące ubytki materiału oraz pionowe zarysowania świadczące o korozji zbrojenia. Przykład stanu technicznego jednej z podpór brzegowych przedstawiono na rys. 3. Ogólnie stan techniczny przyczółków określony został jako przedawaryjny.



Rys. 3. Widok na uszkodzenia ściany żelbetowej przyczółku (opracowanie własne).

W najgorszym stanie technicznym ze wszystkich elementów obiektu mostowego były przestrzenne podpory pośrednie. Ich stan określono jako awaryjny, zdecydowało to o wyłączeniu obiektu z użytkowania. Podpory wykonane z pali drewnianych posiadały uszkodzenia korozyjne w stopniu powodującym niemal całkowite ich zniszczenie - rys. 4. W wielu przypadkach pale doznały wybożenia w wyniku dużych ubytków, które wyraźnie zmniejszyły średnice pali, a tym samym zmniejszyły ich nośność. Największe uszkodzenia występowały na poziomie wahań lustra wody. Uszkodzenia te w połączeniu ze złym stanem drewna powodowały, że ich nośność praktycznie była bliska zeru.



Rys. 4. Widok na uszkodzenia podpór pośrednich (opracowanie własne).

Na rys. 5 przedstawiono duże zniszczenia drewnianych oczepów oraz stężeń poziomych i przekątnych podpór pośrednich. Na oczepach oparta jest stalowa konstrukcja nośna mostu, tak duże uszkodzenia (próchnica, gnicie i ubytki) spowodowały praktycznie całkowitą utratę nośności, zarówno na docisk jak i na zginanie. Stężenia pali były połamane oraz posiadały duże ubytki, w takim stanie technicznym stężenia nie spełniały swojej roli zapewnienia sztywności podpór.



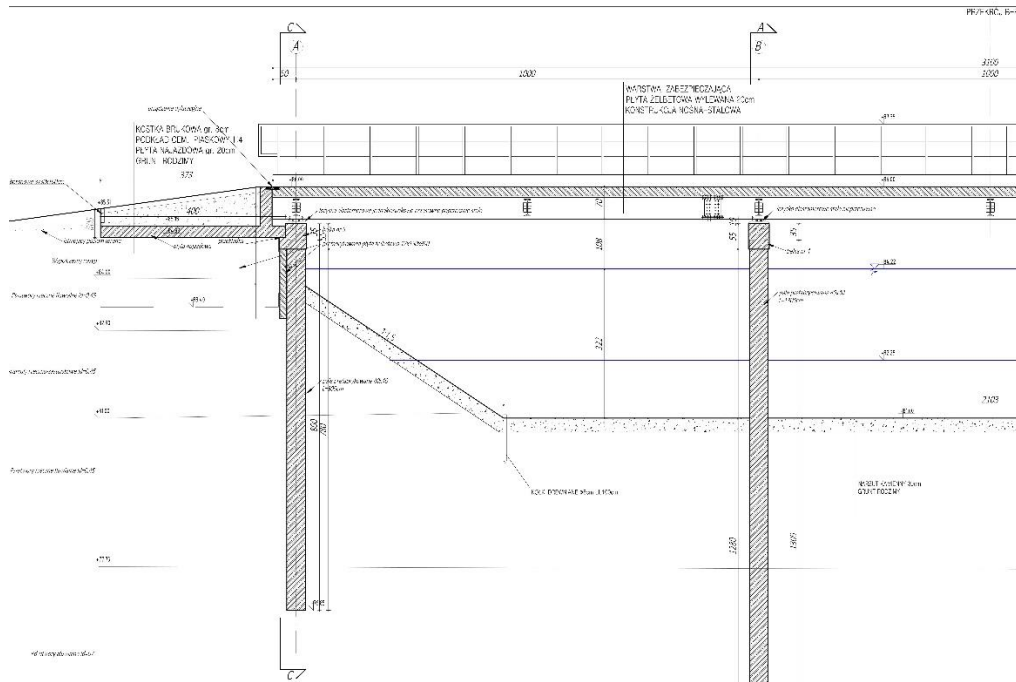
Rys. 5. Widok na uszkodzenia stężeń podpór pośrednich (opracowanie własne).

