



Instytut Badawczy Dróg i Mostów
Zakład Technologii Nawierzchni
Pracownia Technologii Nawierzchni
ul. Instytutowa 1
03-302 Warszawa

ZAŁĄCZNIK 5

do sprawozdania nr TN-2/3696/1/16
pt. „Opracowanie technologii naprawy i wzmocnienia nawierzchni jezdni ulic
na terenie m.st. Warszawy”

ulica: **GOŁKOWSKA**
na odcinku: **Czerniakowska - Statkowskiego**

1. Inwentaryzacja ulicy

Przeprowadzono rejestrację stanu nawierzchni ul. Gołkowskiej na odcinku od ul. Czerniakowskiej do ul. Statkowskiego z rozpoznaniem uszkodzeń – spękania podłużne/poprzeczne/siatkowe/koleina, itd. Karty inwentaryzacji załączone są na płycie CD.

2. Wyznaczenie modułów sztywności i nośności nawierzchni

Na ul. Gołkowskiej na odcinku od ul. Czerniakowskiej do ul. Statkowskiego wykonano pomiary ugięć metodą FWD. Uzyskane ugięcia zostały przeliczone na ugięcia miarodajne zgodnie z metodologią opisaną w Katalogu Przebudów i Remontów Nawierzchni Podatnych i Półsztywnych (2014). Na tej podstawie wyznaczono pozostałą trwałość konstrukcji nawierzchni. Na tym etapie dokonano również podziału całego odcinka drogi na odcinki jednorodne z uwagi na podobieństwo ugięć miarodajnych nawierzchni. Wyniki obliczeń przedstawiono w tablicy 1. Zero pomiarowe, tj. pikietaż 0+000 przyjęto w osi krawężników ul. Czerniakowskiej. Na podstawie wyników badań FWD wydzielono 4 odcinki jednorodne, z czego pierwszy i trzeci charakteryzował się wyczerpaną nośnością z uwagi na ugięcia, drugi cechowała pozostała trwałość na poziomie kategorii ruchu KR4, a odcinek czwarty charakteryzował się pozostałą trwałością na poziomie KR2.

Tablica 1. Prognoza trwałości bez wzmocnienia

Nr odcinka	Odcinek jednorodny		Liczba osi obliczeniowych 100 kN
	od, km	do, km	
1	0,000	0,250	0
2	0,250	0,425	2 mln
3	0,425	0,725	0
4	0,725	1,000	180 000

W następnym etapie wybrano różne scenariusze wzmocnienia, m.in. z zastosowaniem samej wymiany warstw asfaltowych oraz z zastosowaniem podniesienia niwelety. Obliczono trwałość konstrukcji dla poszczególnych scenariuszy. Do tych obliczeń wykorzystano metodę mechanistyczną opisaną w Katalogu Przebudów i Remontów Nawierzchni Podatnych i Półsztywnych (2014). Dane wejściowe do tych obliczeń pochodzą z:

- wyników badań laboratoryjnych mieszanek mineralno-asfaltowych, zamieszczonych poniżej:

Odwiert 2

Gęstość objętościowa	2,457 Mg/m ³
Gęstość	2,625 Mg/m ³
Zaw. Lepiszcza	4,2 %

- obliczeń odwrotnych z badań FWD i pomiarów grubości konstrukcji:

Tablica 2. Badania FWD - ugięcia i grubości

Nr odcinka	Odcinek jednorodny		Ugięcia, μm			
	od, km	do, km	U_{sred}	S_U	U_m	U_{obl}
1	0,000	0,250	373	198	770	1,39
2	0,250	0,425	212	44	300	0,54
3	0,425	0,725	336	119	575	1,03
4	0,725	1,400	172	102	375	0,67

Nr odcinka	Odcinek jednorodny		Grubości, cm		Rodzaj podbudowy
	od, km	do, km	Asfalt	Podbud.	
1	0,000	0,250	13,5	31,0	chudy beton
2	0,250	0,425	16,6	19,0	chudy beton
3	0,425	0,725	18,2	20,0	chudy beton
4	0,725	1,400	18,2	20,0	chudy beton

Na podstawie obliczeń odwrotnych wyników pomiarów FWD wyznaczono moduły sztywności górnych warstw nawierzchni, podbudowy i podłoża, które następnie wykorzystano w analizie metodą mechanistyczną. Wyniki obliczeń metodą mechanistyczną oraz wyniki badań materiałowych wykorzystano do obliczenia wariantów trwałości konstrukcji na podstawie kryteriów zmęczenia określonych w Katalogu. Wyniki obliczeń trwałości wariantów wzmocnienia przedstawiono w tablicy 3.

