



makroforma

Makroforma Jan Gwiszcz


38-100 Strzyżów, ul. Grunwaldzka 15/14

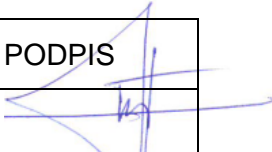
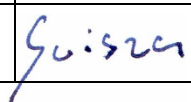
tel.: 694 429 578

e-mail: makroforma@wp.pl

NR EGZ.

1

ZAMAWIAJĄCY:		Podkarpacki Zarząd Dróg Wojewódzkich w Rzeszowie ul. T. Boya Żeleńskiego 19a 35-105 Rzeszów
NAZWA ZADANIA BUDOWLANEGO:		REMONT DŹWIGARÓW MOSTU PRZEZ RZ. WISŁOKA W M. GAWŁUSZOWICE W CIĄGU DROGI WOJEWÓDZKIEJ NR 764 KIELCE – POŁANIEC – TUSZÓW NARODOWY W KM 77+463
STADIUM OPRACOWANIA:		PROGRAM NAPRAWCZY (PN)
NAZWA OPRACOWANIA:		PN DŹWIGARÓW PRZĘSŁA MOSTU

AUTORZY: TYTUŁ, IMIĘ, NAZWISKO	NR UPR.; SPECJ.	PODPIS
mgr inż. Zbigniew Jajuga	M-ty-172/94	
mgr inż. Jan Gwiszcz	PDK/0086/PWOM/11	

Strzyżów, grudzień 2022

PROGRAM NAPRAWCZY
blachownic stalowych mostu
przez rz. Wisłokę w m. Gawłuszowice
w ciągu drogi wojewódzkiej nr 764
Kielce – Połaniec – Tuszów Narodowy
w km 77+463

SPIS TREŚCI

I.	CZĘŚĆ OPISOWA	3
1.	OPINIA TECHNICZNA – WSTĘP.....	3
1.1.	Podstawa opracowania	3
1.2.	Przedmiot opracowania.....	4
1.3.	Cel i zakres opracowania	5
2.	OPIS STANU ISTNIEJĄCEGO.....	5
2.1.	Dane ogólne o moście	5
2.2.	Dane szczegółowe o pracach inwentaryzacyjnych	8
2.3.	Inwentaryzacja mostu po zdarzeniu	8
2.4.	Inwentaryzacja geometryczna konstrukcji.....	9
2.5.	Inwentaryzacja uszkodzeń	9
3.	OCENA NOŚNOŚCI OBIEKTU W STANIE AWARYJNYM I OKREŚLENIE WARUNKÓW NAPRAWY	13
3.1.	Założenia do obliczeń statyczno – wytrzymałościowych	13
3.2.	Omówienie obliczeń statyczno-wytrzymałościowych	14
3.3.	Wnioski z obliczeń obiektu w stanie awaryjnym.....	15
4.	PROGRAM NAPRAWCZY – WARUNKI NAPRAW KONSTRUKCJI	16
4.1.	Objazd tymczasowy	16
4.2.	Zakres i etapowanie prac naprawczych	16
4.3.	Technologia wykonywania napraw	18
4.4.	Warunki wykonania, odchyłki dopuszczalne i badania odbiorcze	20
5.	MONITORING USZKODZEŃ	23
II.	KSEROKOPIE UPRAWNIENÍ BUDOWLANYCH, KSEROKOPIE PRZYNALEŻNOŚCI DO OKRĘGOWEJ IZBY INŻYNIERÓW BUDOWNICTWA.....	24
III.	CZĘŚĆ RYSUNKOWA.....	29
RYS. NR 0.....	ORIENTACJA 1:10 000	29
RYS. NR 1.....	RYSUNEK INWENTARYZACYJNY. PRZEKROJE POPRZECZNE/ WIDOK Z GÓRY NA PAS DOLNY DŹWIGARÓW 1:20, 1:50.....	29
RYS. NR 2.....	RYSUNEK INWENTARYZACYJNY. PROFIL KRZYWIZNY DŹWIGARA 1:20, 1:50	29
RYS. NR 3.....	SCHEMAT ETAPOWANIA NAPRAWY DŹWIGARÓW WIDOK Z BOKU 1:100	29
RYS. NR 4.....	SCHEMAT ETAPOWANIA NAPRAWY DŹWIGARÓW PRZEKROJE POPRZECZNE 1:50	29

I. CZĘŚĆ OPISOWA

1. OPINIA TECHNICZNA – Wstęp

1.1. Podstawa opracowania

Podstawą formalną niniejszego opracowania są następujące dokumenty, opracowania oraz normy, rozporządzenia i literatura techniczna:

A.1 DOKUMENTY FORMALNE

- [1] Umowa nr 436/242/WM/13/2022 z dnia 12.10.2022 r., zawarta pomiędzy Podkarpackim Zarządem Dróg Wojewódzkich w Rzeszowie a Biurem Projektowym „makroforma Jan Gwiszcz” ze Strzyżowa.
- [2] Opis Przedmiotu Zamówienia dot. usługi pn.: „Prowadzenie monitoringu uszkodzeń oraz opracowanie programu naprawczego po wystąpieniu awarii dźwigarów w obrębie mostu przez rz. Wisłoka w m. Gawłuszowice w ciągu drogi wojewódzkiej Nr 764 Kielce – Połaniec – Tuszów Narodowy w km 77+463” – oprac. PZDW Rzeszów, październik 2022.
- [3] Notatka, spisana w siedzibie RWD Mielec w dniu 08.09.2022 r. na okoliczność zdarzenia drogowego w wyniku którego, uszkodzone zostały dźwigary blachownicowe mostu na rz. Wisłoka w Sadkowej Górze w c. dr. woj. 764.

B.1 NORMY, ROZPORZĄDZENIA, WYTYCZNE

- [4] PN – 85/S – 10030 Obiekty mostowe. Obciążenia.
- [5] PN – 82/S – 10052 Obiekty mostowe. Konstrukcje stalowe. Projektowanie.
- [6] PN – 92/S – 10042 Obiekty mostowe. Konstrukcje betonowe, żelbetowe i sprężone. Projektowanie.
- [7] PN – 82/B – 02001 Obciążenia budowli. Obciążenia stałe.
- [8] PN – 89/S – 10050 Obiekty mostowe. Konstrukcje stalowe. Wymagania i badania.
- [9] PN – 99/S – 10040 Obiekty mostowe. Konstrukcje betonowe, żelbetowe i sprężone. Wymagania i badania.
- [10] PN-EN 1993-2:2010 Eurokod 3: Projektowanie konstrukcji stalowych, Część 2: Mosty stalowe.
- [11] Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane (Dz. U. 2022 poz. 1557).
- [12] Ustawa z dnia 21 marca 1985 r. o drogach publicznych (Dz. U. 2022 poz. 1693).
- [13] Ustawa z dnia 20 czerwca 1997r. Prawo o ruchu drogowym (Dz. U. 2022 poz. 988).
- [14] Ustawa z dnia 11 września 2019 r. Prawo zamówień publicznych (Dz. U. 2021 poz. 1129).
- [15] Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 30 maja 2000 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty inżynierskie i ich usytuowanie. (Dz. U Nr 63 poz. 735).
- [16] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 1 sierpnia 2019 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty inżynierskie i ich usytuowanie (Dz. U. 2019 poz. 1642).
- [17] Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z 2 marca 1999 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie. (Dz. U Nr 43 poz. 430).

- [18] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 1 sierpnia 2019 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie (Dz. U. 2019 poz. 1643).
- [19] Rozporządzenie Ministra Rozwoju i Technologii z dnia 20 grudnia 2021 r. w sprawie określenia metod i podstaw sporządzania kosztorysu inwestorskiego, obliczania planowanych kosztów prac projektowych oraz planowanych kosztów robót budowlanych określonych w programie funkcjonalno-użytkowym (Dz. U. 2021 poz. 2458)
- [20] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie informacji dotyczącej bezpieczeństwa i ochrony zdrowia oraz planu bezpieczeństwa i ochrony zdrowia (Dz. U. 2003 Nr 120 poz. 1126).

C.1 PROJEKTY, OPRACOWANIA POMOCNICZE

- [21] PB, Projekt Architektoniczno – Budowlany, Tom 2.2.1. Budowa mostu przez rzekę Wisłokę w ramach zadania: "Budowa drogi klasy G Połaniec – Mielec na odc. od km 76+287 do DW 985 w km 85+516 wraz ze skrzyżowaniem..." – oprac. BP-BDiM *Transprojekt – Warszawa Sp. z o.o., W-wa 2012.*
- [22] Projekt Wykonawczy, Tom 2.1. Budowa mostu przez rzekę Wisłokę w ramach zadania jw. – oprac. BP-BDiM *Transprojekt – Warszawa Sp. z o.o., W-wa 2012.*
- [23] Zobel H.: Vademecum bieżącego utrzymania i odnowy drogowych obiektów mostowych. Tom 6. Mosty stalowe. Rozdział 6.11. Prostowanie termiczne elementów. – oprac. GDDP W-wa 1994.
- [24] PN-M-48090:1996 Rusztowania stalowe z elementów składanych do budowy mostów. Wymagania i badania przy odbiorze zmontowanych rusztowań.
- [25] Rusztowania dla budowy mostów stalowych, żelbetowych lub z betonu sprężonego WP-D, DP 31.
- [26] PN-EN ISO 5817 Spawanie. Złącza spawane ze stali, niklu, tytanu, i ich stopów (z wyjątkiem spawanych wiązek). Poziomy jakości według niezgodności spawalniczych.

D.1 LITERATURA TECHNICZNA

- [27] Koreleski J. Zespólone konstrukcje mostowe – wyd. PWN W-wa – Kraków 1967.
- [28] Kędziński B. Postęp techniczny w mostownictwie – wyd. WKŁ W-wa 1972.
- [29] Rybak M. Przebudowa i wzmacnianie mostów – wyd. WKŁ W-wa 1983.
- [30] Głąb J. Wyposażenie mostów – wyd. WKŁ W-wa 1976.
- [31] Jarominiak A. Przeglądy obiektów mostowych – wyd. WKŁ W-wa 1991.
- [32] Madaj A. i inni Budowa i utrzymanie mostów – wyd. WKŁ W-wa 1995.
- [33] Czudek H. Trwałość mostów drogowych – wyd. WKŁ W-wa 1992.

1.2. Przedmiot opracowania

Przedmiotem opracowania jest program naprawczy dźwigarów mostu drogowego przez rzekę Wisłokę w km 77+463 ciągu drogi wojewódzkiej nr 764 Kielce – Połaniec – Tuszów Narodowy w miejscowości Gawłuszowice, którego pierwsze przęsło rozpięto nad drogą wojewódzką nr 982 Szczucin – Sadek Góra – Jaślany w jej przybliżonym kilometrze (oś podłużna mostu) 25+505. Konstrukcja stalowa (dźwigary: prawo – i lewostronny) pierwszego przęsła mostu została uszkodzona w wyniku zdarzenia losowego tj. uderzenia ładunkiem przewożonym na naczepie samochodowej – koparką, której

wysokościowy wymiar ładunkowy był większy od wymiaru pionowego skrajni drogi wojewódzkiej pod obiektem. Według ewidencji administracji drogowej, droga wojewódzka nr 982 jest jednojezdniową drogą klasy G (główną), o wysokości skrajni drogowej $H = 4,60$ m, a ta wysokość w świetle wskazań [22] oraz pomiarów inwentaryzacyjnych była zachowana.

1.3. Cel i zakres opracowania

Podstawowym celem niniejszego opracowania jest ocena techniczna konstrukcji stalowej pod kątem wymagań stawianych przez Inwestora tj. orzeczenia o przydatności eksploatacyjnej w świetle jej deformacji w wyniku zdarzenia drogowego, któremu została poddana a także program naprawczy, z opisem proponowanych rozwiązań remontowych blachownicowych dźwigarów głównych.

Dla realizacji powyższego celu, wykonano następujący zakres prac pomiarowych i projektowych:

- szczegółową inwentaryzację geometryczną dźwigarów 1 – szego przęsła (pomiarów liniowe głównych wymiarów swobodnych oraz wymiarów przyłączeniowych, tj. wymiarów konstrukcyjnych zależnych od innych wymiarów, podlegających pasowaniu i warunkujących normalne funkcjonowanie konstrukcji) a także inwentaryzację uszkodzeń blachownic, poprzecznic: podporowej i przęsłowych;
- analizę statyczną – wytrzymałościową istniejącego pomostu zespolonego (w pełni wyposażonego) i zdeformowanych blachownic konstrukcji stalowej według przyjętych założeń obliczeniowych oraz obowiązujących norm obciążeniowych i wytrzymałościowych przynależnych do systemu normatywnego, w którym zaprojektowano i wzniesiono most;
- obliczenia statyczne – wytrzymałościowe pomostu zespolonego z dźwigarami blachownicowymi zdekompletowanymi (z usuniętym w części przęsła – zdeformowanym pasem dolnym w trakcie etapowej ich naprawy) oraz idealnymi – poddanymi naprawie, teoretycznie potwierdzające przywrócenie obiektowi pełnej zdolności eksploatacyjnej (po zrealizowaniu prac naprawczych).