Zgodnie systemem oceny obiektów mostowych (tab.1) zawartym w „Instrukcji przeprowadzania przeglądów drogowych obiektów inżynierskich, załącznik do Zarządzenia nr 14 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad z dnia 7 lipca 2005 r” [2] określono stan obiektu jako awaryjny ze względu na ocenę podpór brzegowych i pośrednich. Zaproponowanym rozwiązaniem była całkowita wymiana obiektu mostowego na nowy o nośności spełniającej obowiązujące normatywy.

3. Układ konstrukcyjny nowego obiektu

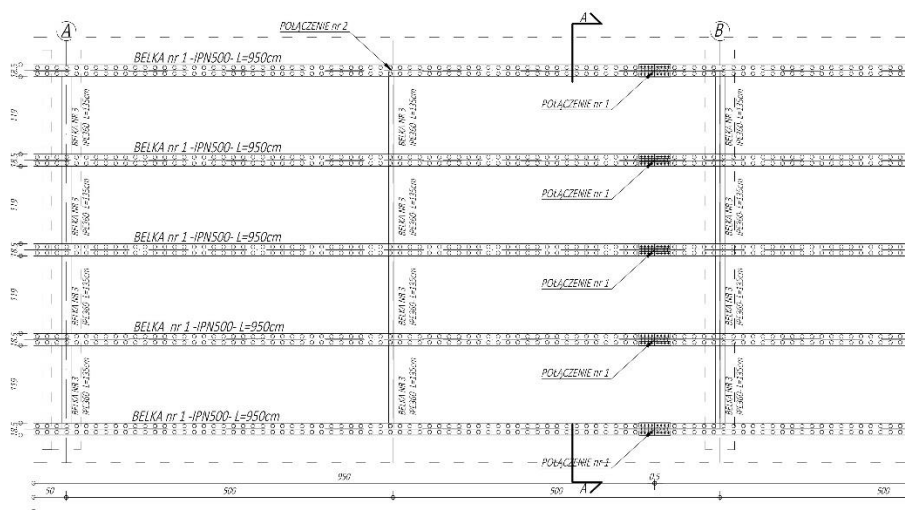
3.1. Projekt nowego mostu.

Nowy obiekt mostowy zaprojektowany został jako trójprzęsłowy o długości całkowitej 31,00 m, szerokości całkowitej 6,5 m z jezdnią o szerokości 6,00 m. Światło poziome mostu netto wynosi 28,20 m, natomiast światło pionowe mostu – 4,30 m w stosunku do średniego poziomu wody stanów wysokich. Most przeznaczony jest dla pojazdów o masie całkowitej nieprzekraczającej 20 ton. Przekrój podłużny mostu pokazano na rys. 6.



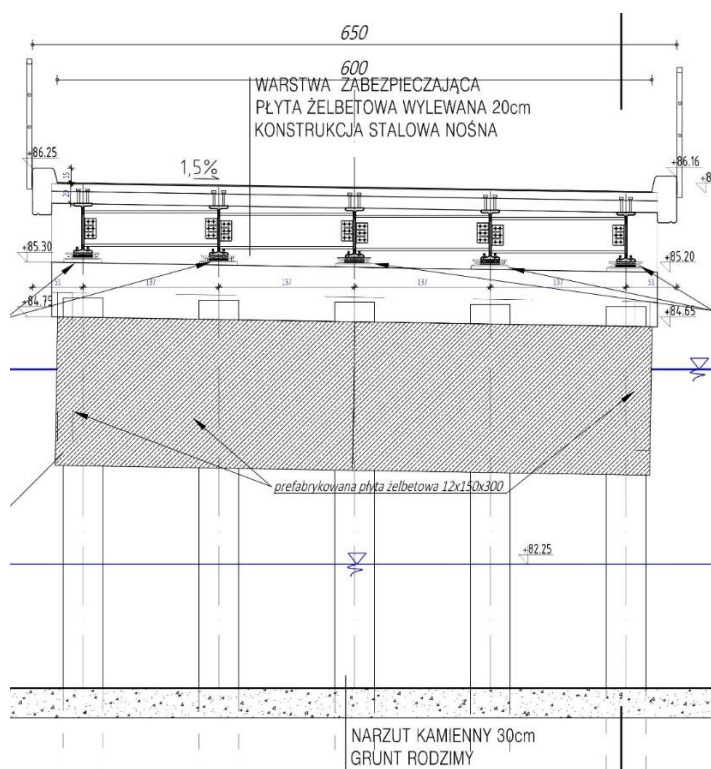
Rys. 6. Przekrój podłużny mostu [5].