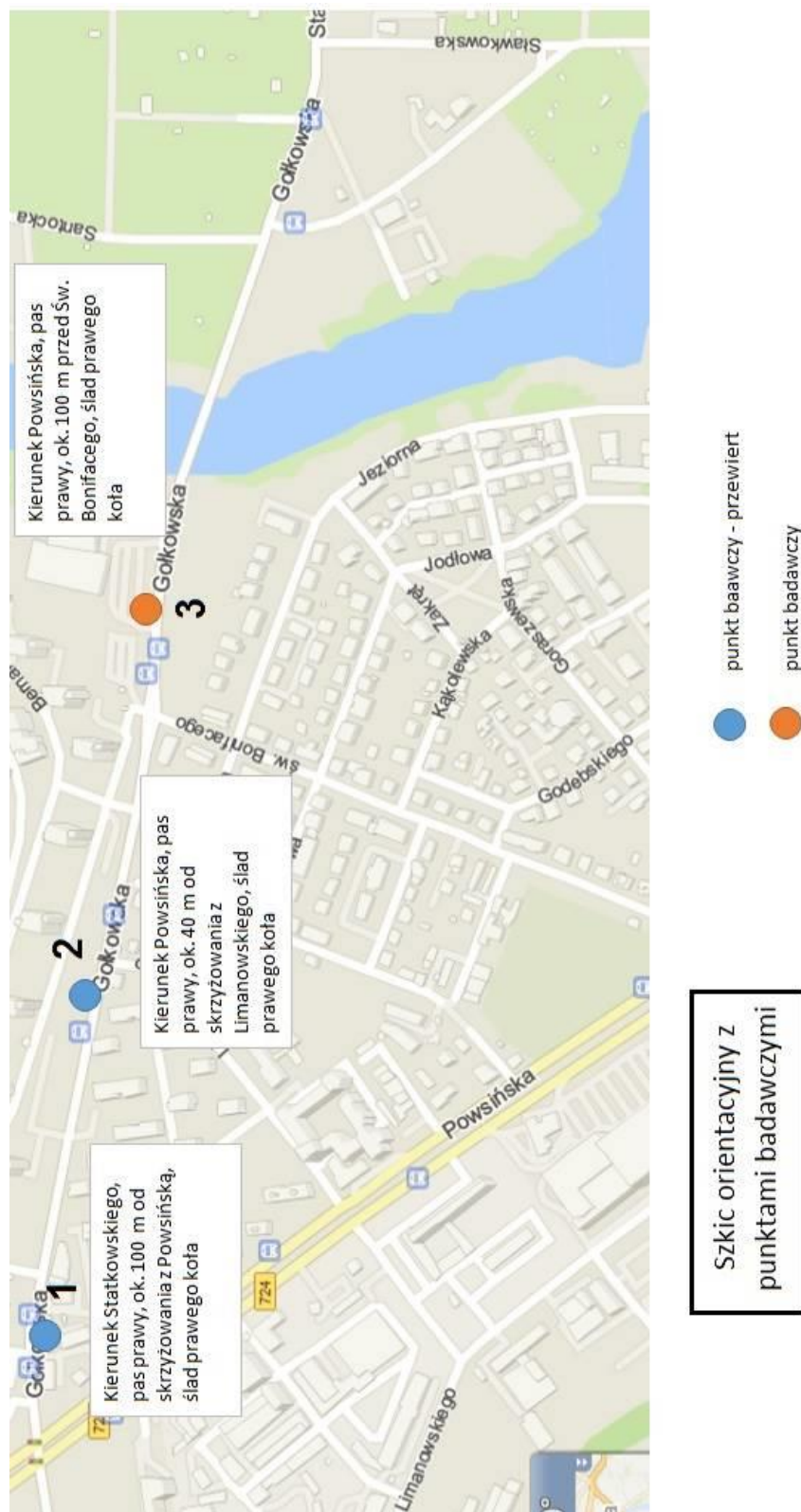
Z uwagi na fakt prowadzenia weekendowego remontu, o niepełnej trwałości projektowej, do obliczenia kategorii ruchu zastosowano metodę przybliżoną, tj. przeliczono dane przekazane przez ZDM z jednodniowych pomiarów natężenia ruchu. Z obliczeń wynika, że nawierzchnia obciążona będzie ruchem KR4 w 20-letnim okresie eksploatacji.