2. Opis stanu istniejącego

2.1. Dane ogólne o moście

Wybudowany i oddany do użytkowania w roku 2014 most o świetle 616 m, którego przeszkodę główną stanowi rzeka Wisłoka (oś obiektu przecina rzekę pod kątem prostym w km 3+870 jej biegu), położony jest na prostej i w łuku poziomym (1 – sze przęsło i część przęsła 2 – go). Niweleta drogi na obiekcie prowadzona jest w łuku pionowym $R=3000$ m (ze środkiem łuku w połowie długości – w przybliżeniu) spadkach $i=1$ %. Długość szesnastoprzęsłowego mostu, o schemacie statycznym belki ciągłej i rozpiętościach teoretycznych przęseł: $30.00+37.50+3\times45.00+52.50+67.50+52.50+7\times45.00+35.00$ m wynosi 726.00 m, szerokość przęseł: 1-2, 2-3 i 3-4 to 14.28 m, pozostałe przęsła mają szerokość 14.06 m. Pomost niesie jezdnię o szerokości 8.60 m w krawężnikach, przeznaczoną dla dwóch pasów ruchu oraz płyty chodnikowe: lewostronną – szerokości 2.28 m, na której zlokalizowano chodnik dla pieszych szerokości 1.50m i, prawostronną – szerokości 3.18m, na której urządzono ścieżkę rowerową szerokości 2.40m. Zespolona, trwała konstrukcja obiektu to dwa dźwigary blachownicowe stalowe, wykonane w wytwórni i scalane na miejscu budowy, o stałej wysokości 180 cm w przęsłach o rozpiętości nie większej niż 45.00 m, i zmiennej dla przęsła głównego (nad podporami 280 cm, natomiast w przęsle 180 cm). W przekroju poprzecznym przęsła dźwigary mają rozstaw 7.00 m i są stężone poprzecznicami stalowymi w rozstawie 7.50 m. Z dźwigarami stalowymi współpracuje wykonana na miejscu, monolityczna żelbetowa płyta pomostu o szerokościach: 14.18 m

(przęsła 1-2, 2-3 i 3-4) oraz 13.96 m (przęsła pozostałe) i grubości zmiennej od 21 do 45 cm (pod jezdnią minimum 25 cm), stanowiąc użytkowy pomost jezdny. Pomost oparto na siedemnastu trwałych, żelbetowych, wykonywanych na miejscu, monolitycznych podporach, z których – podpory skrajne to masywne przyczółki, złożone z korpusu grubości 1.0 m, ścianki zapleczonej grubości 0.75 m i skrzydeł w formie dostosowanych do wielkości obiektu – ścian bocznych z gruntu zbrojonego, a podpory pośrednie to ażurowe dwu słupowe filary, o przekroju kołowym słupów średnicy 1.60 lub 1.80 m, (niektóre) zwieńczone ryglami. Wysokość przyczółków wraz z ławą, mierzona od niwelety drogi wynosi od 9.50 do 10.0 m a filarów od 5.00 do 9.00 m. Podpory mostu posadowiono pośrednio, na palach wbijanych 40x40cm, o różnej liczbie i długości, ze stopami w warstwach czwartorzędu, zwieńczonych oczepami żelbetowymi różnej grubości i o różnych wymiarach w planie. Wyposażenie obiektu stanowią (m.in.):

- nawierzchnia jezdni – bitumiczna, dwuwarstwowa grubości 9.5 cm, (warstwę wiążącą grubości 5.5 cm wykonano z asfaltu lanego, warstwę ścieralną grubości 4.0 cm z SMA);
- nawierzchnia na płytach chodnikowych – żywica epoksydowa i poliuretanowa grubości 5mm;
- izolacja –warstwa izolacji przeciwwodnej z papy termozgrzewalnej grubości 0.5 cm;
- płyty chodnikowe i belki podporęczowe – żelbetowe, grubości średniej 17 cm;
- krawężniki kamienne, kotwione w płytach chodnikowych;
- bariery i balustrady– na krawędziach obiektu balustrady z wypełnieniem szczeblinkowym, wysokości 1.10 m i 1.20 m, chodnik i ścieżkę rowerową oddzielono od jezdni barierą ochronną, stalową;
- system odwodnienia – grawitacyjne spadki poprzeczne i podłużny, dreny podłużne i poprzeczne, ścieki przykrawężnikowe, wpusty mostowe, kolektory zbiorcze, separatory wód opadowych;
- mechaniczne urządzenia dylatacyjne– dostosowane do przesuwu na początku i końcu obiektu;
- łożyska garnkowe – o różnych nośnościach i wymiarach gabarytowych;
- płyty przejściowe – oparte na wspornikach wykształconych na ścianie tylnej przyczółków;
- oświetlenie – latarnie ustawione za balustradą, na wspornikach belki podporęczowej;
- ekran akustyczny – lewostronny (na części mostu), o panelach nieprzezroczystych i słupach stalowych.

Jako, że obiekt wzniesiono niedawno i zgodnie z niekwestionowanymi procedurami wykonawczo – odbiorczymi, dlatego specyfikację materiałów głównych elementów konstrukcyjnych przyjęto za [22]:

- stal blachownic i poprzecznic S355N, S355NL, S355K2G3,
- beton płyty pomostu C30/37, stal zbrojeniowa A-III N,
- beton przyczółków i filarów C30/37 i C35/45, stal zbrojeniowa A-III N,
- beton płyt chodnikowych C30/37, stal zbrojeniowa A-III N.

Jedną z przeszkód obiektu (oprócz przeszkody głównej – rzeki Wiśłoki) stanowi jednojezdniowa droga wojewódzka nr 982 Szczucin – Sadkowa Góra – Jaślany a kilometrów wspólny drogi i mostu ok. 25+505. Kąt skrzyżowania osi podłużnej obiektu z DW 982 wynosi ok. 85°, przy kącie osi podpór i osi podłużnej mostu – 90°. Takie usytuowanie wzajemne podpór mostu (de facto – dla drogi wojewódzkiej prowadzonej pod 1 – szym przęsłem blisko przyczółka – most jest wiaduktem) a także „zawieszona” konstrukcji niosącej może sprawiać wrażenie „zwężającej się drogi w tunelu” i może być przyczyną złej oceny warunków

przejazdu pod mostem (wiaduktem) przez użytkowników drogi, świadomych lub nie przewożenia ponadgabarytowych ładunków i może być przyczyną niebezpiecznych zdarzeń. A uderzenia pojazdów w obiekty mostowe powodujące z reguły bardzo znaczne przeciążenia elementów konstrukcji są coraz częstszą przyczyną uszkodzeń i awarii, a nawet mogą prowadzić do katastrof. Groźne efekty mogą być powodowane uderzeniami pojazdów samochodowych, a zagrożenie kolizjami jest związane z pojazdami poruszającymi się po obiekcie mostowym, jak również pojazdami przemieszczającymi się trasą komunikacyjną usytuowaną pod obiektem. Wśród kolizji powodowanych przez pojazdy samochodowe można wyróżnić:

- a) uderzenia pojazdów w podpory – najczęściej powodowane kolizjami między pojazdami, technicznymi awariami pojazdów czy też innymi względami (np. zaśnięciem lub zasłabnięciem kierowców),
- b) uderzenia w przęsła – przeważnie w konsekwencji przejazdu ponadnormatywnych gabarytowo pojazdów lub ładunków, a także w wyniku nieprzestrzegania ograniczeń eksploatacyjnych wynikających z nienormatywnych wymiarów skrajni drogowej pod obiektem.

Klasyfikację uszkodzeń obiektów mostowych przyjęto zgodnie z systematyką zaproponowaną w literaturze [31], [32] oraz rekomendowaną w zaleceniach międzynarodowych. Wyróżnia się następujące, podstawowe typy uszkodzeń:

- deformacje – uszkodzenia polegające na niezgodnych z projektem i realizacją zmianach geometrii, powodujących zmiany wzajemnych odległości punktów obiektu lub jego części,
- destrukcja materiału – uszkodzenie polegające na pogorszeniu wartości cech fizykochemicznych materiału w stosunku do wartości projektowanych i zrealizowanych,
- ubytki materiału – zmniejszenie ilości materiału elementów obiektu w stosunku do rozwiązania zaprojektowanego i zbudowanego,
- utrata ciągłości materiału – uszkodzenie polegające na niezgodnym z projektem i stanem faktycznym przerwaniu ciągłości materiału konstrukcji,
- zmiany położenia – uszkodzenia polegające na niezgodnym z projektem i stanem eksploatacyjnym przemieszczeniu obiektu mostowego lub jego elementu, przy którym wzajemne odległości wszystkich punktów przemieszczonej części nie ulegają zmianie (nie występują deformacje), a także niezgodne z projektem ograniczenie możliwości przemieszczeń.

Zespolone typu „stal – beton” i stalowe obiekty mostowe, ze względu na stosunkowo małą sztywność nośnych elementów konstrukcyjnych, są narażone na szczególnie intensywne i rozległe uszkodzenia w przypadku uderzeń pojazdów. Do typowych efektów kolizji należą:

- deformacje w postaci, zarówno zmian geometrii osi, jak i deformacji przekroju poprzecznego elementów,
- zarysowania i pęknięcia elementów,
- ubytki materiału elementów konstrukcji,
- zmiany położenia elementów.

W wielu sytuacjach uszkodzenia powstałe w efekcie kolizji powodują awarie, wymagające wyłączenia obiektu z eksploatacji lub mogą prowadzić nawet do katastrofy budowlanej i do takiej awarii przedmiotowego mostu doszło w trakcie zdarzenia w dniu 08 września 2022 r., po uderzeniu w stalowe dźwigary 1 – szego przęsła (na wysokości pasa dolnego obustronnych dźwigarów blachownicowych od str. Staszowa) koparki budowlanej, przewożonej na naczepie samochodu ciężarowego, zderzającego DW 982 w kierunku Szczucina, przy czym uderzenie o większym impeccie objęło prawostronny dźwigar stalowej konstrukcji. Skutki tegoż wypadku, jako nagłego zdarzenia wywołały

konieczność wprowadzenia ograniczeń w ruchu pojazdów użytkowych (ciężarowy ruch skierowano na drogi objazdowe) oraz komisyjnych oględzin stanu technicznego mostu, oceny zdolności i przydatności eksploatacyjnej i podjęcia decyzji o dopuszczeniu lub zamknięciu dla ruchu drogi na moście, czyli działań wynikiem których, była *Notatka...*[3] w konkluzji której to orzeczono, iż *obiekt nadaje się do dalszej eksploatacji, bez ograniczeń ruchu pojazdów użytkowych* i wobec takiego werdyktu, ograniczenia ruchowe na obiekcie – odwołano. W *Notatce* zalecono także, by dla utrzymania nieograniczonego ruchu drogowego prowadzony był *monitoring propagacji uszkodzeń* (o niesprecyzowanym interwale czasowym przeglądów), i staraniem Inwestora (w ramach zadania, którego częścią jest niniejszy PN) monitoring taki został ustanowiony.

2.2. Dane szczegółowe o pracach inwentaryzacyjnych

Oględzin stanu konstrukcji mostu (1 – szego przęsła w szczególności) po zdarzeniu dokonał w ramach czynności komisyjnych zespół pracowników RDW (Kierownik RDW, personel pomocniczy) oraz autor niniejszego PN w dniu wypadku tj. 08 września 2022 r. a swoje spostrzeżenia zawarł w [3]. Szczegółową inwentaryzację 1 – szego przęsła konstrukcji stalowej oraz przyległych podpór mostu wykonano w ramach niniejszego opracowania w październiku 2022 r., a inwentaryzacja składała się z dwóch zasadniczych części tj. inwentaryzacji geometrycznej i inwentaryzacji uszkodzeń. Inwentaryzacja geometryczna polegała na dokładnych pomiarach, wszystkich podstawowych i dostępnych elementów konstrukcji stalowej wiaduktu i oględzinach stanu podpór, a inwentaryzacja uszkodzeń na ich zewidencjonowaniu i zlokalizowaniu ich położenia w obrębie konstrukcji.

2.3. Inwentaryzacja mostu po zdarzeniu

W ramach stosownych oględzin stanu konstrukcji mostu po awarii i jej deformacji dokonano szacunkowych pomiarów geometrii dźwigarów głównych – blachownic, zbadano położenie przęsła i jego wyposażenia a także stan podpór przyległych mostu (korpusów i skrzydeł) i ich wyposażenia (ciosów podłożyskowych, podlewek, łożysk garnkowych). Zanotowano w [3] następujące spostrzeżenia:

Zdarzenie drogowe (uderzenie koparką) wywołało imperfekcje (odkształcenia trwałe) dźwigarów głównych blachownicowych:

- *odkształcenia geometryczne pasów dolnych (dość znaczne w dźwigarze prawostronnym w ok. 1/3 rozpiętości 1 – szego przęsła),*
- *odkształcenia w planie o ok. 0.15 m całych pasów dolnych (łącznie ze środkiem w dolnej części wysokości),*
- *nie uległy zniszczeniu spoiny łączące pasy i środek,*
- *nie uległa zarysowaniom żelbetowa płyta współpracująca pomostu (odprysk lokalny w miejscu uderzenia przy pasie górnym).*

Z uważnej lektury powyższych spostrzeżeń można by wnioskować, iż uszkodzenia samej konstrukcji stalowej pomostu były poważne (choć brak uszkodzeń podpór i ich wyposażenia), natomiast odniesione do jej dość dużej sztywności (przekrojów) a także do położenia głównych imperfekcji (w części przęsła zginanego, z momentem rozciągającym pasy dolne) już w ocenie zespołu takie nie były, więc podjęte ustalenia i decyzje były jak najbardziej adekwatne do opisanego stanu technicznego 1 – szego przęsła obiektu. Dalsza jego eksploatacja (i całego obiektu, w pełnym zakresie obciążeń) nie obarczona była zbyt dużym ryzykiem i nie groziła trudnymi do przewidzenia skutkami, ale zapewniała niemal pewne bezpieczeństwo użytkowników.

poziomnica to urządzenie zwane także libellą

2.4. Inwentaryzacja geometryczna konstrukcji

W wyniku czynności zaleconych w [3] (*wdrożenie procedury sporządzenia opinii technicznej i planu naprawczego*) dokonano inwentaryzacji pracującej w przęśle konstrukcji stalowej mostu poprzez pomiar długości poszczególnych elementów dźwigarów blachownicowych za pomocą zestawu taśm stalowych i ruletek, przymiarów laserowych i libelli. Pomierzono wszystkie dostępne główne elementy blachownic, poprzecznic i żeber.