Konstrukcję nośną stanowią dźwigary stalowe dwuteowe IPN500 współpracujące z płytą żelbetową. W przekroju poprzecznym występuje 5 dźwigarów w rozstawie osiowym 1,37 m. Każdy dźwigar pomostu składa się z trzech belek (dwie skrajne o dł. 9,50 m oraz jedna środkowa o długości 12,00 m). Poprzecznicę stanowią belki stalowe dwuteowe IPE350 o długości 1,35 m. Dźwigary i poprzecznicę wykonane zostały ze stali S355. Układ belek głównych i poprzecznych oraz ich połączenia przedstawiono na rys. 7.



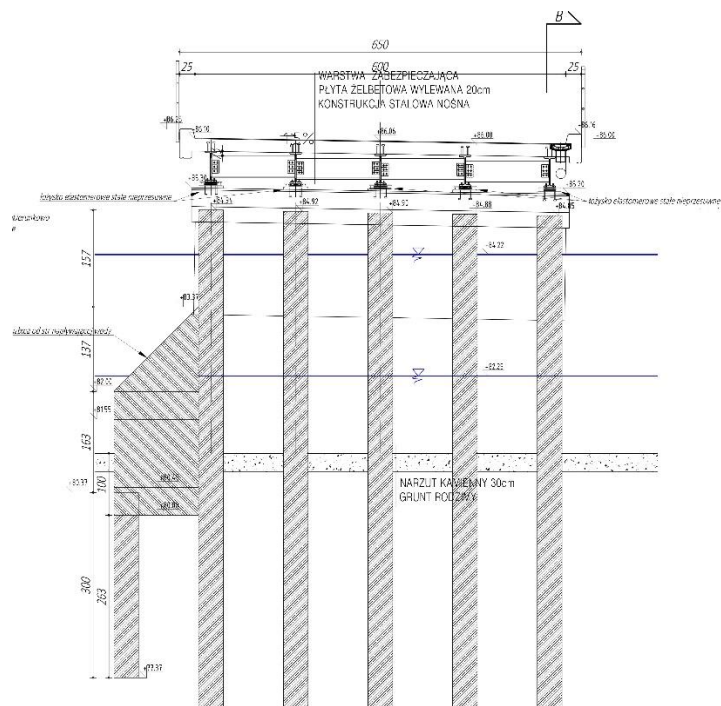
Rys. 7. Układ dźwigarów i poprzecznic [5].

Płyta pomostu o grubości 20 cm wykonana została z betonu C 30/37 i zbrojona prętami stalowymi AIIIIN RB500, wysokość konstrukcyjna przęsła wynosi 0,75 m. Przekrój poprzeczny mostu na podporze brzegowej pokazano na rys. 8.



Rys. 8. Przekrój poprzeczny mostu (podpora brzegowa) [5].

Konstrukcję podpór stanowią pale prefabrykowane żelbetowe, po 5 w podporze (rys. 8) o przekroju 40 x 40 cm i rozstawie 1,37 m. Długość pali w podporach pośrednich wynosi 13,00 m, zaś w podporach brzegowych 8,00 m (rys. 6). Od strony wody górnej podpory zabezpieczono izbicami (rys. 9), widok na nową konstrukcję mostu przedstawiono na rys. 10.



Rys. 9. Przekrój poprzeczny podpory pośredniej mostu z izbicami od strony wody górnej [5].



