

INWESTOR:



Zarząd Dróg Miejskich

**MIASTO POZNAŃ  
ZARZĄD DRÓG MIEJSKICH  
UL. WILCZAK 17  
61-623 POZNAŃ**

LOKALIZACJA  
INWESTYCJI:

**POWIAT: MIASTO POZNAŃ  
OBRĘB: NOWE MIASTO**

STADIUM  
OPRACOWANIA:

**PROJEKT WYKONAWCZY**

TEMAT:

**PROJEKT ROBÓT BUDOWLANYCH POLEGAJĄCYCH  
NA REMONCIE UL. B. KRZYWOUSTEGO  
NA ODCINKU OD WIADUKTU NAD TORAMI  
KOLEJOWYMI DO WĘZŁA AUTOSTRADOWEGO  
„KRZESINY” W POZNANIU**

BRANŻA:

**DROGOWA**

OPRACOWANIE:

**PROJEKT KONSTRUKCJI NAWIERZCHNI  
ETAP I i ETAP II**

**KATEGORIA OBIEKTU BUDOWLANEGO: IV, XXV.**

**NUMER UMOWY ZLECENIA: UD.225.0005.NM.2020 z dnia 05.02.2020 r.**

**Egzemplarz nr 1**

**Poznań, kwiecień 2020 r.**

# **VIA CONSULTING sp. z o.o.**

PROJEKTOWANIE, DORADZTWO, NADZORY  
80-231 Gdańsk, ul. Fiszera14, pok.509, +48 603 874 596, biuro@viaconsulting.pl, www.viaconsulting.pl  
Adres do korespondencji: Jowisza 24, 83 – 010 STRASZYN  
NIP: 957-100-11-38, KRS: 0000308423

---

**PROJEKT KONSTRUKCJI NAWIERZCHNI DLA ZADANIA:  
REMONT ULICY BOLESŁAWA KRZYWOUSTEGO NA ODCINKU OD  
WIADUKTU NAD TORAMI KOLEJOWYMI DO WĘZŁA  
AUTOSTRADOWEGO „KRZESINY” W POZNANIU.**

Opracowano dla potrzeb:

**Drog Geo Projekt Ryszard Bartosz Świdurski  
Warzywna 1  
62-025 KOSTRZYN**

adres do korespondencji:

**Osiedle Wielkopolskie 10,  
62-020 Zalasewo**

Opracował:



**Dr inż. Bohdan Dołżycki**

**Gdańsk, kwiecień 2020**

## **PROJEKT KONSTRUKCJI NAWIERZCHNI DLA ZADANIA:**

### **REMONT ULICY BOLESŁAWA KRZYWOUSTEGO NA ODCINKU OD WIADUKTU NAD TORAMI KOLEJOWYMI DO WĘZŁA AUTOSTRADOWEGO „KRZESINY” W POZNANIU.**

#### **1. Podstawa opracowania**

Opracowanie wykonano na zlecenie firmy Drog Geo Projekt Ryszard Bartosz Świdurski, Warzywna 1, 62-025 KOSTRZYN (adres do korespondencji: Osiedle Wielkopolskie 10, 62-020 Zalasewo) dla potrzeb zadania „Remont ulicy Bolesława Krzywoustego na odcinku od wiaduktu nad torami kolejowymi do węzła autostradowego „Krzesiny” w Poznaniu”.

#### **2. Cel i zakres opracowania**

Celem opracowania jest wykonanie projektu konstrukcji nawierzchni ulicy B. Krzywoustego na odcinku nad torami kolejowymi do węzła autostradowego „Krzesiny” w Poznaniu.

Zakres opracowania obejmuje:

1. Zaprojektowanie nawierzchni dla istniejącej ulicy Krzywoustego w Poznaniu, w tym
  - Ocenę stanu istniejącego,
  - Określenie przewidywanych obciążeń,
  - Określenie sposobu przebudowy istniejącej nawierzchni ulicy Krzywoustego w Poznaniu,
2. Obliczenie trwałości zmęczeniowej zaproponowanych rozwiązań.

### **3. Materiały wyjściowe**

W opracowaniu projektu wykorzystano następujące materiały:

- [1] Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 2 marca 1999 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie. (Dz. U. Nr 43, poz. 430).
- [2] Katalog Typowych Konstrukcji Nawierzchni Podatnych i Półsztywnych. GDDKiA, Warszawa 2014.
- [3] Katalog Wzmocnień i Remontów Nawierzchni Podatnych i Półsztywnych GDDKiA, IBDiM, Warszawa 2001.
- [4] Nawierzchnie asfaltowe na drogach krajowych. WT-2:2014. Mieszanki mineralno-asfaltowe. Wymagania techniczne.
- [5] Mieszanki niezwiązane do dróg krajowych. WT-4:2010. Wymagania techniczne.
- [6] Mieszanki związane spoiwem hydraulicznym do dróg krajowych. WT-5:2010. Wymagania techniczne.
- [7] PN-S-02205 „Drogi samochodowe. Roboty ziemne. Wymagania i badania”.
- [8] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 17 lutego 2015 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie. (Dz. U. Nr 43, poz. 430).
- [9] Judycki J i wsp. „Analizy i projektowanie konstrukcji nawierzchni podatnych i półsztywnych” WKŁ 2014.
- [10] Zofka A. „Badania wstępne próbek z mieszanki mineralno-asfaltowej zbrojonych siatkami S&P Glasphalt oraz S&P Carbophalt”. Sprawozdanie nr TN-2/3469/1/15 IBDiM Warszawa 2015.
- [11] Opinia geotechniczna z dokumentacją badań podłoża gruntowego dla projektowanej inwestycji: „Remont ulicy B. Krzywoustego na odcinku nad torami kolejowymi do węzła autostradowego „Krzesy” w Poznaniu” LABGEO Wit Stanisław Witaszak ul. Zamojskich 15E 63-000 Środa Wlkp., kwiecień 2020.
- [12] „Katalog Wzmocnień i Remontów Nawierzchni Podatnych i Półsztywnych” IBDiM Warszawa 2001.