Parametry geometryczne i wytrzymałościowe konstrukcji stalowej 1 – szego przęsła mostu:

- rozpiętość teoretyczna: $L_{T1} = 30.00 \text{ m}$,
- długość konstrukcji (ustroju niosącego) 30.50 m ,
- kąt skrzyżowania mostu: $\alpha = 90.0^\circ$,
- rozstaw osiowy blachownic: 7.00 m ,
- rozstaw poprzecznic: 7.50 m ,
- wysokość blachownic (przęsłowa): 1800 mm ,
- wymiary poprzeczne pasów dolnych: $900 \times 35 \text{ mm}$ (przed deformacją),
- wymiary poprzeczne pasa dolnego
 - lewostronnego: $900 \times 35 \text{ mm}$ (po deformacji),
 - prawostronnego: $850 \times 35 \text{ mm}$ (po deformacji),
- wymiary poprzeczne środnika: $1730 \times 16 \text{ mm}$,
- wymiary poprzeczne blach żeber: $200 \times 12 \text{ mm}$,
- wymiary poprzecznic pośrednich:
 - pasy górny i dolny: $300 \times 18 \text{ mm}$,
 - środnik: $764 \times 14 \text{ mm}$,
- nośność obiektu: (administracyjna – przed zdarzeniem) klasa "A" wg [4] oraz Stanag 150. Użytkowa nośność mostu (tj. całkowity ciężar pojazdu dopuszczonego do ruchu po obiekcie) wynosi 500 kN .

Powyżej podane dane geometryczne (w większości) odnoszą się do elementów niezdeformowanych, a pokazano je szczegółowo (także po deformacji konstrukcji w wyniku uderzenia) na rysunkach: *Rysunek inwentaryzacyjny. Przekroje poprzeczne/Widok z góry na pas dolny dźwigarów* oraz *Rysunek inwentaryzacyjny. Profil krzywizny dźwigara* w części rysunkowej niniejszego opracowania.

2.5. Inwentaryzacja uszkodzeń

2.5.1. Konstrukcja stalowa ustroju nośnego mostu

Konfiguracja położenia blachownic stalowych dźwigarów zespolonych konstrukcji pomostu obiektu w 1 – szym przęśle względem jezdni DW 982 (kilometraż przecięcia osi DW i osi mostu to $76+609.32$) ustaliła przekrój krytyczny blachownicy prawostronnej (od str. m. Szczucin w odległości ok. 9.00 m od osi podparcia na przyczółku nr 1 od str. m. Staszów), w którym wystąpiło przekazanie energii uderzenia mechanizmów koparki budowlanej, energii tak dużej, iż nastąpiło lokalne wgniecenie blachy pasa, z jej odkształceniem (wygięciem) w górę i w dół przekroju idealnego. Energia uderzenia spowodowała także deplanację (wygięcie) całości pasa i środnika w kierunku poprzecznym do osi dźwigara o maksymalnie 143 mm (w przekroju krytycznym) i proporcjonalnie mniej w sąsiednich (do przekroju krytycznego) przekrojach blachownicy (przekroje inwentaryzacyjne rozmieszczono co $1,0 \text{ m}$ długości blachownicy), przy czym deformacja znacząca (odchylenie od płaszczyzny pionowej – za taką uznaje się odchylenie o więcej niż 27 mm) objęła 12 przekrojów blachownicy tj. ok. 11.5 m jej długości. Deformacje pasa dolnego blachownicy prawostronnej, przy praktycznie znikomych odkształceniach pasa górnego (praktycznie – brak rzeczywistych odkształceń geometrycznych) oraz obecność

poprzeczniczy (ok. 1.5 m od przekroju krytycznego) spowodowały, że środnik blachownicy w strefie przekroju krytycznego (na całej wysokości a szczególnie w dolnej partii, poniżej linii spodu poprzeczniczy) zdeformował się w sposób nieliniowy (nieprostokreślny), o niemożliwych do ustalenia krzywiznach, co jest niezwykle istotne przy określaniu nośności tak zdeformowanego przekroju krytycznego i możliwości przywrócenia prostoliniowego kształtu. Jednak przemieszczenia te chociaż liczbowo duże – nie spowodowały, iż spoiny połączeniowe środnika i pasa, żeber poprzeczniczy pośredniej i żeber pionowych blachownicy zostały uszkodzone (rozwarstwienia jednej spoiny na krótkim odcinku), nie spowodowały także oddzielenia połączonych elementów. Dźwigar lewostronny (od str. m. Jaślany – Baranów Sandomierski) doznał znacznie mniejszych (brak deplanacji, maksymalne przemieszczenie wysokościowe pasa dolnego to wybrzuszenie w górę ok. 40 mm) deformacji kształtów. Ponadto wobec stosunkowo dobrze zachowanej antykorozyjnej powłoki malarskiej (relatywnie niedawne zakończenie prac budowlanych obiektu) niesposób stwierdzić występowanie ewentualnych rys i pęknięć bądź wytworzenie się miejsc uplastycznienia stali konstrukcyjnej w zdeformowanych elementach blachownicy (niewidocznych gołym okiem), acz możliwych do zaistnienia w wyniku przekazania na konstrukcję tak dużej nieprzewidywanej siły. Nadto, uderzenie nie spowodowało przemieszczenia poprzecznego całego przęsła, czyli niezachowania warunku stateczności położenia przęsła, a więc jednego z podstawowych warunków bezpiecznego jego użytkowania, może więc być użytkowane – po koniecznych naprawach uszkodzeń.

Wszystkie podstawowe, opisane powyżej uszkodzenia istniejącej konstrukcji stalowej mostu, pokazano na fotografiach poniżej oraz na rysunkach inwentaryzacyjnych w części rysunkowej niniejszego opracowania.



Fot. 1. Widok dźwigara lewostronnego od str. m. Jaślany (Baranów Sandomierski) 1 – szego przęsła mostu – nieznaczne uszkodzenie pasa dolnego lewostronnej blachownicy (kierunek uderzenia). Widoczne oparcie przęsła na ciosach i łożyskach przyczółka (podpora nr 1) – bez jakichkolwiek przemieszczeń i zmiany położenia pomostu.



Fot. 2. Widok dźwigara prawostronnego od str. m. Szczucin – dość znaczne odkształcenia pasa dolnego i środka prawostronnej blachownicy (widok przeciwny do kierunku uderzenia).



Fot. 3. Widok znacznych odkształceń geometrycznych (deplanacja, przemieszczenia pionowe) pasa dolnego dźwigara prawostronnego.



Fot. 4. Widok na uszkodzenie pasa prawostronnego dźwigara od strony środka przęsła – Jaślan (Baranowa Sandomierskiego). Widoczna deformacja żebra poprzecznicę pośredniej (w strefie poniżej poprzecznic), niewidoczna, (za blachą policzkową) – odspojona spoina czołowa żebra na odcinku ok. 8 cm.



Fot. 5. Widok niewielkich odkształceń geometrycznych (wybrzuszenie – przemieszczenie pionowe) pasa dolnego dźwigara lewostronnego od str. m. Jaślany.

2.5.2. Podpory, ciosy podłożyskowe, łożyska, płyta pomostu, wyposażenie obiektu

Pomimo dość dużych przemieszczeń poprzecznych pasa dźwigara prawostronnego – podpory przęsła 1 – szego (przyczółek nr 1, filar nr 2) a także ciosy podłożyskowe oraz łożyska garnekowe (jedno – i wielokierunkowo przesuwane) nie uległy jakimkolwiek uszkodzeniom, odkształceniom ani przesunięciom w planie. Podobnie nie uległa żadnym zarysowaniom ani przeciążeniowym większym odpryskom betonu, żelbetowa współpracująca z blachownicami – płyta pomostu, (niewielkie odspojenie betonu na styku

z pasem górnym blachownicy w partii poprzecznicy pośredniej – patrz fot. 6 poniżej). Nie zaobserwowano również jakichkolwiek awaryjnych usterek w wyposażeniu pomostu – nawierzchnia jezdni i ścieżki rowerowej, krawężniki a także prefabrykaty gzymsowe, balustrada mostowa, bariera ochronna, ekran akustyczny i kolektory odwodnieniowe pozostały w stanie nienaruszonym względem położenia eksploatacyjnego (projektowego i zbudowanego).



Fot. 6. Widok na spód żelbetowej płyty pomostu. Widoczne drobne odpryski betonu płyty na styku z pasem górnym blachownicy prawostronnej w strefie poprzecznicy pośredniej.

2.5.3. Droga Wojewódzka nr 982

W wyniku zdarzenia drogowego – DW 982 nie uległa żadnym istotnym uszkodzeniom, a deformacje dźwigarów blachownicowych (przemieszczenia w dół) nie spowodowały, iż wysokość skrajni drogowej obniżyła się do wielkości nienormatywnej (mniejszej niż 4,50 m), uniemożliwiającej bezpieczne korzystanie z drogi wojewódzkiej (bez stosownych, administracyjnych ograniczeń) a skoro tak, to pod obiektem zachowana jest skrajnia pionowa o wysokości 4,50 m i można DW 982 bez ograniczeń użytkować.

3. Ocena nośności obiektu w stanie awaryjnym i określenie warunków naprawy

3.1. Założenia do obliczeń statyczno – wytrzymałościowych

Dla postawienia oceny nośności obiektu w stanie awaryjnym oraz określenia możliwości i warunków naprawy skutków zdarzenia wykonano obliczenia statyczno – wytrzymałościowe, przy przyjęciu następujących założeń upraszczających (ale odwzorowujących konstrukcję z dokładnością do przemieszczenia):

1. na podstawie inwentaryzacji geometrycznej blachownic przęsła (po deformacji, w wyniku uderzenia) przyjęto położenie przekroju krytycznego w odległości $L_{T1} = 9,00$ m od osi podparcia na przyczółku nr 1 a przekrój ten uznano za wyężeniowo miarodajny do wnioskowania o nośności pomostu (dźwigara zespolonego) w przęśle 1 – szym,

2. przyjęto wymiary liniowe przekroju pasa dolnego: 850 x 35 mm, ponieważ wskutek uderzenia – pas dolny blachownicy uległ trwałym uszkodzeniom wymiarowym (wgniecenie ok. 5,0 cm),
3. założono prostokreślne warunki imperfekcji przekroju krytycznego co oznacza, iż przekrój został zdeformowany liniowo (założenie dotyczy głównie środka oraz pasów blachownicy),
4. obliczeniowo założono, że nie wystąpił w ustroju przęsła mimośród niezamierzony tj. dokonano obliczeń w projektowym (w planie) położeniu przęsła mostu, przy zdeformowanym przekroju krytycznym blachownicy,
5. przyjęto, iż konstrukcja stalowa mostu została wykonana (zgodnie z [22]) ze stali konstrukcyjnej klasy S355 a płyta pomostu z betonu klasy wytrzymałości C30/37, zbrojona stalą zbrojeniową klasy A-III N. Jako, że okres żywotności technicznej mostu jest stosunkowo krótki (ok. 10 lat), przeto uznaje się za celowe przyjęcie wytrzymałości stali i betonu w pełnej wysokości normowej,
6. obiekt mostowy zaprojektowano według systemu normującego opartego na Polskich Normach (PN), wyznaczających zasady projektowania i wykonawstwa mostowych konstrukcji budowlanych oraz sposobów weryfikacji cech wyrobów budowlanych o znaczeniu konstrukcyjnym, dlatego też obliczenia statyczne – wytrzymałościowe prowadzi się dla tego systemu normatywnego jak również wedle niego określa się właściwości materiałów i połączeń. Jednakowoż dopuszcza się możliwość zastosowania europejskiego systemu normującego (norm zharmonizowanych o symbolice PN-EN) do określenia cech materiałowych i warunków wykonania nowych spoin łączących elementy przekroju poprzecznego dźwigarów.
7. obliczenia statyczne prowadzono dla przęsła 1 – szego o schemacie belki jednoprzęsłowej, statycznie niewyznaczalnej, jednostronnie utwierdzonej. Współczynniki schematu statycznego dla sił wewnętrznych ustalono w korelacji do 16 – to przęsłowego schematu ciągłego mostu (belki ciągłej) o stałej średnioważonej sztywności w przęsłach i na podporach,
8. za [22] przyjęto, iż obiekt może być eksploatowany (remontowany) metodą połówkową, tj. mogą być rozbierane i odtwarzane elementy zabudowy pomostu na połowie szerokości i całej długości mostu i jednocześnie prowadzenie ruchu dwukierunkowego na drugiej połowie (patrz PROJEKT TYMCZASOWEJ ORGANIZACJI RUCHU na czas prowadzenia robót remontowych).