Rys. 10. Widok na nową konstrukcję mostu (zdjęcie własne).

3.2. Budowa nowego obiektu mostowego

Nowy obiekt mostowy usytuowany został obok starej przeprawy. Jego usytuowanie pokazano na rys. 11.



Rys. 11. Usytuowanie osi nowego mostu względem starej przeprawy [6].

W zakres prac budowlanych dla nowej konstrukcji wchodził demontaż starej konstrukcji przęseł i podpór. Najpierw zdjęto drewniane poręcze oraz elementy drewniane pomostu, a następnie stalowe dźwigary oraz poprzecznice. W następnym etapie usunięto podpory pośrednie oraz rozebrano ścianki żelbetowe przyczółków. Szacunkowy koszt całej rozbiórki wraz z wywiezieniem złomu oraz gruzu wynosił około 115 tys. zł (dane na podstawie kosztorysu inwestorskiego).

Równolegle do prac rozbiórkowych wykonywano roboty związane z budową podpór. W zakres ten weszły m.in.: wbijanie ścianek szczelnych, formowanie i zagęszczanie nasypów zapór ziemnych, wbijanie pali żelbetowych, wykonanie izbic, wykonanie oczepów, wykonanie ścian oporowych, usługi transportowe oraz montaż łożysk. Wszystkie czynności związane z budową podpór wyceniono w kosztorysie inwestorskim na około 370 tys. zł. Widok wbitych pali i ich układ w podporach pośrednich pokazano na rys. 12. Na rys. 13 przedstawiono natomiast widok na podporę brzegową wraz ze ścianą oporową.



Rys. 12. Etap budowy podpór palowych pośrednich [6].



Rys. 13. Widok na podporę brzegową ze ścianką oporową [6].

W zakresie budowy nowej konstrukcji wykonano czynności związane ze wzmocnieniem i regulacją koryta cieku wodnego np. wykonywanie rowów i kanałów melioracyjnych, formowanie i zagęszczanie nasypów zapór ziemnych oraz umacnianie dna i skarp rzeki. Roboty te w kosztorysie inwestorskim wyceniono na około 215 tys. zł.

W zakres montażu konstrukcji i płyty pomostu weszły m. in.: usługi transportowe związane z dostarczeniem elementów pomostu na plac budowy, prace załadunkowe i wyładunkowe, montaż dźwigarów i belek poprzecznych, scalanie scalenie całej konstrukcji, wykonanie płyty pomostu oraz wsporników, wykonanie elementów odwodnienia oraz montaż poręczy mostowych. Dźwigary ułożono na wcześniej ustawionych łożyskach. Zastosowano łożyska elastomerowe jednokierunkowo przesuwne poprzecznie stałe na trzech podporach oraz elastomerowe stałe nieprzesuwne na jednej podporze (oś B). Połączenia nitowane belek skrajnych ze środkową pokazano na rys. 14. Do połączenia płyty z dźwigarami użyto łączników sworzniowych o średnicy 20 mm w rozstawie 150 mm. Do zbrojenia płyty zastosowano pręty stalowe (stal AIIIIN RB500) o średnicy 12 mm. Na rys. 15 a pokazano widok na jezdnię, zaś na rys. 15 b widoczny jest sposób zamocowania poręczy. Szacunkowy koszt wykonania pomostu wynosił około 686 tys. zł [8].



Rys. 14. Widok na całą konstrukcję mostu z widocznymi połączeniami belek w dźwigarze [7].

a)



b)



Rys. 15. Widok na pomost: a) jezdnia, b) poręcz (opracowanie własne).

W końcowym etapie inwestycji wykonano połączenie przeprawy z dojazdami poprzez budowę nowych najazdów (rys. 16) oraz naprawę dróg dojazdowych. Szacunkowy koszt tego przedsięwzięcia wraz z obsługą geodezyjną wynosił około 52 tys. zł. Całkowity koszt budowy nowej konstrukcji mostu wraz z pracami rozbiórkowymi przedstawiony w kosztorysie inwestorskim [8] wynosił około 1 770 tys. zł.