### **4. Stan istniejący**

Ocenę stanu istniejącego przeprowadzono na podstawie badań [11] oraz na podstawie oceny wizualnej nawierzchni.

#### **4.1. Stan nawierzchni**

Ulica Bolesława Krzywoustego tym odcinku ma nawierzchnię bitumiczną. Nawierzchnia jest w dość mocno zdegradowana. Występują liczne szerokie spękania poprzeczne, nierówności podłużne i poprzeczne oraz zapadnięcia i wyboje w nawierzchni. Typowy wygląd nawierzchni przedstawiają fotografie nr 1 i nr 2.



Fotografia 1. Typowy wygląd nawierzchni ulicy Krzywoustego w Poznaniu



Fotografia 2. Typowy wygląd nawierzchni ulicy Krzywoustego w Poznaniu

## 4. 2. Istniejąca konstrukcja nawierzchni

Zestawienie grubości stwierdzonych w odwiertach w nawierzchni przedstawiono w tabelicy 1. W tabelicy podano grubości poszczególnych warstw, rodzaj podbudowy oraz podłoże pod nawierzchnią.

Tabela 1. Zestawieni grubości warstw konstrukcyjnych wg [11]

Nr odwiertu	Grubość warstw bitumicznych [cm]	Rodzaj i grubość podbudowy [cm]	Podłoże gruntowe:
<b>Jezdnia od wiaduktu nad torami do autostrady A-2</b>			
1	29,0	Nie występuje	0 - 29,0 nawierzchnia 29,0 – 200,0 NB, piasek średni+ piasek drobny + żwir
3	11,0	15,0 podbudowa betonowa	0 – 26,0 nawierzchnia 26,0 – 200,0 NB, piasek średni+ piasek drobny + żwir
4	13,0	11,0 stabilizacja 12,0 mieszanka mineralno-asfaltowa	0 – 37,0 nawierzchnia 37,0 – 200,0 NB, piasek średni+ piasek drobny + żwir
5	10,0	20,0 stabilizacja 11,0 mieszanka mineralno-asfaltowa	0 – 41,0 nawierzchnia 41,0 – 200,0 NB, piasek średni+ piasek drobny + żwir
6	11,0	18,0 podbudowa betonowa 10,0 mieszanka mineralno-asfaltowa	0 – 39,0 nawierzchnia NB, piasek średni+ piasek drobny + żwir
7	12,0	17,0 podbudowa betonowa 11,0 mieszanka mineralno-asfaltowa	0 – 40,0 nawierzchnia NB, piasek średni+ piasek drobny + żwir
8	12,0	25,0 stabilizacja	0 – 37,0 nawierzchnia NB, piasek średni+ piasek drobny + żwir
9	11,0	15,0 kruszywo łamane	0 – 26,0 nawierzchnia 26,0 – 170,0 NB, piasek średni+ piasek drobny + żwir 170 – 200 glina piaszczysta//glina
10	13,0	25,0 podbudowa betonowa	0 – 38,0 nawierzchnia NB, piasek średni+ piasek drobny + żwir
11	10,0	10,0 kruszywo łamane	0 – 20,0 nawierzchnia 20,0 – 150,0 NB, piasek średni+ piasek drobny + żwir 150 – 200 glina//glina piaszczysta
12	13,0	20,0 stabilizacja	0 – 33,0 nawierzchnia NB, piasek średni+ piasek drobny + żwir
13	8,5	15,5 stabilizacja	0 – 24,0 nawierzchnia NB, piasek średni+ piasek drobny + żwir

**PROJEKT KONSTRUKCJI NAWIERZCHNI DLA ZADANIA:  
Remont ulicy Bolesława Krzywoustego na odcinku od wiaduktu nad torami kolejowymi do węzła  
autostradowego „Krzესiny” w Poznaniu.**