3.2. Omówienie obliczeń statyczno-wytrzymałościowych

Obliczenia statyczne – wytrzymałościowe istniejącej, zdeformowanej konstrukcji 1 – szego przęsła mostu wykonano w oparciu o obowiązujące (w czasie projektowania i wznoszenia obiektu) normy i wytyczne, wykorzystując programy komputerowe w zakresie statyki konstrukcji i wytrzymałości materiałów. Jako model dyskretny istniejącego obiektu, wykorzystano płaski pręt pryzmatyczny o przekroju odpowiadającemu przekrojowi krytycznemu, odzwierciedlający dwudźwigarowy układ belek głównych, z podziałem względnym rozpiętości odpowiadającym przekrojom blachownicy rzeczywistej, w trakcie prac naprawczych i idealnej, i na tak ukształtowany model mostu nałożono obciążenia stałe od ciężaru własnego oraz obciążenia użytkowe rzeczywiste – standaryzowane pojazdy S42 (wg [13]), odpowiadające projektowej klasie obciążenia a także obciążenie normowe – pojazd K i q oraz obciążenie tłumem pieszych (wg [4]). Po wykonaniu obliczeń statycznych pręta, otrzymano wielkości momentów zginających i siły poprzecznej dla przekroju krytycznego w zespolonym dźwigarze podłużnym od obciążeń stałych i użytkowych, z uwzględnieniem obciążenia rzeczywistego i normowego. W płaszczyźnie poziomej pręta

wyznaczono stały moment od obciążeń pionowych, wynikający z imperfekcji przekroju. Otrzymane wyniki naprężeń, porównano z wytrzymałością obliczeniową stali i betonu w przekroju krytycznym oraz innych przekrojach przęsłowych. Otrzymane wyniki (zapasy naprężeń) upoważniały do nie sprawdzania dalszych warunków SGN i SGU, bowiem wytrzymałościowy warunek podstawowy był spełniony dla wszystkich obciążeń użytkowych, tyle że dla obciążenia normowego warunek zbieżności naprężeń i wytrzymałości był – liczbowo dość wysoki.

3.3. Wnioski z obliczeń obiektu w stanie awaryjnym

Przedstawione powyżej wyniki obliczeń zdeformowanych elementów nośnych konstrukcji stalowej obiektu (i całego dźwigara zespolonego) są poprawne – z punktu widzenia obliczeń statycznych i wytrzymałościowych oraz spełniają kryteria wytrzymałościowe, jakim powinny odpowiadać elementy ustroju niosącego obiektu, poddane wewnętrznym i zewnętrznym obciążeniom uogólnionym (masowym, użytkowemu, klimatycznym). W wyniku obliczeń zdeformowanego (istniejącego w stanie awaryjnym) dźwigara blachownicowego obiektu (utożsamionego z modelem obliczeniowym) należy wysnuć wniosek, iż bez wykonania prac naprawczych, polegających na przywróceniu projektowych kształtów, obiekt ze zdeformowaną konstrukcją stalową nie będzie posiadał (z czasem) zdolności do przenoszenia bez ograniczeń obciążeń użytkowych tj. klasy "A" wg PN-85/S-10030 „Obiekty mostowe. Obciążenia”[4], co jest niezgodne z założeniami wymaganymi przez Inwestora zadania dla drogi wojewódzkiej nr 764 a wobec tego, wnioski końcowe opinii technicznej są następujące:

1. deformacja stalowych dźwigarów blachownicowych jest wynikiem zdarzenia drogowego – uderzenia ładunku (koparki budowlanej) przewożonego DW 982 w pasy dolne blachownic. W wyniku tego faktu, stan techniczny poszczególnych elementów mostu określa się jako:
 - przęsło zespolone (blachownice, płyta współpracująca): **niedostateczny** (ubytki materiałowe w przekroju blachownic, deformacje liniowe, przemieszczenia, rozwarstwienia połączeń spawanych elementów żeber, brak objętościowych i powierzchniowych uszkodzeń betonu płyty pomostu),
 - podpory, ciosy podłożyskowe, łożyska, wyposażenie: **dobry** (brak zmiany położenia przęsa na podporach przyległych, brak deformacji liniowej, objętościowych i powierzchniowych uszkodzeń betonu i konstrukcji łożysk garnkowych, brak oznak wpływu zdarzenia na elementy wyposażenia obiektu w przęśle , przęsłach przyległych i dojeździe od str. m Staszów).
2. wnioski wynikające z koniecznych działań służb drogowych w obliczu zaobserwowanego i stwierdzonego stanu technicznego mostu (przęsło 1 – sze), polegające na czasowym ograniczeniu użytkowania obiektu należy uznać za celowe i jedynie możliwe do podjęcia i konsekwentnej realizacji.
3. poszczególne przesunięcia, wygięcia i wybrzuszenia elementów blach i przekrojów dźwigarów blachownicowych (szczególnie w przekroju krytycznym) przekraczają wielokrotnie dopuszczalne ich wartości podane w [8]. Elementy zostały zdeformowane i zgodnie z [8] mogą być poddane prostowaniu i wykorzystane jako konstrukcja nośna w obiekcie.
4. w związku z niepewną nośnością zdeformowanej konstrukcji stalowej mostu oraz celowością prac naprawczych tejże konstrukcji z punktu widzenia przywrócenia odpowiedniego jej stanu technicznego, uznaje się za technicznie konieczne i możliwe usunięcie deformacji konstrukcji stalowej, w oparciu o wskazania poniższego programu naprawczego.

4. PROGRAM NAPRAWCZY – Warunki napraw konstrukcji

4.1. Objazd tymczasowy

Dla zrealizowania prac naprawczych konstrukcji stalowej dźwigarów konieczna jest bezpośrednia jej dostępność i przeniesieniu ruchu użytkowego z niewielkiego odcinka drogi wojewódzkiej na objazd tymczasowy, który projektuje się w bezpośredniej bliskości terenu napraw, po jego prawej stronie (od strony filara nr 2 mostu). Trasa objazdu tymczasowego o długości całkowitej 112.77 m, w planie złożona jest z odcinków prostych oraz łuków kołowych o promieniu $R = 50$ m. W profilu podłużnym trasa objazdu tymczasowego składa się z trzech odcinków prostych o nachyleniach kolejno 1%, 0% oraz 1%. Zaprojektowany profil podłużny trasy objazdowej zapewnia płynne połączenie objazdu z istniejącą nawierzchnią drogi wojewódzkiej. Nachylenie skarp nasypów na objeździe wynosi 1:1,5.

Przekrój normalny trasy objazdowej:

- pochylenie poprzeczne $i = 0\%$;
- przekrój jednojezdniowy szer. $1 \times 3.00 = 3.00$ m;
- opaska bezpieczeństwa szer. 1×0.50 m;
- pobocze gruntowe ulepszone szer. 1×0.75 m;

Konstrukcja nawierzchni na objeździe składa się z prefabrykowanych żelbetowych płyt drogowych, układanych na 15 cm warstwie podsypki piaskowej. Urządzenie objazdu w powyższym zakresie wymagać będzie przedłużenia o 3,00 m istniejącego przepustu $\varnothing 40$ cm i długości $L = 5,0$ m na rowie przydrożnym. Konstrukcję przepustu mogą stanowić: prefabrykowane żelbetowe (betonowe) rury drogowe $\varnothing 40$ cm lub przewód o przekroju zamkniętym, kołowym – stalowa powłoka z blachy falistej, (stal gatunku min. S235JR, o grubości min. 2.5 mm), współpracujące w przenoszeniu obciążeń zewnętrznych z odpowiednio dobranym i zagęszczonym gruntem zasypki. Przedłużenie przepustu winno się posadowić bezpośrednio na podsypce piaskowej grubości 5 – 15 cm oraz fundamencie kruszywowym zagęszczonym do wskaźnika zagęszczenia 0,98 o grubości min. 30 cm.

4.2. Zakres i etapowanie prac naprawczych

W nawiązaniu do powyżej podanych wniosków o stanie technicznym stalowej konstrukcji dźwigarów i możliwościach naprawy deformacji jako, że poszczególne przesunięcia, wygięcia i wybrzuszenia elementów blach i przekrojów dźwigarów blachownicowych przekraczają wielokrotnie dopuszczalne ich wartości podane w [8], przyjęto zakres napraw obejmujący odcinki dźwigarów w 1 – szym przęśle: 11 400 mm w blachownicy prawostronnej oraz 1 400 mm w lewostronnej, a ich naprawa polegająca na demontażu (odcięciu) odcinków zdeformowanych pasów dolnych, prostowaniu środnika blachownicy i montażu nowych pasów dolnych wymaga etapowania tych robót, przy ograniczonym użytkowaniu obiektu. Proponuje się zatem następujące etapy prac naprawczych:

- **Etap A** – w warunkach dostępności terenu podmostowego pod dźwigarem prawostronnym, (ruch pojazdów użytkowych DW 982 po objeździe tymczasowym, ruch pojazdów na moście jezdnią nad dźwigarem lewostronnym) należy przystąpić do budowy podpory tymczasowej PT1, (podtrzymującej naprawianą blachownicę) poczynawszy od jej usytuowania (zgodnie z rysunkiem *Schemat etapowania naprawy dźwigarów. Widoki z boku*), poprzez wykonanie jej posadowienia na 3 warstwach płyt żelbetowych drogowych o wymiarach 15x150x300 cm, układanych na sobie w polu o wielkości 3.0x3.0 m, osadzonych na 5 cm warstwie chudego betonu (klasy B 10) lub podsypce z piasku stabilizowanego cementem o $R_c > 6.0$ MPa i na podsypce wyrównawczej z kruszywa łamanego (tłucznia), zagęszczonej do stopnia zgęszczenia

$I_s \geq 0.98$; grunt rodzimy pod podsypką powinien być zagęszczony do min. $I_s = 0.98$ i winien zapewnić nośność nie mniejszą niż 0.3 MPa. W rejonach występowania skarp lub nierówności terenu należy doprowadzić do wyrównania terenu do poziomu projektowanego posadowienia. Posadowienie musi zapewniać stabilne oparcie podpory w zastanych warunkach gruntowych. Podporę tymczasową PT1 można wykonać o dowolnej konstrukcji kratowej (klatki montażowe, składniki mostów składanych typu Bailey'a, inne), o nośności łącznej minimalnej 2500 kN (250 ton każda). Elementy składnikowe podpory (o dowolnej wysokości, zestawione jednak do jej wysokości całkowitej) należy montować osiowo i scalać ze sobą łącznikami systemowymi (śruby, trzpienie łącznikowe, inne), a części dolne winno się montować do płyt prefabrykowanych w sposób niezmiennie stabilny (kotwy wklejane, dyble rozprężne itp.) i tak by dolny element dolegał pełną powierzchnią prętów do płyt prefabrykowanych, przy czym nierówności płyt drogowych winno się wyrównać poziomującą zaprawą szybkosprawną wysokiej wytrzymałości. Podporę tymczasową należy dostosować wysokościowo (rzędne podano w dokumentacji rysunkowej) do różnicy wysokości pomiędzy spodem blachownicy, a fundamentem podpory – dolną powierzchnią płyt prefabrykowanych, stosując dowolne pakiety stalowe (belki, oczepy, blachy podkładowe), jednak takie by zapewniona była minimalna nośność podpory. Wytyczenie oraz kontrolę geometrycznego ułożenia płyt prefabrykowanych i podpory tymczasowej należy wykonać poprzez pomiary geodezyjne wykonane z dokładnością: ± 10 mm – pomiary wysokościowe i ± 50 mm – pomiary w planie. Dopuszczalna odchyłka od położenia projektowego podpory tymczasowej w planie nie może przekroczyć 100 mm. Dla samego wykonawstwa robót naprawczych winno się zbudować rusztowania robocze – konstrukcję budowlaną tymczasową, z której mogą być wykonywane prace na wysokości, służącą do utrzymywania osób, materiałów i sprzętu, przy czym mogą to być rusztowania wolnostojące systemowe (ramowe lub modułowe) lub niesystemowe (stojakowe, wspornikowe, specjalne inne), utrzymujące pomost roboczy o dowolnej konstrukcji, wyposażony w elementy komunikacji (schody robocze, trapy itp.), zapewniający możliwość bezpiecznego wykonania robót. System rusztowaniowo – pomostowy powinien być możliwie prosty w montażu i przemieszczaniu, a zarazem zapewniający dokładność geometryczną realizacji zindywidualizowanych prac naprawczych, których faktyczny zakres należy ustalić poprzez kontrolne pomiary i ewentualne badania, mające na celu potwierdzenie (lub nie) oceny stanu technicznego odcinków obu dźwigarów po awarii oraz potwierdzenie niezbędnego zakresu naprawy, poprzez szczegółową inwentaryzację geometryczną, która w odniesieniu do średnika dźwigara prawostronnego obejmować powinna wnikliwy pomiar geodezyjny wygięcia i odchylenia od płaszczyzny pionowej oraz wygięcia pasa dolnego w przekroju poprzecznym dźwigara w stosunku do płaszczyzny poziomej (prostopadłej do płaszczyzny średnika). Badania materiałowe (np. metodą magnetyczno-proszkową lub ultradźwiękową na około 40% losowo wybranej powierzchni dźwigarów, przy 100% powierzchni dźwigarów zlokalizowanej w odległości $\pm 0,5$ m od przekroju krytycznego) stanu materiału średnika dźwigara prawostronnego należy wykonać wtedy, gdy powierzchniowy stan oglądanych gołym okiem blach wzbudzi jakiegokolwiek obawy (ewentualne zarysowania, nieciągłość materiałowa itp.). Po przeprowadzeniu kontrolnej inwentaryzacji (z należnymi wnioskami) można przystąpić do wycinania pasa dolnego blachownicy na całym odcinku naprawianym odcinku blachownicy (segmenty A, B i C), poprzez wycinanie spoiny czołowej typu K (2x1/2V) dowolnymi metodami (żłobienie palnikiem acetylenowo-tlenowym, szlifowanie, żłobienie elektropowietrzne lub wycinanie