Tablica 3. Prognoza trwałości wg wariantów wzmocnienia

Wariant wzmocnienia	Odkształcenie w spodzie warstw asfaltowych, $\mu\text{m}/\text{m}$	Odkształcenie w stropie podłoża gruntowego, $\mu\text{m}/\text{m}$	Trwałość, osie 100 kN
Odcinek 1			
-13+3+9	198	-766	125 000
-13+3+10	177	-664	238 000
-13+3+11	158	-581	433 000
-13+3+12	143	-512	763 000
Odcinek 2			
Wymiana ścieralnej w.	138	-444	1 444 000
-10+3+7	116	-370	3 300 000
Odcinek 3			
-12+3+9	197	-580	440 000
-14+3+11	161	-503	830 000
-15+3+12	144	-468	1 140 000
-16+3+13	128	-436	1 570 000
Odcinek 4			
-9+3+6	193	-537	617 000
-11+3+8	179	-514	750 000
-12+3+9	171	-499	860 000
-13+3+10	162	-483	992 000
-14+3+11	151	-464	1 187 000

3. Odwierty z nawierzchni

W nawierzchni ul. Gołkowskiej wykonano odwierty kontrolne. Lokalizację pobrań przedstawiono na rysunku 1. Próbkę odwiercono w celu ustalenia stanu i rodzaju istniejącej konstrukcji nawierzchni oraz stanu i rodzaju podłoża gruntowego wraz z określeniem niezbędnych właściwości materiałowych w badaniach laboratoryjnych. Rozpoznano warstwy geotechniczne w podłożu oraz rozpoznano grupy nośności podłoża. Opracowano przekroje konstrukcyjne wraz z opisem technologii i materiałów. Dodatkowo, w obrębie występowania gruntów niespoistych wykonano sondowania DPL w celu określenia zagęszczenia.



Rysunek 1 Lokalizacja pobrań próbek

Badania na ulicy Gołkowskiej przeprowadzone były na odcinku o dł. ok. 1,4 km od ul. Czerniakowskiej do ul. Statkowskiego, dzielnica Mokotów. Wykonano 3 otwory rdzeniowe i jeden geotechniczny z sondowaniem DPL.

Ulica Gołkowska posiada nawierzchnię asfaltową o grubości warstw bitumicznych 10,0 – 13,5 cm. Pod warstwą wiążącą występuje górna warstwa podbudowy (otw. 1 i 2) z betonu asfaltowego o miąższości 3,0 – 9,8 cm. Podbudowa zbudowana jest z chudego betonu o miąższości 19,0 – 32,0 cm.

Dokładną konstrukcję nawierzchni przedstawiono poniżej wraz opisem przewiercanych warstw, ich funkcją i fotografią rdzeni.

Warstwa podbudowy zalega bezpośrednio na nasypie piaszczystym o miąższości ok. 35 cm. Pod warstwą nasypu stwierdzono występowanie piasku średniego.

- Nasyp niekontrolowany – zbudowany z piasku średniego z substancją organiczną, gliny i gruzu, małowilgotny, średniozagęszczony o $ID = 0,46$, jest to grunt niewysadzinowy – grupa nośności G1.
- Gлина pylasta – wilgotna, miękkoplastyczna o $IL = 0,45$, jest to grunt mało wysadzinowy – grupa nośności G3.
- Piasek średni – małowilgotny lub nawodniony, średniozagęszczony o $ID = 0,37$, jest to grunt niewysadzinowy – grupa nośności G1, przewarstwiony piaskiem gliniastym – grupa nośności G4.