cd. tablica 1

14	14,0	12,0	podbudowa betonowa	0 – 26,0 NB, piasek średni+ piasek drobny + żwir	nawierzchnia
15	11,0	9,0	podbudowa betonowa	0 – 20,0 NB, piasek średni+ piasek drobny + żwir	nawierzchnia
16	16,0	9,0 15,0	podbudowa betonowa stabilizacja	0 – 40,0 NB, piasek średni+ piasek drobny + żwir	nawierzchnia
17	12,5	10,0	podbudowa betonowa	0 – 22,0 NB, piasek średni+ piasek drobny + żwir	nawierzchnia
18	10,0	16,0 14,0	podbudowa betonowa stabilizacja	0 – 40,0 NB, piasek średni+ piasek drobny + żwir	nawierzchnia
19	9,0	12,0	podbudowa betonowa	0 – 21,0 NB, piasek średni+ piasek drobny + żwir	nawierzchnia
20	10,0	12,0 18,0	podbudowa betonowa stabilizacja	0 – 40,0 NB, piasek średni+ piasek drobny + żwir	nawierzchnia
21	19,0	19,0 10,0	podbudowa betonowa stabilizacja	0 – 48,0 48,0 – 55,0 55 – 200	nawierzchnia NB, piasek średni+ piasek drobny + żwir piasek gliniasty//glina piaszczysta
22	12,0	13,0 11,0	podbudowa betonowa stabilizacja	0 – 36,0 NB, piasek średni+ piasek drobny + żwir	nawierzchnia
23	12,0	12,0 15,0	podbudowa betonowa stabilizacja	0 – 39,0 NB, piasek średni+ piasek drobny + żwir	nawierzchnia
24	7,0	8,0 28,0	podbudowa betonowa stabilizacja	0 – 35,0 NB, piasek średni+ piasek drobny + żwir	nawierzchnia
25	13,0	7,0 13,0	podbudowa betonowa stabilizacja	0 – 33,0 NB, piasek średni+ piasek drobny + żwir	nawierzchnia
26	20,0	13,0 15,0	podbudowa betonowa stabilizacja	0 – 48,0 48,0 – 120,0 120 – 160 160 – 200	nawierzchnia NB, piasek średni+ piasek drobny + żwir piasek gliniasty//piasek drobny glina piaszczysta//glina
27	11,0	12,0 15,0	podbudowa betonowa stabilizacja	0 – 38,0 NB, piasek średni+ piasek drobny + żwir	nawierzchnia
28	12,5	17,5 10,0	podbudowa betonowa stabilizacja	0 – 40,0 NB, piasek średni+ piasek drobny + żwir	nawierzchnia
29	7,0	15,0 16,0	podbudowa betonowa stabilizacja	0 – 38,0 NB, piasek średni+ piasek drobny + żwir	nawierzchnia
<b>Jezdnia od autostrady A-2 do wiaduktu nad torami</b>					
30A	29,0	11,0	kruszywa łamana	0 – 40,0 NB, piasek średni+ piasek drobny + żwir	nawierzchnia
30	12,0	17,0 11,0	podbudowa betonowa stabilizacja	0 – 40,0 NB, piasek średni+ piasek drobny + żwir	nawierzchnia

**PROJEKT KONSTRUKCJI NAWIERZCHNI DLA ZADANIA:  
Remont ulicy Bolesława Krzywoustego na odcinku od wiaduktu nad torami kolejowymi do węzła  
autostradowego „Kzesiny” w Poznaniu.**

cd. tablica 1

31	28,0	12,0	kruszywa łamane	0 – 40,0 NB, piasek średni+ piasek drobny + żwir	nawierzchnia
32	27,0	15,0	kruszywa łamane	0 – 42,0 NB, piasek średni+ piasek drobny + żwir	nawierzchnia
33	12,0	22,0 11,0	podbudowa betonowa stabilizacja	0 – 35,0 NB, piasek średni+ piasek drobny + żwir	nawierzchnia
34A	13,0	15,0	kruszywo łamane	0 – 28,0 28,0 - 200	nawierzchnia NB, piasek średni+ piasek drobny + żwir
34	26,0	15,0	kruszywo łamane	0 – 41,0 41,0 – 120 120 – 200	nawierzchnia NB, piasek średni+ piasek drobny + żwir piasek gliniasty/glina piaszczysta
35	9,0	19,0 13,0	podbudowa betonowa mieszanka mineralno-asfaltowa	0 – 41,0 NB, piasek średni+ piasek drobny + żwir	nawierzchnia
36	15,0	19,0 @	podbudowa betonowa mieszanka mineralno-asfaltowa	nawierzchnia NB, piasek średni+ piasek drobny + żwir	nawierzchnia
37	16,0	17,0	kruszywo łamane	0 – 31,0 31,0 – 130 130 – 200	nawierzchnia NB, piasek średni+ piasek drobny + żwir piasek gliniasty//piasek drobny
38	9,0	18,0 9,0	podbudowa betonowa mieszanka mineralno-asfaltowa	0 – 36,0 NB, piasek średni+ piasek drobny + żwir	nawierzchnia
39	12,0	14,0 @	podbudowa betonowa mieszanka mineralno-asfaltowa	nawierzchnia NB, piasek średni+ piasek drobny + żwir	nawierzchnia
40	8,5	16,5 18,0	podbudowa betonowa mieszanka mineralno-asfaltowa	0 – 43,0 NB, piasek średni+ piasek drobny + żwir	nawierzchnia
41	10,0	19,0 @	podbudowa betonowa mieszanka mineralno-asfaltowa	nawierzchnia NB, piasek średni+ piasek drobny + żwir	nawierzchnia
42	6,0	15,0	kruszywo łamane	0 – 21,0 31,0 – 90 90 – 200	nawierzchnia NB, piasek średni+ piasek drobny + żwir glina piaszczysta//piasek gliniasty



**PROJEKT KONSTRUKCJI NAWIERZCHNI DLA ZADANIA:  
Remont ulicy Bolesława Krzywoustego na odcinku od wiaduktu nad torami kolejowymi do węzła  
autostradowego „Krzesiny” w Poznaniu.**