elektrodą węglową a po jego oddzieleniu od środnika można przystąpić do termicznego prostowania środnika poprzez umiejętne nagrzewanie jego powierzchni (opis technologii – poniżej) i wprowadzenie sił prostujących poprzez układ ściągów (jedno- lub dwurzędowych), wykonanych ze sprężających prętów SAS670, średnicy 30 mm odpowiedniej długości, wyposażonych w systemowe nakrętki M30 i podkładki a także podłużnice (kleszcze prostujące), złożone w baterie z dwu ceowników C 200 a także przekładki z twardego drewna (dąb, buk, inne), przywracanie zaś do pionowości (po wyprostowaniu) poprzez wprowadzenie sił w rząd (jeden lub dwa rzędy) ściągów napinających z takich samych prętów SAS, zakotwionych do lewostronnego dźwigara powyżej pasa dolnego. Proces prostowania środnika dźwigara i przywracania pionowości winien odbywać się jednocześnie i być poprzedzony stosownym i koniecznym projektem technologicznym, uwzględniającym taką technologiczną konieczność. Po wyprostowaniu środnika (w granicach dopuszczalnych tolerancji) winno się przystąpić do przygotowania krawędzi (dla spoiny typu K) blachy środnika do spawania „nowego” pasa (w segmencie A) ze stali S355N, a po ich przygotowaniu – pas z blachy 900x35 mm wspawać i dokonać kontroli jego wykonania (dotyczy spoiny łączącej środnik i pas dla całego wymienionego jego odcinka).

- **Etapy: B i C** – w etapach tych należy zbudować w projektowanym położeniu podporę tymczasową PT2 (dla etapu B), z elementów podobnych do tych użytych w PT1 i wykonać spawanie pasa dolnego segmentów B i C, po przygotowaniu krawędzi wyprostowanego środnika spoiną czołową typu K. W etapie C, tyjącym się blachownicy lewostronnej winno się zbudować podporę PT1 (w położeniu projektowym), wyciąć pas dolny (odcinek 1400 mm), przygotować krawędź środnika do położenia spoiny typu K. Po wykonaniu spawu należy dokonać kontroli i badań jakości spoiny.

4.3. Technologia wykonywania napraw

Uszkodzone dźwigary blachownicowe wykonano ze stali drobnoziarnistej S355N która, zgodnie z PN-EN 10025-2 charakteryzuje się następującymi parametrami: skład chemiczny – maks. C=0,20%, Mn=0,90 – 1,60%, Si=0,50%, P=0,030%, S=0,025%, równoważnik węgla – 0,43 dla $40 < g < 150$ mm, gdzie g jest grubością elementu, własności mechaniczne – stal całkowicie uspokojona, jakościowa, o granicy plastyczności od 355 do 335MPa oraz wytrzymałość na rozciąganie od 490-680 MPa dla grubości blach do 40 mm, charakteryzująca się wysoką ciągliwością (charakterystyki dotyczą stali bez obróbki termomechanicznej), więc stal tę można poddać procesowi prostowania termicznego, co do którego w Polsce brak jest przepisów i standardowych procedur pozwalających na ich wdrożenie w przypadku omawianej naprawy. Prostowanie termiczne to proces likwidowania deformacji elementu metalowego za pomocą nagrzewania źródłem ciepła (np. płomieniem). Nagrzewanie to proces dostarczania energii cieplnej do prostowanego elementu, np. przy użyciu palnika, wywołuje ono zwykle gradient temperatury, czyli różnicę temperatury na grubości, szerokości lub wysokości elementu, a w wyniku lokalnego nagrzewania powierzchni prostowanego elementu jego części nienagrzane otaczające obszar nagrzany nie pozwalają materiałowi swobodnie się rozszerzać. W dostatecznie wysokiej temperaturze powstają odkształcenia plastyczne takie jak w przypadku rozszerzania swobodnego, zmniejszone o odkształcenia sprężyste. Po usunięciu źródła ciepła odkształcenia plastyczne pozostają. Skuteczność prostowania termicznego zależy od wielu czynników, takich jak: parametry technologiczne (m.in. temperatura nagrzewania i stygnięcia, moc cieplna palników, pochylenie i odległość dyszy palnika, prędkość przesuwania palnika), właściwości

mechaniczne i cieplno-fizyczne materiału prostowanego elementu (m.in. granica plastyczności, współczynnik przewodnictwa cieplnego, ciągliwość, twardość), charakterystyka geometryczna prostowanego elementu, sposób nagrzewania (klinowe, pasmowe/liniowe, punktowe oraz ich kolejność) oraz reakcja elementu na przyłożone ciepło (m.in. naprężenia początkowe, wspomaganie nagrzewania oddziaływaniem mechanicznym, więzy wewnętrzne prostowanego elementu/przekroju, wielokrotność nagrzewania, wpływ hartowania). Podczas procesu prostowania termicznego (nagrzewania) zmieniają się właściwości mechaniczne i cieplno-fizyczne materiału, ale w procesie stygnięcia wracają one z reguły do stanu pierwotnego. W miarę przyrostu temperatury elementu maleją współczynnik przewodzenia ciepła, współczynnik sprężystości podłużnej i granica plastyczności, a rosną współczynnik konwekcji, współczynnik emisji, współczynnik rozszerzalności termicznej oraz ciepło właściwe. Prostowanie środniczka dźwigarów może być w omawianym przypadku, realizowane przy użyciu palników z mieszkanką acetylenowo-tlenową, która spala się w temperaturze 2750-3300°C. Wysoka temperatura spalania pozwala łatwiej kontrolować proces prostowania. Wykorzystywane palniki powinny mieć odpowiednią moc cieplną (np. palniki o mocy 45 kW). W przypadku relatywnie niewielkich deformacji, do prostowania termicznego można wykorzystać technikę nagrzewania liniowego. Nagrzewanie odbywać się winno po wypukłej stronie środniczka dźwigara, która docelowo ma ulec skróceniu a dopuszczalna maksymalna temperatura nagrzania jaką winno się przyjąć dla stali S355N to 650°C. W praktyce widoczne odkształcenia termiczne występują dopiero przy temperaturze 370°C, a po przekroczeniu temperatury ok. 770°C zniszczeniu ulega powierzchnia elementu. Zatem przyjęty zakres temperatury roboczej w przedziale 370-650°C można uznać za prawidłowy, umożliwiający skuteczną naprawę deformacji środniczka blachownicy, bez istotnego wpływu na właściwości materiału dźwigarów po naprawie. Po nagrzaniu stosuje się zwykle samoistne stygnięcie stali. Przyspieszanie procesu stygnięcia może prowadzić do negatywnych zjawisk w materiale, polegających na zahartowaniu stali, chociaż zwiększa to zwykle skuteczność procesu prostowania, więc w procesie naprawy winno się stosować stygnięcie samoistne. Czas nagrzewania jest jednym z najważniejszych parametrów procesu prostowania termicznego. Nie ma jednak wyraźnego związku między czasem nagrzewania a uzyskiwanym odkształceniem elementu. Czas powinien być na tyle długi, aby powstał odpowiedni gradient temperatury na grubości blachy oraz wystarczająco krótki, aby uzyskać odpowiedni rozkład temperatury na powierzchni. Przy tego typu naprawach zwykle stosuje się wspomaganie mechaniczne procesu prostowania termicznego. W przypadku omawianej naprawy, ze względu na znaczne gabaryty prostowanych elementów, należy zastosować wspomaganie mechaniczne prostowania w postaci układu ściąągów sprężających z wprowadzeniem w nie odpowiednich sił prostujących. Dla stali S355N wartość maksymalnych, nadających się do prostowania deformacji wyznacza się ograniczając od dołu promień krzywizny prostowanych elementów $R_{\min} = b/0,0517242$ [23], gdzie b jest szerokością w płaszczyźnie wygięcia. W przypadku naprawianych środniczków, przy tak odkształceniach z płaszczyzny pionowej $R_{\min} = \text{ok. } 3400$ mm, pomierzone promienie deformacji zapewne okażą się znacznie większe, co jednoznacznie kwalifikuje środniczki do naprawy przez prostowanie termiczne. Z analizy dostępnego piśmiennictwa, wpływ prostowania termicznego na właściwości dźwigarów mostowych jest taki, że jeden cykl prostowania termicznego prowadzi do niewielkiego spadku modułu sprężystości i ciągliwości, ale równocześnie następuje podwyższenie granicy plastyczności i wytrzymałości na rozciąganie. Wartość stosunku R_e/R_m wzrasta z około 68% przed prostowaniem termicznym do 78% po jednym cyklu prostowania termicznego, więc prostowanie termiczne nie wpływa na nośność dźwigarów, które

pozostają zdolne do przenoszenia analogicznych obciążeń jak te, na które zostały zaprojektowane.

Szczegółowa inwentaryzacja uszkodzeń środника i pasa dolnego powinna odbyć się przed oczyszczeniem dźwigarów z powłok malarskich (zdecydowanie łatwiej jest wówczas zlokalizować miejsca ewentualnych uszkodzeń materiałowych, które – jeśli występują – pokrywają się najczęściej z uszkodzeniami powłok), może to więc prowadzić do większej liczby napraw (w jej trakcie mogą się odnaleźć kolejne uszkodzenia) niż wynika to bezpośrednio z inwentaryzacji uszkodzeń, przeprowadzonej po awarii i w związku z niniejszym opracowaniem. Przed przystąpieniem do naprawy należy oczyścić środnik dźwigara z powłok antykorozyjnych, w stopniu umożliwiającym jej realizację.

4.4. Warunki wykonania, odchyłki dopuszczalne i badania odbiorcze

Prace naprawcze dźwigarów (prostowanie termiczne, prace spawalnicze) winny być prowadzone wtedy, gdy warunki atmosferyczne są sprzyjające: temperatura otoczenia przy spawaniu stali o podwyższonej wytrzymałości musi być nie niższa niż $+10^{\circ}\text{C}$ i nie wyższa niż $+35^{\circ}\text{C}$, niedopuszczalne jest spawanie podczas opadów atmosferycznych oraz przy wysokim zapyleniu (przyległe tereny rolniczo wykorzystywane), bez zabezpieczenia przed nimi stanowisk roboczych i złączy spawanych. W utrudnionych warunkach atmosferycznych (wilgotność względna powietrza większa niż 80%, mżawka, wiatr o prędkości większej niż 5 m/s, temperatury powietrza w granicach podanych powyżej,) oraz przy ewentualnym dużym zapyleniu, należy opracować i uzgodnić specjalne, technologiczne środki, gwarantujące otrzymanie spoin należytej jakości. W konsekwencji prowadzi to sugestii, iż prace naprawcze winno się prowadzić w okresie wiosennym lub początkowo letnim przy ciepłej, stabilnej i sprzyjającej pogodzie, a prowadzenie robót naprawczych w zimowych i wczesnowiosennych warunkach wyklucza się.