Rys. 16. Wykonanie najazdów [5].

W 2016 r. ogłoszono przetarg na budowę nowego mostu o konstrukcji zespolonej stalowo-betonowej oraz rozbiórkę starego mostu o konstrukcji stalowo-drewnianej. W wyniku rozstrzygniętego przetargu udało się zrealizować inwestycję za około 900 ty. zł [8], co stanowiło około 50 % zakładanych kosztów w kosztorysie inwestorskim.

4. Wnioski

W artykule przedstawiono przykład przebudowy czteroprzęsłowego mostu drogowego o konstrukcji stalowo-drewnianej. Celem tego artykułu było wskazanie taniego rozwiązania konstrukcyjnego podczas modernizacji stałego mostu drogowego, które mogłoby być wykorzystywane w przypadku innych obiektów inżynierskich wymagających całkowitej przebudowy. W pierwszej części przedstawiono uzasadnienie konieczności przebudowy przeprawy. Stary obiekt mostowy poddany został ocenie stanu technicznego, opartej na analizie konstrukcji nośnej i układu podporowego. Z oceny tej wynikało, że stan techniczny podpór brzegowych i pośrednich określony został jako awaryjny. Często z uwagi na zakres i koszt wymaganych prac remontowych podejmowana jest decyzja o budowie nowego mostu [9, 10]. W części zasadniczej artykułu opisano koncepcję projektową nowej konstrukcji przęsła oraz układu podpór pośrednich i brzegowych. Zaproponowano most trójprzęsłowy o konstrukcji przęsłowej

zespólonej stalowo-betonowej. W układzie podpór przejęto pale prefabrykowane żelbetowe. W podporach pośrednich skrajne pale od strony wody górnej zostały wzmocnione izbicami o konstrukcji żelbetowej. Założony koszt inwestycji przedstawiony w kosztorysie inwestorskim wynosił około 1,77 mln zł. W wyniku rozstrzygniętego przetargu udało się zrealizować całe przedsięwzięcia w kwocie rzędu 0,90 mln zł. Różnica ta wynikała głównie z zastosowania elementów prefabrykowanych podpór oraz zespólonej konstrukcji przęsłowej na gotowych dźwigarach walcowanych ze współpracującą płytą żelbetową.

Literatura

- [1] Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane, Dz. U. z 2021 r., poz. 2351
- [2] Instrukcje przeprowadzania przeglądów drogowych obiektów inżynierskich (1994, 2020). Załącznik do Zarządzenia nr 35 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad z dnia 28 września 2020 roku
- [3] Mosty wojskowe (1994), Szefostwo Wojsk Inżynieryjnych. ISBN 83-85399-14-3. Warszawa
- [4] Więclaw-Bator L., Moćko w., Chmielewski R., Kruszka L., (2016) Minimizing the occurrence of factors affecting the acceleration of degradation process of steel bridge structures, Roads Bridg. 15, p. 315 - 328, DOI: 10.7409/rabdim.016.020
- [5] Chmielewski, R. & Krawczyk, M. (2014) Projekt. Rozbiórka i budowa mostu na rzece Bzura w miejscowości Klewków
- [6] Rozbiórka mostu na rzece Bzura w miejscowości Klewków (2016) <http://www.gminalowicz.pl> > (27.12.2021)
- [7] Nowy most w Klewkowie gotowy (2017) <https://lowicz24.eu> (27.12.2021)
- [8] Krawczyk, M. (2014) Kosztorys inwestorski. Rozbiórka i budowa mostu na rzece Bzura w miejscowości Klewków. Sanniki
- [9] Chmielewski R., Muzolf P., (2021), Analysis of degradation process of a railway steel bridge in the final period of its operation, Structure and Infrastructure Engineering, DOI:10.1080/15732479.2021.1956550
- [10] Chmielewski R., Bąk A., (2019), Analysis of technical condition of footbridges over the railways in danger of collapse. MATEC Web of Conferences, DOI:10.1051/mateconf/201928401001