cd. tablica 1

43	11,0	13,0 15,0	podbudowa betonowa mieszanka mineralno- asfaltowa	0 – 39,0      nawierzchnia NB, piasek średni+ piasek drobny + żwir
44	10,0	15,0 @	podbudowa betonowa mieszanka mineralno- asfaltowa	nawierzchnia NB, piasek średni+ piasek drobny + żwir
45	16,0	26,0	podbudowa betonowa	0 – 42,0      nawierzchnia 42,0 – 70      NB, piasek średni+ piasek 70 – 200      drobny + żwir glina piaszczysta//piasek gliniasty
46	10,0	15,0 15,0	podbudowa betonowa mieszanka mineralno- asfaltowa	0 – 40,0      nawierzchnia NB, piasek średni+ piasek drobny + żwir
47A	7,5	13,5 15,0	podbudowa betonowa mieszanka mineralno- asfaltowa	0 – 36,0      nawierzchnia NB, piasek średni+ piasek drobny + żwir
47	14,0	13,0 11,0	podbudowa betonowa mieszanka mineralno- asfaltowa	0 – 38,0      nawierzchnia NB, piasek średni+ piasek drobny + żwir
48	15,0	10,0 @	podbudowa betonowa mieszanka mineralno- asfaltowa	nawierzchnia NB, piasek średni+ piasek drobny + żwir
49	7,5	13,5 18,0	podbudowa betonowa mieszanka mineralno- asfaltowa	0 – 39,0      nawierzchnia NB, piasek średni+ piasek drobny + żwir
50	11,0	10,0	kruszywo łamane	0 – 21,0      nawierzchnia 21,0 – 90      NB, piasek średni+ piasek 90 – 200      drobny + żwir piasek gliniasty// glina piaszczysta
51	15,0	14,0 @	podbudowa betonowa stabilizacja	nawierzchnia NB, piasek średni+ piasek drobny + żwir
52	8,0	11,5 12,5	podbudowa betonowa mieszanka mineralno- asfaltowa	0 – 32,0      nawierzchnia NB, piasek średni+ piasek drobny + żwir

**PROJEKT KONSTRUKCJI NAWIERZCHNI DLA ZADANIA:  
Remont ulicy Bolesława Krzywoustego na odcinku od wiaduktu nad torami kolejowymi do węzła  
autostradowego „Krzesiny” w Poznaniu.**

cd. tablica 1

53	11,5	17,5 @	podbudowa betonowa mieszanka mineralno- asfaltowa	nawierzchnia NB, piasek średni+ piasek drobny + żwir
54	17,0	10,0	kruszywo łamane	0 – 27,0      nawierzchnia 27,0 – 140    NB, piasek średni+ piasek 140 – 200    drobny + żwir piasek gliniasty// glina piaszczysta
55	7,5	11,5 17,0	podbudowa betonowa mieszanka mineralno- asfaltowa	0 – 36,0      nawierzchnia NB, piasek średni+ piasek drobny + żwir
56	13,0	23,0 @	podbudowa betonowa mieszanka mineralno- asfaltowa	nawierzchnia NB, piasek średni+ piasek drobny + żwir
57	12,0	15,0	kruszywo łamane	0 – 27,0      nawierzchnia NB, piasek średni+ piasek drobny + żwir
58	12,0	18,0 10,0	podbudowa betonowa mieszanka mineralno- asfaltowa	0 – 46,0      nawierzchnia NB, piasek średni+ piasek drobny + żwir
59	7,0	10,0	kruszywo łamane	0 – 17,0      nawierzchnia 17,0 – 80      NB, piasek średni+ piasek 80 – 200      drobny + żwir głina// glina piaszczysta

@ - stwierdzono obecność warstwy ale nie określono jej grubości (nie udało się przegłębić odwiertu)

Przeprowadzone badania pokazały, że:

1. Nawierzchnia obu jezdni ma bardzo zmienną konstrukcję wynikającą z przebudów jakie miały miejsce dla tej ulicy.
2. Nawierzchnia na większości swojej długości ma podbudowę związaną cementem (beton cementowy lub stabilizacja) co jest przyczyną licznych spękań poprzecznych. Jest to główny typ uszkodzeń nawierzchni a proponowane rozwiązanie przebudowy musi uwzględniać ten aspekt.
3. Na fragmencie istniejąca ulica przebiega po starym śladzie, czego dowodem są warstwy bitumiczne znajdujące się pod warstwami wiązаныmi cementem.
4. Nawierzchnia obu jezdni jest podobna i składa się z warstw bitumicznych o grubości od 6 do 29 cm, średnio 12,8 cm oraz podbudowy z betonu cementowego, stabilizacji oraz starych warstw bitumicznych (stara nawierzchnia) o grubości od 9 do 38 cm, średnio 23,1 cm.

Ze względu na stan nawierzchni, grubości poszczególnych warstw oraz zmienność grubości warstw konstrukcji nawierzchni obie jezdnie podzielono na dwa typy nawierzchni do wzmocnienia. Podział jest następujący:

**Jezdnia od wiaduktu nad torami do autostrady A-2 (Etap I):**

- TYP I od początku do odwiertu nr 7 (koniec w środku między odwiertem nr 7 a nr 8),
- TYP II od odwiertu nr 8 (początek w środku między odwiertem nr 7 a nr 8) do odwiertu nr 19 (koniec w środku między odwiertem nr 19 a nr 20),
- TYP I od odwiertu nr 20 do końca odcinka.

**Jezdnia od autostrady A-2 do wiaduktu nad torami (Etap II):**

- TYP I od początku do odwiertu nr 56 (koniec w środku między odwiertem nr 56 a nr 57),
- TYP II od odwiertu 57 do końca odcinka.

Na podstawie analizy grubości zastępczych, jako kwanty 80, do dalszych obliczeń jako miarodajny dla typu I przyjęto odwiert 25, składający się z:

Warstw bitumicznych	grubości 11 cm,
Podbudowy z betonu cementowego	grubości 12 cm,
Podbudowy ze stabilizacji	grubości 15 cm.

jako miarodajny dla typu II przyjęto odwiert 9, składający się z:

Warstw bitumicznych	grubości 11 cm,
Podbudowy z kruszywa łamanego	grubości 15 cm

Są to umowne konstrukcje reprezentujące istniejącą nawierzchnię dla poszczególnych nawierzchni wydzielonych typów.