Konstrukcję stalową mostu wytworzono i wbudowano w oparciu o podane w dokumentacji projektowej [22] wymiary nominalne, z nieuniknionymi błędami rzeczywistymi wymiarów i wzajemnej konfiguracji elementów składowych przekrojów w granicach dopuszczalnych odchyłek od tych wymiarów i położeń, które były akceptowalne dla prawidłowego działania konstrukcji, której to praca została naruszona w wyniku uderzenia, a zdeformowane jej elementy winno się objąć programem naprawczym tj. poddać prostowaniu i koniecznej wymianie. Dlatego też konieczne jest określenie dopuszczalnych błędów wymiarowych podczas naprawy dźwigarów głównych, rozumianych jako różnicę pomiędzy wymiarem lub położeniem nominalnym (przed uderzeniem) a takimi wymiarami lub konfiguracją elementów składowych przekroju dźwigarów (pasy, środnik) po naprawie czyli tolerancji wykonania naprawy, które określa się następująco:

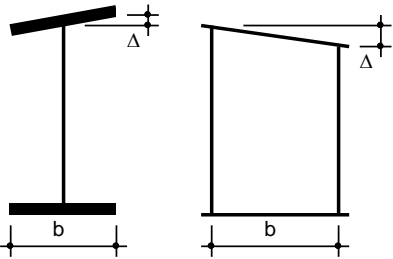
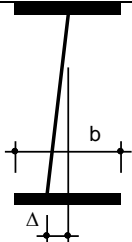
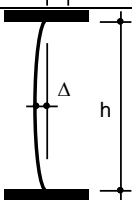
- dopuszczalne odchyłki wymiarów liniowych przyłączeniowych (segmenty naprawcze pasa dolnego), tj. wymiarów konstrukcyjnych zależnych od innych wymiarów, podlegające pasowaniu, warunkujące prawidłowy ich montaż oraz normalne funkcjonowanie konstrukcji dźwigarów po naprawie,

Wymiary liniowe elementów konstrukcyjnych pasów dolnych, których dokładność została podana w *PN*, powinny być zawarte w granicach podanych w tabelicy 2 *Dopuszczalne odchyłki wymiarów liniowych* normy [8], przy czym nie ustala się innych niż podane w tabelicy obostrzeń

Wymiar nominalny [mm]		Dopuszczalne odchyłki wymiaru (\pm) [mm]	
ponad	do	przyłączeniowego	swobodnego
500	1000	0.5	1.5
1000	2000	1.0	2.5
2000	4000	1.5	4.0
4000	8000	2.5	6.0
8000	16000	4.0	10.0
16000	32000	6.0	15.0
32000		10.0	1/1000 wymiaru lecz nie więcej niż 50

z zastrzeżeniem, iż wymiar długości segmentu naprawczego pasa winien być tolerowany jednostronnie asymetrycznie, co oznacza zerową odchyłkę maksymalną wymiaru nominalnego.

- dopuszczalne odchyłki swobodne kształtu przekroju poprzecznego elementów konstrukcyjnych podaje się za Tablicą 3. *Dopuszczalne odchyłki swobodne kształtu przekroju poprzecznego* tej samej normy, określając przy tym inne niż normowe wielkości tolerowanych odchyłek kształtu

Lp.	Rodzaje odchyłek	Szkic	Dopuszczalna wielkość Δ
1	Nieprostokątść półek lub ścianek		0.01 wymiaru, lecz nie więcej niż 10 mm
2	Przesunięcie lub wygięcie środka		0.05 h, lecz nie więcej niż 80 mm
3	Wybrzuszenie blach		0,015 wymiaru h, lecz nie więcej niż 80 mm

przy czym dla poszczególnych odchyłek ustala się rodzaje tolerowań:

- tolerowanie symetryczne – dla Lp. 1 i Lp. 2 (jako, że awaryjne odkształcenie środka jest „na zewnątrz” – nie zaleca się odchyłki położenia środka dźwigara „do wewnątrz” układu dźwigarów – jego „przecignięcia” poza położenie pionowe),
- tolerowanie asymetryczne jednostronne – dla Lp. 3 (nawet niezamierzone uzyskanie wybrzuszenia „do wewnątrz uznaje się za niemożliwe). Należy prowadzić stałe pomiary geodezyjne prostowanego środka a naprawę winno się uznać za skuteczną, jeżeli wszystkie parametry geometryczne mieścić się będą tolerancjach wymiarowych powyżej podanych.

Spoiny czołowe specjalnej jakości łączące środek blachownic z odcinkami nowych pasów dolnych oraz segmenty naprawcze pasa (zalecane badania ultradźwiękowe blach pasów na rozwarstwienie – klasa P6 wg PN–84/0601–05), położone po odpowiednim

przygotowaniu do spawania krawędzi blachy średnika i pasów należy wykonać szczególnie starannie i taką technologią (np. przez zastosowanie odpowiednich podkładek), aby grań była jednolita i gładka (dopuszczalna wielkość podtopienia lub wklęsnięcia grani wg PN-85/M-69775 wg klasy wadliwości W1 dla złączy specjalnej jakości) oraz skontrolować na całej długości metodami nieniszczącymi (VT, RT, przy czym określona na podstawie radiogramu wadliwość złącza powinna być co najmniej klasy R1 wg PN-87/M-69772 (U1 wg PN-89/M-69777) czyli określić poziom ich jakości, który określa granice wymiarów niezgodności spawalniczych, odpowiadających wymaganej lub spodziewanej jakości złącza. Aby uzyskać wymiary ewentualnej wady w spoinie, należy przeprowadzić odpowiednie standardowe badania nieniszczące a za takie uznaje się kompleksowe badania kilkoma metodami nieniszczącymi: np. VT, RT lub MT (krótka charakterystyka metod – poniżej), a ich wybór obarczony jest szeregiem czynników jak:

- metoda spawania,
 - rodzaj złącza i jego wymiary,
 - poziom jakości,
 - kształt elementu, jego dostępność, stan powierzchni,
 - spodziewane rodzaje niezgodności spawalniczych (wybór metod należy do Wykonawcy robót naprawczych).
- metoda wizualna (VT) stosowana do oglądania od wewnątrz wyrobów złożonych także wykonanych spoin. Wymaga ona użycia przyrządów optycznych, a miejsce badania musi być oczyszczone, metoda bardzo wszechstronna (może wystarczyć jedno miejsce dostępu), jednak jest ona obarczona dużą dozą niepewności. Jest to podstawowe badanie stosowane do oceny wszelkiego rodzaju konstrukcji spawanych. Natężenie oświetlenia na powierzchnię badaną powinno wynosić, co najmniej 350 lx, jednak zaleca się, co najmniej 500 lx. Odległość między okiem badającego, a powierzchnią badaną nie powinna być większa niż 600 mm. Kąt widzenia nie powinien być mniejszy niż 30°. Podczas tego typu badań wykorzystuje się latarki, lupy, spoinomierze, endoskopy, luksumierze cyfrowe,
 - metoda radiologiczna (RT) jest jedną z najbardziej rozpowszechnionych metod kontroli jakości złączy spawanych. Technologia ta charakteryzuje się dobrą wykrywalnością niezgodności wewnętrznych, prostą interpretacją wyników badań oraz radiogramem, jako produktem końcowym badania, który może być następnie poddany wielokrotnej analizie. W badaniach najczęściej wykorzystuje się badanie X lub g. Kontrola radiologiczna polega na wykonaniu radiogramów badanych złączy, następnie opisaniu zaobserwowanych na otrzymanych radiogramach niezgodności (miejsc o różnym zaciemnieniu) i ocenie, na ich podstawie, jakości złączy. Różnice w zaciemnieniu są wynikiem zmiany natężenia promieniowania, które zostało zaabsorbowane przez materiał w różnym stopniu - zależnym od wymiaru „grubości” wady,
 - metoda magnetyczno – proszkowa (MT) używana do wykrycia wad w spoinach ferromagnetycznych złączy spawanych. Po oczyszczeniu spoiny następuje magnesowanie, którego dokonuje się za pomocą elektromagnesów jarzmowych, źródła prądu wzbudzającego z elektrodami stykowymi lub przewodników przylegających (w większości spawalnych materiałów ferromagnetycznych zaleca się zastosowanie natężenia magnetycznego pola stycznego na poziomie od 2 kA/m do 6 kA/m). Kolejną czynnością jest nanoszenie środków wykrywających, np. za pomocą natryskiwania lub napyłania. Czas potrzebny do utrzymania namagnesowanego elementu powinien być wystarczający do utworzenia wskazań, ich rejestrację można przeprowadzić za pomocą szkiców, fotografii lub elektrooptycznego skanowania a

prawidłowy dobór parametrów badania sprawdzić za pomocą miernika natężenia pola magnetycznego oraz wzorca Bertholda.

Z uwagi na niedawną nowelizację prawa dopuszcza się możliwość zastosowania europejskiego systemu normującego (norm zharmonizowanych o symbolach PN-EN) do określenia cech geometrycznych i materiałowych elementów naprawianych blachownic i warunków wykonania nowych spoin łączących elementy przekroju poprzecznego dźwigarów tj. określenia poziomu jakości złącza spawanego (np. poziom B lub C) i odpowiadających metod jego badania (metoda VT, MT, inne).

Wyniki pomiarów i badań przeprowadzonych po naprawie stanowić winny podstawę do ponownego porównania z parametrami geometrycznymi i materiałowymi wbudowanych i funkcjonujących do czasu zdarzenia stalowych dźwigarów głównych. Naprawę uznać można za skuteczną, jeżeli wszystkie parametry geometryczne będą się mieścić w określonych tolerancjach wymiarowych dla elementów dźwigarów, a wszystkie wyniki badań materiałowych i spoin wykażą brak uszkodzeń i wad, a pozytywne wyniki porównania, świadczące o skuteczności przeprowadzonej naprawy wraz z wynikami analizy procesu prostowania termicznego stanowić winny podstawę do zakwalifikowania naprawionych odcinków dźwigarów jako ich pełnowartościowe części, które łącznie odtwarzają dźwigary blachownicowe o walorach i cechach wytrzymałościowych takich, jakie uzyskały po wbudowaniu, z gwarancją bezpiecznego użytkowania całego obiektu.

5. Monitoring uszkodzeń

Jednym z warunków dopuszczenia obiektu do ruchu bez ograniczeń ciężaru pojazdów użytkowych (pomimo deformacji dźwigarów), zastrzeżonym w *Notatce...*[3] był warunek prowadzenia ciągłego monitoringu propagacji uszkodzeń blachownic, z kryteriami obserwacji, interwałów czasowych i formułą raportowania wyników, określonymi przez Zamawiającego i monitoring taki był prowadzony w okresie od 12.10.2022 r. do 15.12.2022 r. Podczas tego okresu nie zaobserwowano pogorszenia stanu deformacji dźwigarów, jednak ze względu na zmienny stan naprężeń termicznych w konstrukcji stalowej (okres niskich temperatur – zimowy) winno się w dalszym ciągu prowadzić monitoring uszkodzeń do czasu przekazania placu budowy Wykonawcy remontu dźwigarów. Monitoring należy prowadzić w odstępach 2-tygodniowych a w przypadku zaistnienia takiej konieczności – częściej (np. co tydzień), przy czym sugeruje się by zakres obserwacji i formułę raportowania wyników monitoringu utrzymać w wersji dotychczasowej.

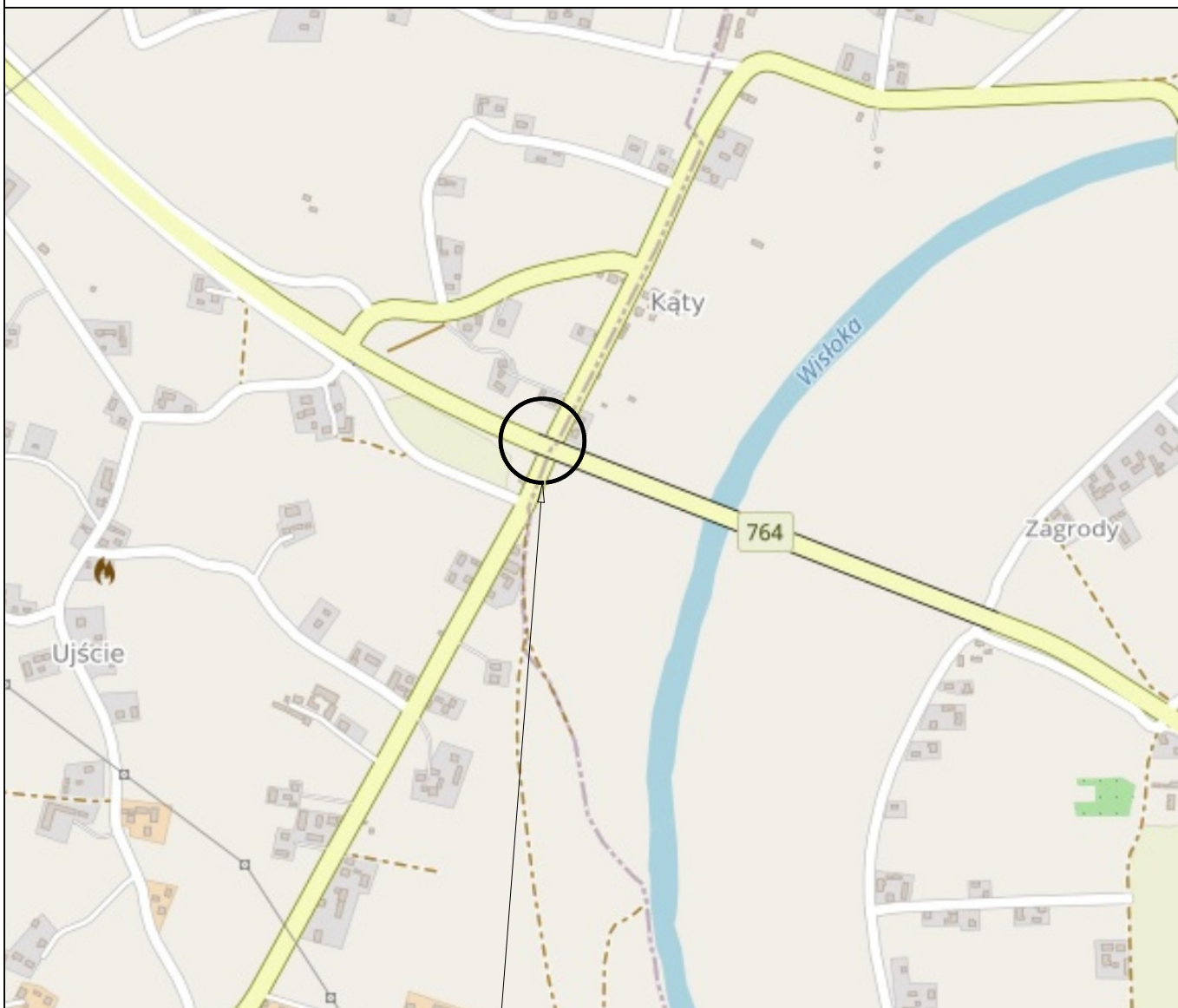
Opracowali:

Jan Gwiszcz

Zbigniew Jajuga

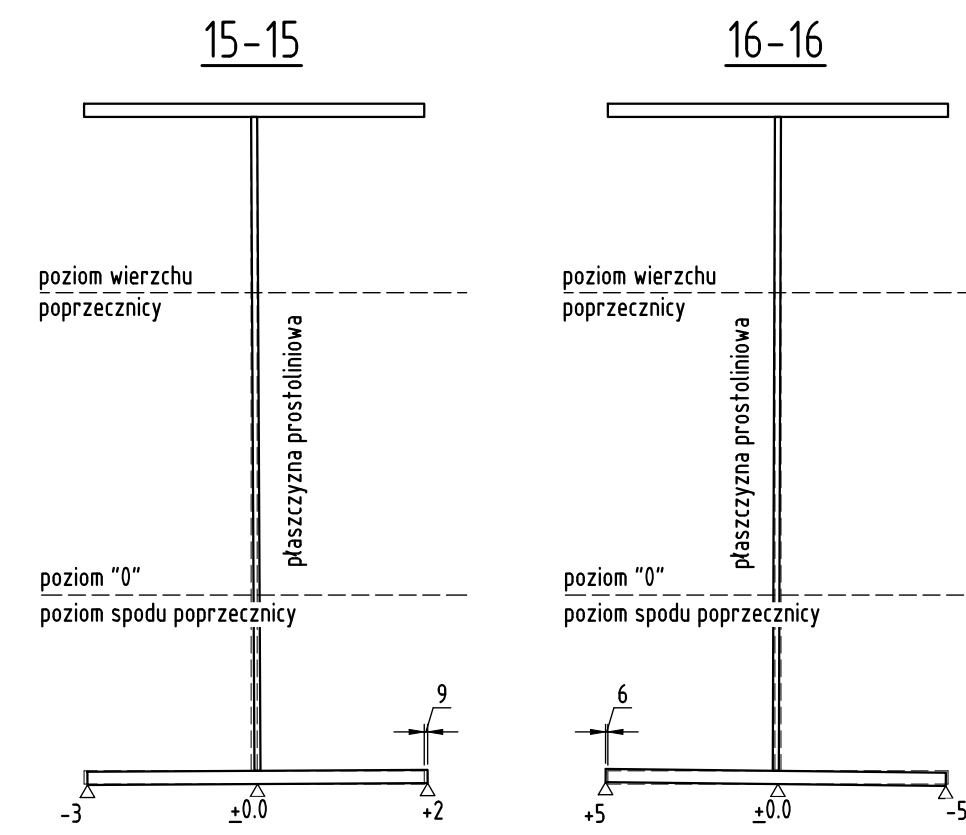
III. CZĘŚĆ RYSUNKOWA



Rys. nr 0. ORIENTACJA	1:10 000
Rys. nr 1. RYSUNEK INWENTARYZACYJNY. PRZEKROJE POPRZECZNE/WIDOK Z GÓRY NA PAS DOLNY DŹWIGARÓW	1:20, 1:50
Rys. nr 2. RYSUNEK INWENTARYZACYJNY. PROFIL KRZYWIZNY DŹWIGARA	1:20, 1:50
Rys. nr 3. SCHEMAT ETAPOWANIA NAPRAWY DŹWIGARÓW WIDOK Z BOKU	1:100
Rys. nr 4. SCHEMAT ETAPOWANIA NAPRAWY DŹWIGARÓW PRZEKROJE POPRZECZNE	1:50



REMONT DŹWIGARÓW MOSTU PRZEZ RZ. WISŁOKA W M. GAWŁUSZOWICE W
CIĄGU DROGI WOJ. NR 764 KIELCE-POŁANIEC-TUSZÓW NARODOWY W KM
77+463.

	Imię i nazwisko	Data		Podpis
Projektował:	mgr inż. Zbigniew Jajuga	12.2022	M-ty 172/94	
Projektował:	mgr inż. Jan Gwiszcz	12.2022	PDK/0086/PWOM/11	
Jednostka projektowa:				
 makroforma		makroforma Jan Gwiszcz 38-100 Strzyżów, ul. Grunwaldzka 15/14 tel.: 694 429 578 e-mail: makroforma@wp.pl		
Zamawiający:	 Podkarpacki Zarząd Dróg Wojewódzkich ul. Boya-Żeleńskiego 19A 35-105 Rzeszów			
Nazwa zamierzenia budowlanego: REMONT DŹWIGARÓW MOSTU PRZEZ RZ. WISŁOKA W M. GAWŁUSZOWICE W CIĄGU DROGI WOJ. NR 764 KIELCE-POŁANIEC-TUSZÓW NARODOWY W KM OD 77+463 DO 77+491.				
Nazwa rysunku: Orientacja				
Nazwa projektu: Program naprawczy dźwigarów mostu				
Skala:	1:10000	Nr rysunku:	0	Nr rewizji: 00



	Imię i Nazwisko	Data	Nr uprawnień	Podpis
Projektował:	mgr inż. Zbigniew Jajuga	12.2022	M-1y 172/94	
Projektował:	mgr inż. Jan Gwiszcz	12.2022	PKD/0086/PWOM/11	

Zamawiający:  Podkarpacki Zarząd Dróg Wojewódzkich
ul. Boya-Żeleńskiego 19A
35-105 Rzeszów

Nazwa rysunku: Rysunek inwentaryzacyjny
Przekroje poprzeczne / Widok z góry na pas dolny dźwigarów

Nazwa projektu: Program naprawczy dźwigarów mostu

Skala:	Nr rysunku:	Nr rewizji:
1:20; 1:50	1	00

2

1%



os podparcia

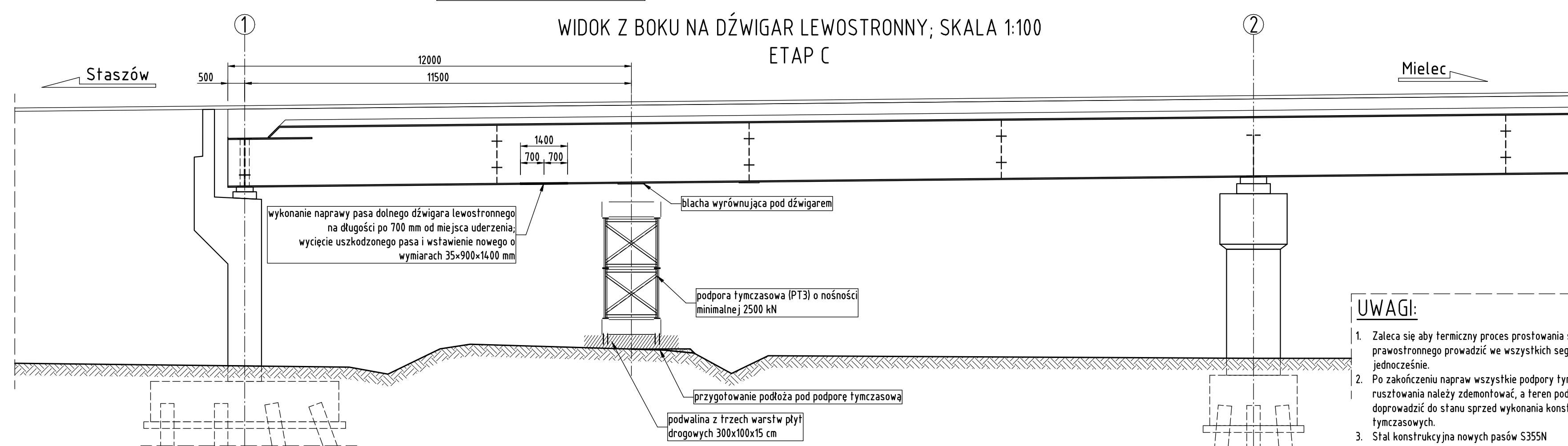
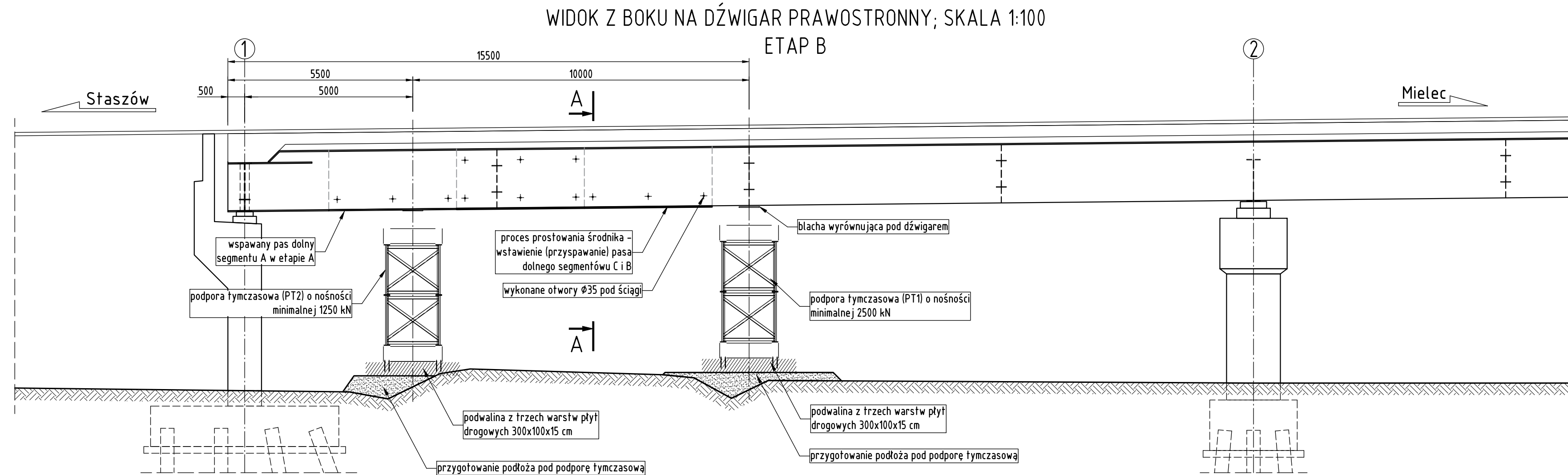
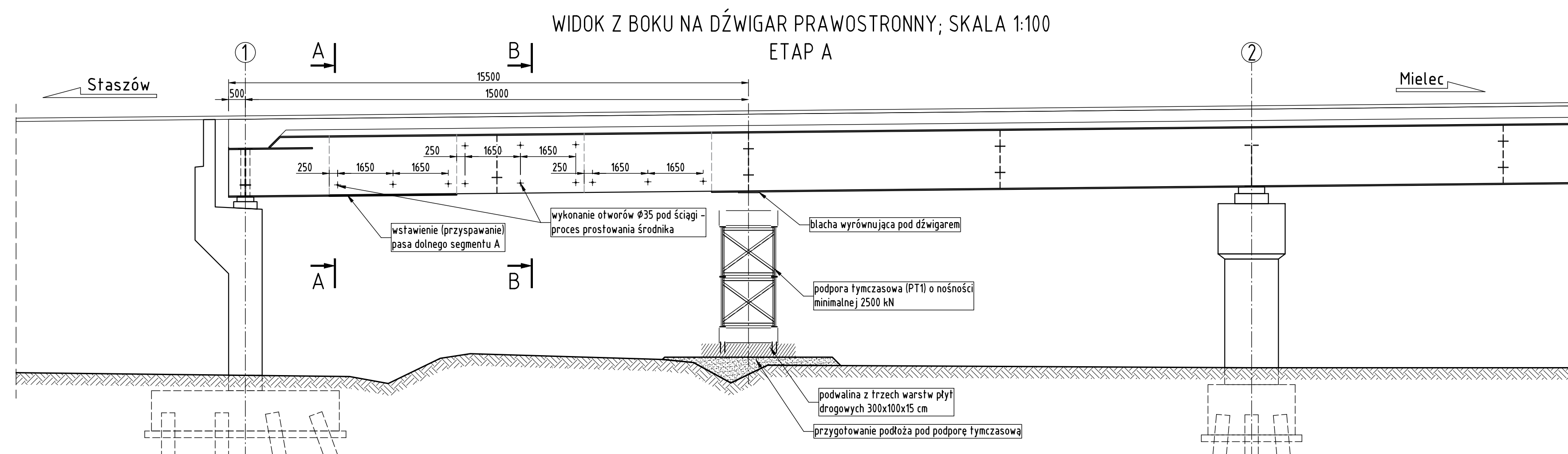
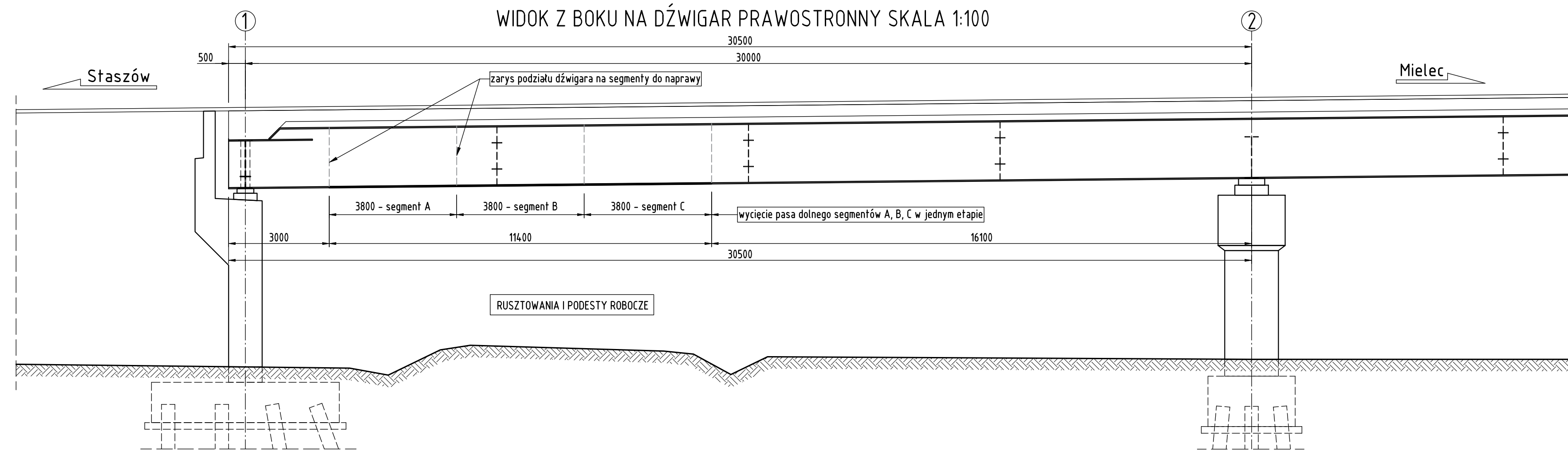
os podparcia