Na badanym terenie w otworze nr 3 stwierdzono występowanie wody gruntowej na głębokości 1,8 m ppt. Dokładna budowa geologiczna, miąższość warstw oraz wykres sondowania zostały pokazane poniżej.

Nr otworu: 1

Ulica: **Gołkowska**

Lokalizacja: wg mapy, jezdni

Współrzędne:

X:02103302

Y:5211347

Data: 03.2016

Nr warstwy	Głębokość m ppt	Grubość cm	Suma warstw bitumicznych cm	Rodzaj warstwy	Opis
1	0,0 - 0,11	4,0	10,5	ścieralna	beton asfaltowy, mieszanka grysowa
2		6,5		wiążąca	beton asfaltowy, mieszanka grysowa
3	0,11 – 0,14	3,0	3,0	górna podbudowa	beton asfaltowy, mieszanka grysowa
4	0,14 – 0,46	32,0	-	podbudowa	chudy beton
5	> 0,46	-	-	-	nasyp piaszczysty



Nr otworu: 2

Ulica: **Gołkowska**

Lokalizacja: wg mapy, jezdni

Współrzędne:

X:02103521

Y:5211323

Data: 03.2016

Nr warstwy	Głębokość m ppt	Grubość cm	Suma warstw bitumicznych cm	Rodzaj warstwy	Opis
1	0,0 - 0,12	4,3	12,0	ścieralna	beton asfaltowy, mieszanka grysowa
2		7,7		wiążąca	beton asfaltowy, mieszanka grysowa
3	0,12 – 0,17	4,6	4,6	górna podbudowa	beton asfaltowy, mieszanka grysowa
4	0,17 – 0,36	19,0	-	podbudowa	chudy beton
5	> 0,36	-	-	-	nasyp piaszczysty



Nr otworu: 3

Ulica: Gołkowska

Lokalizacja: wg mapy, jezdni

Współrzędne:




X:02104081

Y:5211310

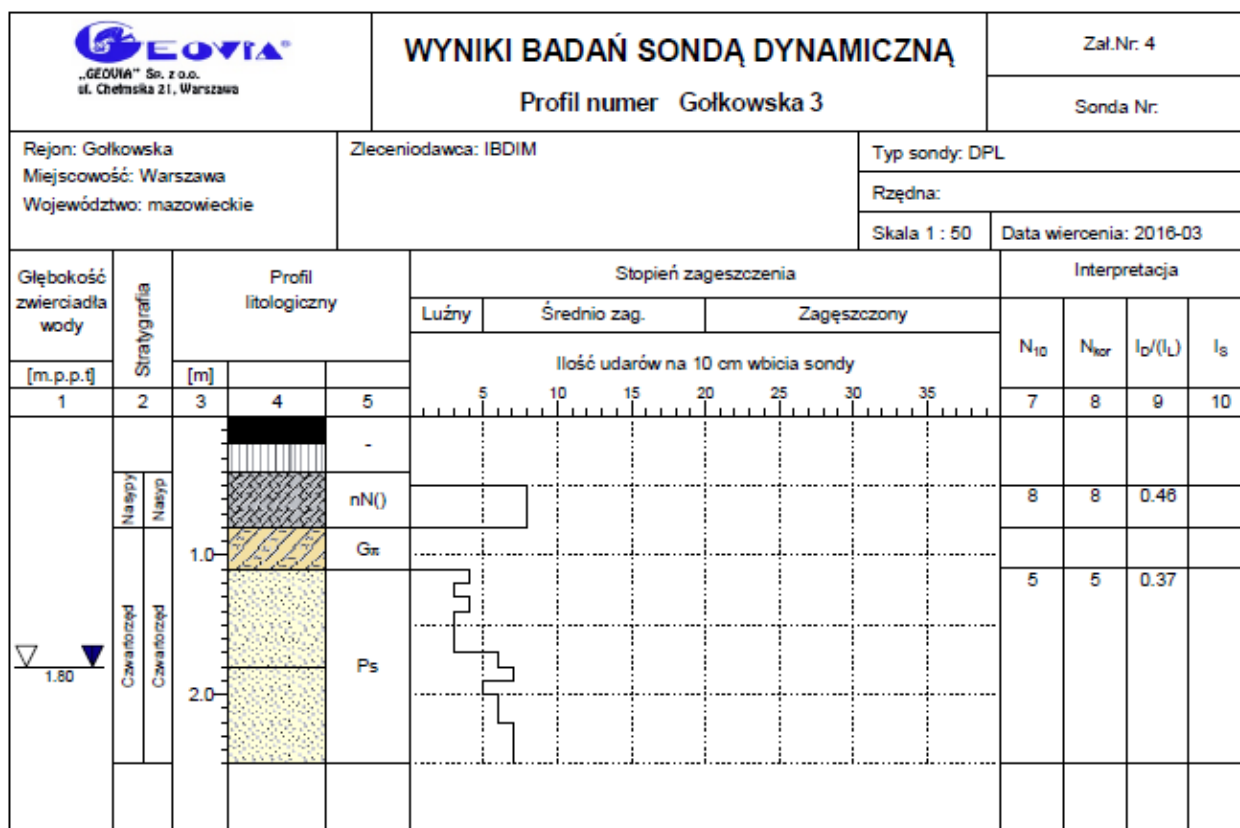
Data: 03.2016

Nr warstwy	Głębokość m ppt	Grubość cm	Suma warstw bitumicznych cm	Rodzaj warstwy	Opis
1	0,0 - 0,14	4,5	13,5	ścieralna	beton asfaltowy, mieszanka kruszyw
2		9,0		wiążąca	beton asfaltowy, mieszanka grysowa
3	0,14 – 0,35	21,0	-	podbudowa	chudy beton
4	> 0,35	-	-	-	nasyp piaszczysty



 „GEOVIA” Sp. z o.o. ul. Chłomska 21, Warszawa				KARTA OTWORU GEOTECHNICZNEGO Profil numer Gólkowska 3				Zał.Nr: 3 Wiertnica:			
Miejscowość: Warszawa Województwo: mazowieckie				Obiekt: ul. Gólkowska Zlecienniodawca: IBDIM Wiercenie: Geovia Sp. z o.o.				System wiercenia:			
								Rzędna:			
								Skala 1 : 50		Data wiercenia: 2016-03	
Wiercenie	Głębokość zwierciadła wody [m p.p.t.]	Stratygrafia	Skala [m]	Profil	Przebieg [m]	Opis Litologiczny	Symbol gruntu	Warstwa geotechniczna	Włgistość	Stan gruntu	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
 1.80	1.80	Nasyp	1.0 2.0		0.20	Nawierzchnia asfaltowa	-				
		Nasyp		0.35	Podbudowa z chudego betonu nasyp niekontrolowany (piasek, substancja organiczna, glina, gruz)	nN					
		Czwartorzęd		0.80	głina pylasta, brązowa	Gx	G3	w	pl		
		Czwartorzęd		1.10	piasek średni, szary przewarstwiony piaskiem gliniastym	Ps//Pg	G2	mw	szg		
		Czwartorzęd		1.80	piasek średni, szary przewarstwiony piaskiem gliniastym			nw	zg		
		Czwartorzęd		2.50							

Rysunek wykonano programem "GeoStar" zgodnie z Domyslna (zgodna z tematem)



Rysunek wykonano programem "GeoStar" zgodnie z Domyslna (zgodna z tematem)

4. Karta przeglądu stanu nawierzchni ulicy

W „Karcie przeglądu stanu nawierzchni ulicy” przedstawiono podsumowanie i zalecenia dotyczące metody remontu nawierzchni wraz z podaniem technologii naprawy i przekrojami konstrukcyjnymi podpisanymi przez uprawnionego projektanta, w wariantcie przedłużenia trwałości badanej drogi o średnio 8-10 lat w zakładanym podejściu naprawy weekendowej, o ile będzie to możliwe i uzasadnione.