#### **4.3. Podłoże gruntowe**

Podłoże gruntowe pod nawierzchnią stanowi nasyp budowlany zbudowany zasadniczo z gruntów niespoistych, piasków drobnych, piasków średnich i żwiru, lokalnie z piasków gliniastych. Najczęściej jest tego nasypu więcej niż 0,5 m. Pod nasypem znajdują się grunty spoiste, piaski gliniaste, gliny piaszczyste lub gliny w stanie twardeplastycznym. W odwiertach nie stwierdzono obecności wody gruntowej. W analizie założono, że w podłożu występują grunty nośne, a bezpośrednio pod nawierzchnią grunty zaliczane do grupy nośności G1. Warunki wodne są dobre.

Na etapie realizacji prac należy zweryfikować poczynione założenia. Jeżeli się okażą one nieadekwatne do warunków rzeczywistych to należy wprowadzić, w porozumieniu z Projektantem, odpowiednie zmiany.

## 5. Ruch

Konstrukcję nawierzchni policzono dla kategorii ruchu KR4, co w okresie obliczeniowym oznacza od 2,5 do 7,3 mln osi obliczeniowych 100 kN.

W obliczeniach uwzględniono obciążenie osiami 115 kN poprzez przyjęcie odpowiednich współczynników przeliczenia pojazdów rzeczywistych na pojazdy obliczeniowe.

## 6. Technologia przebudowy istniejącej nawierzchni ulicy Krzywoustego w Poznaniu

Technologię przebudowy opracowano przy następujących założeniach:

1. Nawierzchnia zostanie dostosowana do przenoszenia osi o nacisku 115kN.
2. Nawierzchnia zostanie zaprojektowana na 20 lat.
3. Technologia uwzględni występowanie uszkodzeń w istniejącej nawierzchni.
4. Zaproponowane rozwiązania mają spełniać wymagania określone w rozporządzeniu Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 2 marca 1999 w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie (Dz.U. Nr 43, poz. 430) z późniejszymi zmianami.

Na podstawie przeprowadzonych badań i oceny stanu nawierzchni zaproponowano następujące rozwiązanie dla przebudowy ulicy Krzywoustego w Poznaniu:

1. Naprawę uszkodzeń w istniejącej nawierzchni (wyboje, zapadnięcia, spękania). Naprawy należy wykonać według ogólnych zasad napraw nawierzchni, przy zastosowaniu technik opisanych w „Katalog Wzmocnień i Remontów Nawierzchni Podatnych i Półsztywnych” [12] lub technik im równoważnych. Naprawa ma na celu organicznie ich oddziaływanie na nowobudowane warstwy wzmacniające oraz ograniczenie do minimum ryzyka ich odtworzenia się we wzmocnionej nawierzchni.
2. Wykonanie warstwy wyrównawczej z AC 16 W z asfaltem typu HIMA (wysokomodyfikowany), na istniejącej nawierzchni, po naprawie uszkodzeń, bez jej frezowania. Zastosowanie asfaltu wysokomodyfikowanego ma ograniczyć propagację spękań w nowo wykonanych warstwach.
3. Wbudowanie siatki węglowo-szkalnej jako warstwa przeciwspekaniowa. Jest to rozwiązanie podstawowe. Można zamiast siatki szklano-węglowej wbudować siatkę węglowo-węglową, ona w lepszym stopniu ograniczy propagację spękań odbitych w nawierzchni. Zastosowanie odpowiedniej

jakości siatki wzmacniającej jest podstawowym elementem minimalizującym ryzyko pojawiania się spękań odbitych. Bez dobrej jakości siatki nie uda się znacząco ograniczyć propagacji spękań z istniejącej nawierzchni.

4. Wykonujemy warstwę wiążącą z AC 16 W z asfaltem typu HIMA (wysokomodyfikowany).
5. Wykonujemy warstwę ścieralną z SMA 11 z asfaltem modyfikowanym.

Zalety:

- Unikamy rozbiórki istniejącej nawierzchni i ją w pełni wykorzystujemy.

Wady:

- Istnieje ryzyko odtworzenia się istniejących uszkodzeń we wzmacnianej nawierzchni.
- Konieczne jest podniesienie niwelety w stosunku do istniejącego poziomu.
- Pozostawienie niejednorodnej istniejącej nawierzchni.
- Nie ingerujemy w podłoże gruntowe.

W dalszej części zostaną policzone trwałości zmęczeniowe zaproponowanego rozwiązania.

Zaproponowana technologia pozwala w sposób racjonalny poprawić nośność i cechy użytkowe ulicy Bolesława Krzywoustego przy pełnym wykorzystaniu istniejącej nawierzchni. Niestety ma ona wadę, ponieważ pozostawia istniejące warstwy, które są spękane. Spękania te zostaną co prawda naprawione ale pomimo ich naprawy oraz zastosowania rozwiązań i materiałów opóźniających propagację spękań istnieje ryzyko ich pojawienia się na powierzchni jezdni. Może się tak stać, ponieważ nie ma obecnie rozwiązań, które by w pełni eliminowały takie ryzyko. W chwili pojawienia się spękań należy je uszczelnić aby się one nie rozwijały (nie poszerzały) i aby nie stanowiły one zagrożenia dla trwałości nawierzchni.

## **7. Obliczenia trwałości zmęczeniowej zaproponowanych konstrukcji metodami mechanistycznymi**

### **7.1. Założenia projektowe**

#### **7.1.1. Metoda obliczeń**

Obliczenie wzmocnienia nawierzchni wykonano według metody mechanistycznej, zgodnie [8] oraz w oparciu o wybrane aspekty z metodologii zastosowanej w obliczaniu konstrukcji do katalogu [2] oraz opisanymi w publikacji [9]. Trwałość

zmęczeniową konstrukcji nawierzchni obliczono przy wykorzystaniu metody mechanistyczno-empirycznej. Jest to obecnie powszechnie stosowana metoda w Polsce do obliczenia trwałości zmęczeniowej nawierzchni.