3.00

[illegible]

— LINIA KRAWĘDZI LEWOSTRONNEJ
— LINIA ŚRODNIA
— LINIA KRAWĘDZI PRAWOSTRONNEJ
— LINIA SPODU DŹWIGARA - PROJEKTOWANA

	Imię i Nazwisko	Data	Nr uprawnień	Podpis
Projektował:	mgr inż. Zbigniew Jajuga	12.2022	M-ty 172/94	<i>[Signature]</i>
Projektował:	mgr inż. Jan Gwiszcz	12.2022	PKD/0086/PWOM/11	<i>[Signature]</i>
<p>Jednostka projektowa:</p> <div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 10px;"> <p>makroforma</p> <p>38-100 Strzyżów, ul. Grunwaldzka 15/14 tel.: 694 429 578 e-mail: makroforma@wp.pl</p> </div> </div>				
Zamawiający:		 <p>Podkarpacki Zarząd Dróg Wojewódzkich ul. Boya-Zeleńskiego 19A 35-105 Rzeszów</p>		
<p>Nazwa zamierzenia budowlanego:</p> <p style="text-align: center;">REMONT DŹWIGARÓW MOSTU PRZEZ RZ. WISŁOKA W M. GAWŁUSZOWICE W CIĄGU DROGI WOJ. NR 764 KIELCE-POŁANIEC-TUSZÓW NARODOWY W KM OD 77+463</p>				
Nazwa rysunku:		<p>Rysunek inwentaryzacyjny Profil krzywizny dźwigara</p>		
Nazwa projektu:		<p>Program naprawczy dźwigarów mostu</p>		
Skala:	Nr rysunku:		Nr rewizji:	
1:20, 1:50	2		00	



UWAGI:

1. Zaleca się aby termiczny proces prostowania środka dźwigara prawostronnego prowadzić we wszystkich segmentach (A, B i C) jednocześnie.
2. Po zakończeniu napraw wszystkie podpory tymczasowe i rusztowania należy zdemontować, a teren pod obiektem doprowadzić do stanu sprzed wykonania konstrukcji tymczasowych.
3. Stal konstrukcyjna nowych pasów S355N

ETAPOWANIE PRAC NAPRAWCZYCH

ETAP A

1. Przygotowanie podłoża i ustawienie podpory tymczasowej PT1 o nośności minimalnej 2500 kN.
2. Wycięcie segmentów A, B i C pasa dolnego dźwigara prawostronnego.
3. Wykonanie otworów Ø35 pod ściągi i podłużnice.
4. Ustawienie przekładek z drewna twardego, montaż podłużnic i ściągów. W obrębie uszkodzenia środka określonego jako prostoliniowy ściągi ułożyć wg przekroju poprzecznego "A" (segment A).
5. Wykonanie termicznego prostowania środka po przez naciąg ściągów.
6. Wstawienie (przyspawanie) pasa dolnego segmentu A.

ETAP B

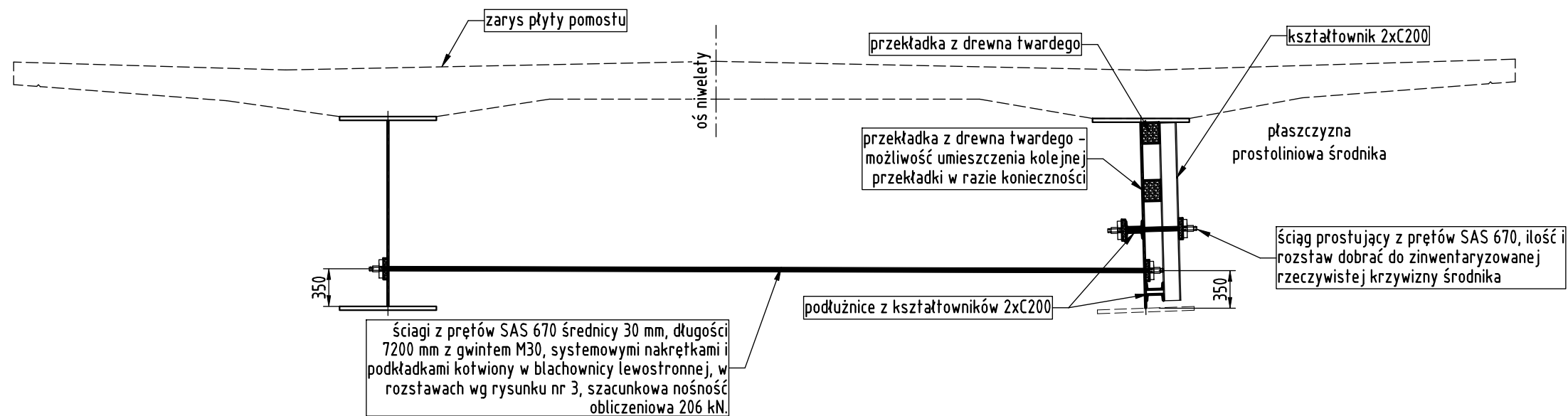
1. Przygotowanie podłoża i ustawienie podpory tymczasowej PT2 o nośności minimalnej 1250 kN.
4. Ustawienie przekładek z drewna twardego, montaż podłużnic i ściągów. W obrębie uszkodzenia środka określonego jako krzywoliniowy ściągi ułożyć wg przekroju poprzecznego "B" (segment B). W obrębie uszkodzenia środka określonego jako prostoliniowy ściągi ułożyć wg przekroju poprzecznego "A" (segment C).
5. Wykonanie termicznego prostowania środka po przez naciąg ściągów.
6. Wstawienie (przyspawanie) pasa dolnego segmentów C i B. W pierwszej kolejności wstawić pas segmentu C następnie segmentu B.

ETAP C

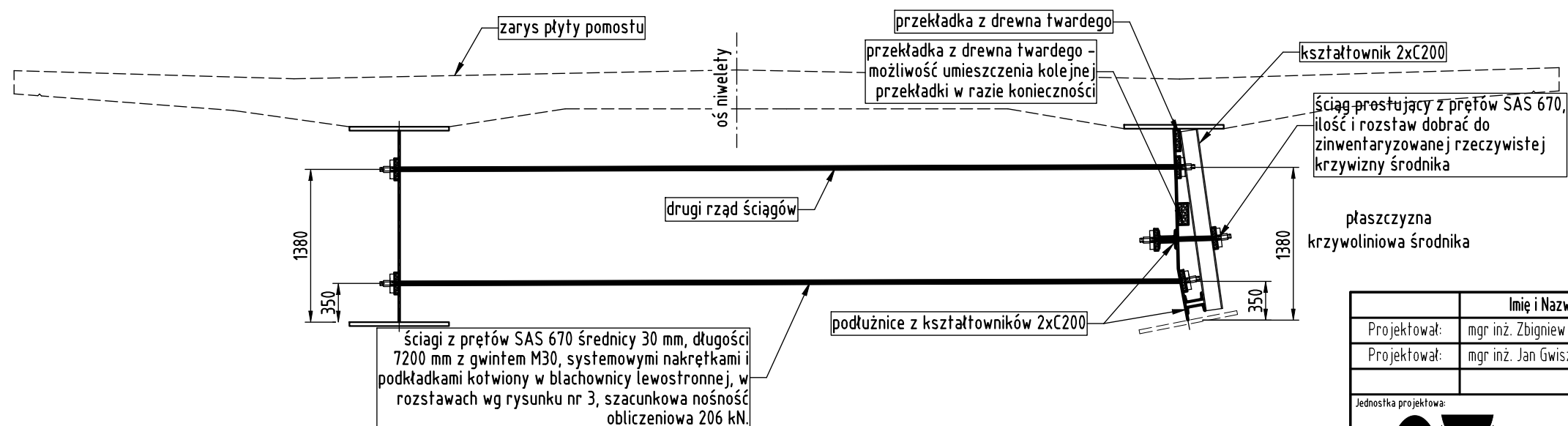
1. Przygotowanie podłoża i ustawienie podpory tymczasowej PT3.
2. Wycięcie uszkodzonego odcinka pasa dolnego na długości po 700 mm od miejsca uderzenia w obie strony.
3. Wstawienie (przyspawanie) nowego pasa o wymiarach 35x900x1400 mm.


	Imię i Nazwisko	Data	Nr uprawnień	Podpis
Projektował:	mgr inż. Zbigniew Jajuga	12.2022	M-ty 172/94	
Projektował:	mgr inż. Jan Gwiszcz	12.2022	POK/0086/PWOM/11	
Jednostka projektowa:				
		makroforma Jan Gwiszcz		
		38-100 Strzyżów, ul. Grunwaldzka 15/14 tel. 694 429 578 e-mail: makroforma@wp.pl		
Zamawiający:	Podkarpacki Zarząd Dróg Wojewódzkich			
	ul. Boya-Zeleńskiego 19A 35-105 Rzeszów			
Nazwa zamierzenia budowlanego:				
REMONT DŹWIGARÓW MOSTU PRZEZ RZ. WIŚLÓKA W M. GAWŁUSZOWICIE W CIĄGU DRÓGI WOJ. NR 764 KIELCE-POLANIEC-TUSZÓW NARODOWY W KM 77+463				
Nazwa rysunku:	Schemat etapowania naprawy dźwigarów Widoki z boku			
Nazwa projektu:	Program naprawy dźwigarów mostu			
Skala:	Nr rysunku:	Nr wersji:		
1:100	3			00

Przekrój poprzeczny "A"; skala 1:50
Proces prostowania łożyska po demontażu pasa dolnego -
ciąg prostujący płaszczyznę prostoliniową łożyska dźwigara



Przekrój poprzeczny "B"; skala 1:50
Proces prostowania łożyska po demontażu pasa dolnego -
ciąg prostujący płaszczyznę krzywoliniową łożyska dźwigara



	Imię i Nazwisko	Data	Nr uprawnień	Podpis
Projektował:	mgr inż. Zbigniew Jajuga	12.2022	M-ty 172/94	
Projektował:	mgr inż. Jan Gwiszcz	12.2022	PDK/0086/PWOM/11	
Jednostka projektowa:				
		makroforma Jan Gwiszcz 38-100 Strzyżów, ul. Grunwaldzka 15/14 tel.: 694 429 578 e-mail: makroforma@wp.pl		
Zamawiający:		Podkarpacki Zarząd Dróg Wojewódzkich ul. Boya-Zeleńskiego 19A 35-105 Rzeszów		
Nazwa zamierzenia budowlanego:				
REMONT DŹWIGARÓW MOSTU PRZEZ RZ. WISŁOKA W M. GAWLUSZOWICE W CIĄGU DROGI WOJ. NR 764 KIELCE-POŁANIEC-TUSZÓW NARODOWY W KM 77+463				
Nazwa rysunku:				
Schemat etapowania naprawy dźwigarów Przekroje poprzeczne				
Nazwa projektu:				
Program naprawczy dźwigarów mostu				
Skala:	Nr rysunku:		Nr rewizji:	
1:50	4		00	