Pracownicy IBDiM dokonali rejestracji stanu nawierzchni wraz z rozpoznaniem ilości, wielkości i/lub obszaru uszkodzeń, tj. spękań podłużnych, spękań poprzecznych, siatkowych, występowania kolein, wybojów, ubytków, wystających studzienek, itd. Stan i ilość uszkodzeń nanoszono w formularzach, a następnie zobrazowano poprzez utworzenie profilu uszkodzeń w formie graficznej i przedstawiono w „Kartach przeglądu stanu nawierzchni ulicy” dla poszczególnych ulic. Oceniono tam stan nawierzchni oraz przedstawiono zalecenia technologiczne. Stan techniczny i ilość/procent uszkodzeń został oznaczony kolorami objaśnionymi poniżej:

	stan zły
	stan ostrzegawczy
	stan średni
	stan dobry

W „Kartach przeglądu stanu nawierzchni ulicy” wyszczególniono następujące uszkodzenia, które wyliczono według wzorów:

- Indeks spękań:

$IS = L_p + 1/2 L_n$, gdzie:

L_p – spękania pełne (przez całą szerokość pasa),

L_n – spękania niepełne

	$IS > 3$
	$1 < IS < 3$
	$IS < 1$

- Spękania podłużne
- Spękania siatkowe i skupiska rys:

$SS = (S_1 + S_{1-5} \times 3 + S_5 \times 5) / P$, gdzie:

S_1 – powierzchnia spękań do 1 m²

S_{1-5} – powierzchnia spękań powyżej 1 m² ale do 5 m²

S_5 – powierzchnia spękań powyżej 5 m²

P – szerokość pasa ruchu przez powierzchnię pasa o długości 100 m

- Koleina:

	koleina wyraźna
	koleina mała > 30 %
	koleina mała < 30 %
	Brak koleiny

- Łaty:

	ilość > 5
	ilość 2-5
	ilość 1
	brak łat

- Niewyregulowane, wystające studzienki:

	ilość > 3
	ilość 2-3
	ilość 1-2
	brak

- Wyboje lub ubytki

	ilość > 2
	ilość 1-2
	Brak wyboi i ubytków

W „Karcie przeglądu stanu nawierzchni ulicy” przedstawiono obecny stan nawierzchni ul. Gołkowskiej oraz zaproponowano sposób i metodę remontu i wzmocnienia nawierzchni.

Ogólny stan nawierzchni oceniono jako średni. Na ulicy zaobserwowano liczne spękania poprzeczne, na prawie całej powierzchni indeks spękań wynosił powyżej 3. Występują pojedyncze spękania siatkowe i skupiska rys nieprzekraczające 20 % powierzchni. Nie zaobserwowano kolein. Nawierzchnia była łatana w ramach zabiegów utrzymaniowych, ale występują też nienaprawiane wyboje.

W celu doprowadzenia ulicy do kategorii ruchu KR4 w 20-letnim okresie eksploatacji należałoby wykonać pełną przebudowę nawierzchni lub zastosować wymianę warstw asfaltowych z podniesieniem niwelety drogi o 3-4 cm. Wiązałoby się to z większą przebudową chodników, dojazdów, zatok i skrzyżowań z innymi ulicami. Na

całym odcinku występuje podbudowa z chudego betonu, zatem frezowanie można wykonać jedynie do głębokości stropu podbudowy. Przy zastosowaniu technologii weekendowego frezowania polegającej na wykonaniu zbrojenia całej sfrezowanej powierzchni siatką szklaną nasączoną asfaltem i wymianie warstw asfaltowych trwałość naprawy na tej ulicy bez uwzględnienia wpływu siatek powinna wynieść minimum 6-7 lat. Jeśli weźmie się pod uwagę pozytywny wpływ siatek zbrojących nawierzchnię, minimalna trwałość powinna być przedłużona do około 8-9 lat. Na odcinku 50 m na dojeździe do skrzyżowania należy dodatkowo zastosować siatkę szklano-węglową nasączoną asfaltem pod warstwą ścieralną.

KONIEC