Procedura postępowania podczas obliczeń była następująca:

- przyjęcie ruchu projektowego,
- przyjęcie grubości warstw konstrukcji nawierzchni,
- określenie stałych materiałowych warstw, modułów sztywności (sprężystości)  $E$  i współczynników Poissona  $\nu$ ,
- obliczenie naprężenia i odkształcenia w konstrukcji nawierzchni,
- obliczenie trwałości zmęczeniowej nawierzchni (ilości obciążeń do osiągnięcia stanu krytycznego).

### **7.1.2. Obciążenie**

Przyjęto następujące obciążenie obliczeniowe:

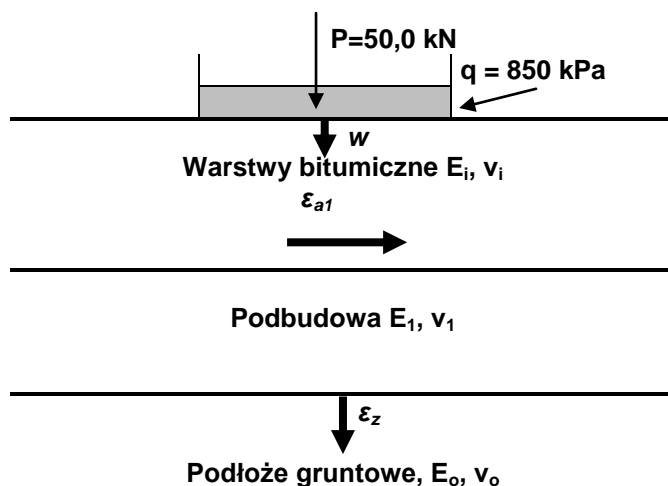
- ruch KR4
- pojedyncza oś standardowa: 115 kN,
- koło pojedyncze o nacisku: 50 kN,
- ciśnienie kontaktowe pomiędzy kołem i nawierzchnią: 850 kPa,
- czas obciążenia nawierzchni przy prędkości pojazdu  $V = 60$  km/h: 0.02 s.

### **7.1.3. Temperatura projektowa**

Przyjęto, że temperatura ekwiwalentna do obliczenia nawierzchni na omawianym odcinku wynosi  $13^{\circ}\text{C}$ .

### **7.1.4. Schemat obliczeniowy**

Obliczenia wykonano przy założeniu, że modelem konstrukcji nawierzchni jest wielowarstwowa półprzestrzeń sprężysta. Schemat modelu konstrukcji przyjętego do obliczeń dla wzmacnianej nawierzchni przedstawiono na rysunku 1.



Rysunek 1. Schemat konstrukcji nawierzchni przyjęty do obliczeń

Oznaczenia wielkości pokazanych na rysunku 1 są następujące:

w – ugięcie,

$\epsilon_a$  – odkształcenie rozciągające na spodzie warstw asfaltowych,

$\epsilon_z$  – odkształcenie ściskające w podłożu,

$E_i, v_i$  – stałe materiałowe poszczególnych warstw,

P, q – obciążenie i ciśnienie kontaktowe pomiędzy kołem i nawierzchnią.

#### 7.1.5. Kryteria zmęczeniowe

Dla określenia trwałości zmęczeniowej warstw asfaltowych i trwałości ze względu na deformacje strukturalne nawierzchni zastosowano kryteria zmęczeniowe M-ENPDM AASHTO 2004 z USA, opisane w [8]. Jako moment zniszczenia nawierzchni w tej metodzie przyjmuje się wystąpienie spękań zmęczeniowych warstw asfaltowych uznanych za graniczne lub wystąpienie deformacji strukturalnej o głębokości 12,5 mm. Dla ruchu KR4 przyjęto poziom spękań 10 %.

W przypadku spękań zmęczeniowych jako główne kryteria zmęczeniowe stosowano kryteria: spękań „z dołu do góry” warstw asfaltowych z najnowszej metody AASHTO 2004 (patrz wzór 1, 2, 3 i 4), deformacji trwałych z metody Instytutu Asfaltowego 1982 (patrz wzór 5).

$$N_f = 7,3557 * (10^{-6}) \cdot C \cdot k'_1 \left(\frac{1}{\epsilon_t}\right)^{3,9492} \left(\frac{1}{E}\right)^{1,281} \quad (1)$$

gdzie:

$N_f$  – liczba powtarzalnych obciążeń do wystąpienia spękań zmęczeniowych, uznanych za graniczne,

- $k'_1$  – parametr określony w procesie kalibracji, zależny od grubości warstwy asfaltowej (patrz wzór 7.3),  
 $\epsilon_t$  – odkształcenie rozciągające w krytycznym punkcie, w przekroju pionowym nawierzchni, liczba bezwymiarowa,  
 $E$  – moduł sztywności najniższej warstwy asfaltowej, w MPa,  
 $C$  – współczynnik zależny od właściwości objętościowych mieszanki mineralno-asfaltowej, określony zależnością  $C = 10^M$ .

$$M = 4,84 \left( \frac{V_b}{V_a + V_b} - 0,69 \right) \quad (2)$$

gdzie:

- $V_b$  – efektywna zawartość asfaltu, % objętościowo,  
 $V_a$  – zawartość wolnych przestrzeni, % objętościowo.

$$k'_1 = \frac{1}{0,000398 + \frac{0,003602}{1 + e^{(11,02 - 1,374 \cdot h_{ac})}}} \quad (3)$$

gdzie:

- $h_{ac}$  – grubość pakietu warstw asfaltowych podana w calach.  
Obliczenie ilości obciążeń do wystąpienia 10% siatkowych spękań zmęczeniowych wykonano według wzoru (7.4).

$$FC_{bottom} = \left( \frac{100}{1 + e^{(-2 \cdot C'_{12} + C'_{12} \cdot \log_{10}(D \cdot 100))}} \right) \quad (4)$$

gdzie:

- $FC_{bottom}$  – ilość spękań siatkowych (zmęczeniowych) typu „z dołu do góry”, wyrażona w procentach w stosunku do całej powierzchni pasa ruchu,  
 $D$  – szkoda zmęczeniowa wywołana na spodzie warstw asfaltowych (wstawiana do wzoru jako ułamek dziesiąty).

$$N_p = \left( \frac{\epsilon_z}{0,0105} \right)^{\left( -\frac{1}{0,223} \right)} \quad (5)$$

gdzie:

- $N_p$  – liczba powtarzalnych obciążeń do wystąpienia deformacji strukturalnej o głębokości 12,5 mm,  
 $\epsilon_z$  – odkształcenie ściskające w krytycznym punkcie, w przekroju pionowym nawierzchni, liczba bezwymiarowa.

W określaniu trwałości konstrukcji nawierzchni wzmocnienia warstw bitumicznych uwzględniono zastosowanie kompozytu szklano-węglowego. W uwzględnianiu trwałości wykorzystano informacje zawarte w publikacji [10].



## 7.2. Określenie parametrów technicznych konstrukcji nawierzchni niezbędnych do obliczenia trwałości zmęczeniowej

Stale materiałowe dla nowych warstw przyjęto w oparciu o Katalog [2], dla warstw istniejących stale materiałowe przyjęto w oparciu o dotychczasowe doświadczenie.

### 7.2.1. Podłoże gruntowe

Dla podłoża zaliczonego do grupy nośności G1 przyjęto moduł sprężystości  $E = 80$  MPa. Wartość współczynnika Poissona dla podłoża przyjęto  $\nu = 0,35$ .

### 7.2.2. Mieszanka kruszywa lub gruntu związanego spoiwem hydraulicznym $C_{3/4}$

Dla mieszanki kruszywa lub gruntu związanego spoiwem hydraulicznym  $C_{3/4}$  przyjęto następujące parametry:

- moduł sprężystości  $E = 400$  MPa,
- współczynnik Poissona podłoża  $\nu = 0,3$ .

### 7.2.3. Warstwa podbudowy z mieszanki niezwiązanej

Do obliczeń trwałości konstrukcji nawierzchni projektowanych konstrukcji nawierzchni przyjęto podbudowę z mieszanki niezwiązanej 0/31 ( $C_{90/3}$ ) Dla podbudowy z mieszanki niezwiązanej przyjęto:

- moduł sprężystości  $E = 400$  MPa,
- współczynnik Poissona podłoża  $\nu = 0,3$ .

### 7.2.4. Nowe warstwy asfaltowe

**Typy mieszanek.** Do obliczeń przyjęto:

- warstwę ścierną z mastyksu grysowego SMA 11, KR3–KR4, wg WT-2:2014 [7], z zastosowaniem asfaltu modyfikowanego PMB 45/80-55,
- warstwę wiążącą z betonu asfaltowego AC 16 W, KR3-KR4, wg WT-2:2014 [7], z zastosowaniem asfaltu zwykłego 35/50,
- warstwę podbudowy z betonu asfaltowego AC 22 P KR3-KR4, wg WT-2:2014 [7], z zastosowaniem asfaltu zwykłego 35/50.



- Kompozyt szklano-węglowy nasączony asfaltem
- Warstwa wyrównawcza AC 16 W     min 4 cm E = 10 300 MPa,  $\nu = 0,3$ ,
- Istniejące warstwy bitumiczne po naprawie  
istniejących uszkodzeń                             11 cm E = 2000 MPa,  $\nu = 0,3$ ,
- Istniejąca podbudowa, beton cementowy 12 cm E = 400 MPa,  $\nu = 0,3$ ,
- Istniejąca podbudowa, stabilizacja     15 cm E = 200 MPa,  $\nu = 0,3$ ,
- Podłoże gruntowe:G1     E = 80 MPa,  $\nu = 0,35$ ,

Wyniki obliczeń trwałości zmęczeniowej przedstawiono w tablicy 3.

Tablica 3. Trwałość zmęczeniowa analizowanej konstrukcji nawierzchni

Odształcenie poziome na spodzie warstw asfaltowych $\epsilon_a (x 10^{-6})$	Odształcenie pionowe na górze podłoża gruntowego $\epsilon_z (x 10^{-6})$	Trwałość zmęczeniowa, [mln osi 100 kN]		Trwałość konstrukcji nawierzchni [mln osi 100 kN] $N_{asf}$
		Spękania warstw asfaltowych $N_{asf}$	Deformacje strukturalne $N_{def}$	
77,32	286,6	10,53	10,31	10,31

Zaprojektowana konstrukcja w tym wariantcie przeniesie 10,31 mln osi 100 kN w okresie 20 lat, przy wymaganej trwałości od 2,5 do 7,3 mln osi 100 kN. Jest to ruch większy od KR4. Ze względów technologicznych nie powinno się pocieniać zaproponowanej konstrukcji nawierzchni.

**Wzmocnienie istniejącej konstrukcji nawierzchni – propozycja dla istniejącej nawierzchni TYP II:**

Do obliczeń trwałości zmęczeniowej przyjęto następujący układ warstw:

- Warstwa ściernalna SMA 11                             4 cm E = 7 300 MPa,  $\nu = 0,3$ ,
- Warstwa wiążąca AC 16 W                             8 cm E = 10 300 MPa,  $\nu = 0,3$ ,
- Kompozyt szklano-węglowy nasączony asfaltem
- Warstwa wyrównawcza AC 16 W     min. 4 cm E = 10 300 MPa,  $\nu = 0,3$ ,
- Istniejące warstwy bitumiczne po naprawie  
istniejących uszkodzeń                             11 cm E = 2000 MPa,  $\nu = 0,3$ ,
- Istniejąca podbudowa, kruszywo                     15 cm E = 200 MPa,  $\nu = 0,3$ ,
- Podłoże gruntowe:G1     E = 80 MPa,  $\nu = 0,35$ ,

Wyniki obliczeń trwałości zmęczeniowej przedstawiono w tablicy 4.

Tablica 4. Trwałość zmęczeniowa analizowanej konstrukcji nawierzchni

Odształcenie poziome na spodzie warstw asfaltowych $\epsilon_a (x 10^{-6})$	Odształcenie pionowe na górze podłoża gruntowego $\epsilon_z (x 10^{-6})$	Trwałość zmęczeniowa, [mln osi 100 kN]		Trwałość konstrukcji nawierzchni [mln osi 100 kN] $N_{asf}$
		Spękania warstw asfaltowych $N_{asf}$	Deformacje strukturalne $N_{def}$	
75,01	305,6	11,09	7,73	7,73

Zaprojektowana konstrukcja w tym wariantcie przeniesie 7,73 mln osi 100 kN w okresie 20 lat, przy wymaganej trwałości od 2,5 do 7,3 mln osi 100 kN. Jest to ruch nieznacznie większy od KR4.

## 7. Przyjęte konstrukcje nawierzchni

Na rysunkach 2 i 3 przedstawiono rozwiązania proponowanego rozwiązania dla przebudowy ulicy Bolesława Krzywoustego w Poznaniu. Na rysunkach pokazano wzmocnienie oraz nową konstrukcję proponowaną z miejscach, gdzie nie można z różnych przyczyn wzmocnić istniejącej nawierzchni lub trzeba odtworzyć nawierzchnię po pracach podziemnych.

Nowa	Wzmocnienie
<b>Warstwa ścieralna, mastyks grysowy SMA 11 45/80-65</b> <b>Grubość 4 cm</b>	
<b>Warstwa wiążąca, beton asfaltowy AC 16 W 45/80-80 HiMA</b> <b>Grubość 5 cm</b>	
<b>Kompozyt wzmocniający z siatki szklano-węglowej nasączonej asfaltem</b>	
<b>Warstwa wyrównawcza, beton asfaltowy AC 16 W 45/80-80 HiMA</b> <b>Grubość minimum 4 cm</b>	
<b>Warstwa podbudowy,</b> <b>beton asfaltowy AC 22 P 35/50</b> <b>Grubość 7 cm</b>	<b>Istniejąca konstrukcja po naprawie uszkodzeń</b>
<b>Podbudowa zasadnicza z mieszanki</b> <b>niezwiązanej 0/31,5 CBR<math>\geq</math>80%, C<sub>90/3</sub></b> <b>Grubość 20 cm</b>	
<b>▼ 120 MPa</b>	
<b>Podbudowa pomocnicza z mieszanki</b> <b>związanej C<sub>3/4</sub></b> <b>Grubość 15 cm</b>	
<b>▼ 80 MPa</b>	
<b>Podłoże gruntowe, jeżeli inne od G1,</b> <b>to dodatkowo wzmocnione</b>	

Rysunek 2. Rozwiązanie wzmocnienie istniejącej konstrukcji nawierzchni, TYP I

Nowa	Wzmocnienie
<i>Warstwa ścieralna, mastyks grysowy SMA 11 45/80-65 Grubość 4 cm</i>	
<i>Warstwa wiążąca, beton asfaltowy AC 16 W 45/80-80 HiMA Grubość 8 cm</i>	
<i>Kompozyt wzmacniający z siatki szklano-węglowej nasączonej asfaltem</i>	
<i>Warstwa wyrównawcza, beton asfaltowy AC 16 W 45/80-80 HiMA Grubość minimum 4 cm</i>	
<i>Warstwa podbudowy, beton asfaltowy AC 22 P 35/50 Grubość 7 cm</i>	<i>Istniejąca konstrukcja po naprawie uszkodzeń</i>
<i>Podbudowa zasadnicza z mieszanki niezwiązanej 0/31,5 CBR≥80%, C<sub>90/3</sub> Grubość 20 cm</i>	
▼ 120 MPa	
<i>Podbudowa pomocnicza z mieszanki związanej C<sub>3/4</sub> Grubość 15 cm</i>	
▼ 80 MPa	
<i>Podłoże gruntowe, jeżeli inne od G1, to dodatkowo wzmocnione</i>	

Rysunek 3. Rozwiązanie wzmocnienie istniejącej konstrukcji nawierzchni, TYP II

## 9. Podsumowanie

Przedstawione konstrukcje nawierzchni są typowymi rozwiązaniami proponowanymi do zastosowania dla zadania „Remont ulicy Bolesława Krzywoustego na odcinku od wiaduktu nad torami kolejowymi do węzła autostradowego „Krzesiny” w Poznaniu ”.

Proponowane konstrukcje przeniosą zakładane obciążenie, pod warunkiem zastosowania odpowiednich materiałów, zapewnienie odpowiednich reżimów technologicznych i zachowania zasad sztuki budowlanej w trakcie realizacji robót oraz odpowiednich zabiegów utrzymaniowych w czasie eksploatacji nawierzchni

Opracował:



Dr inż. Bohdan Dołżycki