

ZDIK

Od: Marek Ciesielczyk
Wysłano: wtorek, 16 czerwca 2020 14:22
Do: zdik@zdi.k.tarnow.pl
Temat: Sz. Pan Dyrektor Michałek i Sz. Pan Dyrektor Gurgul

Zarząd Dróg i Komunikacji - Tarnów
33-100 Tarnów, ul. Bernardyńska 24

Wpł. 2020-06-16

L. dz. 41/2020/13

Ilość zał. podpis 18

Szanowni Panowie

nawiązując do dzisiejszej rozmowy z p. Gutem oraz powołując się na regulacje prawne dot. dostępu do informacji publicznej, proszę o niezwłoczne przesłanie mi mailem kopii ekspertyzy dot. wykonania, stanu, eksploatacji AI. Solidarności, która jest w posiadaniu ZDIK i PUK-u od wielu już miesięcy.

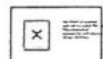
Z poważaniem

Marek Ciesielczyk
radny

D1
P. A. Gurgul
17.06.2020
P. K. KŁOZA
18 CZE. 2020

dr Marek Ciesielczyk

33-100 Tarnów 1



Wolny od wirusów. www.avast.com

Przejęto do KRM - kopia wniosku z odpowiedzi - 2.07.2020r.



Prezydent Tarnowa



Pan Marek Ciesielczyk
Radny Rady Miejskiej w Tarnowie

Tarnów, dnia 25 czerwca 2020 r.
ZDiK.DD.0710.1.37.2020

W odpowiedzi na wniosek przesłany pocztą elektroniczną w dniu 16 czerwca 2020 r., po otrzymaniu zgody właściciela dokumentu w załączeniu przekazuję „Opinię techniczną dotyczącą ustalenia przyczyn powstania przedwczesnej deformacji nawierzchni Al. Solidarności w Tarnowie”.

PREZYDENT MIASTA

Roman Ciepiela

Załączniki:

1 x Opinia techniczna dotycząca ustalenia przyczyn powstania przedwczesnej deformacji nawierzchni Al. Solidarności w Tarnowie

OTRZYMUJĄ:

1 x Adresat,

1 x Kancelaria Rady Miejskiej w Tarnowie,

1 x a/a.



IBDiM

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



AB 423

Opinia techniczna dotycząca ustalenia przyczyn powstania przedwczesnej deformacji nawierzchni Al. Solidarności w Tanowie

Nr sprawozdania: TN-2/4534/1/20

Symbol tematu: N-4534

Opracował:

dr inż. Maciej Maliszewski¹⁾

Zatwierdził:

**Kierownik Zakładu
Technologii Nawierzchni**

dr hab. inż. Wojciech Bańkowski
Profesor Instytutu

Warszawa, 07.02.2020 r.

¹⁾ osoba autoryzująca
Niniejsze sprawozdanie może być kopiowane jedynie w całości.

Spis treści

1.	Wstęp	4
1.1.	Podstawa pracy	4
1.2.	Cel pracy	4
1.3.	Plan pracy	4
1.4.	Dokumenty odniesienia.....	5
2.	Metody badań	5
2.1.	Badania diagnostyczne	5
	Pomiar równości poprzecznej (poza zakresem akredytacji AB 423)	5
2.2.	Badania nawierzchni asfaltowej.....	5
	Pobieranie próbek (w zakresie akredytacji AB 423)	5
	Skład mm-a (w zakresie akredytacji AB 423).....	5
	Wskaźnik zagęszczenia warstwy (w zakresie akredytacji AB 423)	5
	Zawartość wolnych przestrzeni (w zakresie akredytacji AB 423).....	5
	Grubość (w zakresie akredytacji AB 423)	6
	Odporność na koleinowanie (w zakresie akredytacji AB 423)	6
	Wytrzymałość połączenia międzywarstwowego (poza zakresem akredytacji AB 423)	6
	Akredytacja.....	6
3.	Informacje nt. wykonanej nawierzchni asfaltowej.....	6
4.	Stan nawierzchni	6
5.	Próbki do badań	8
5.1.	Informacje ogólne	8
5.2.	Pobranie próbek.....	8
6.	Wyniki badań i analiza.....	9
6.1.	Plan badań.....	9
6.2.	Pomiar równości poprzecznej	10
6.3.	Skład mieszanek mineralno-asfaltowych	12
6.4.	Wytrzymałość na ścinanie połączenia międzywarstwowego.....	13
6.5.	Właściwości fizyczne i objętościowe próbek.....	13
6.6.	Odporność na deformacje trwałe	15
6.7.	Interpretacja i opinia w zakresie akredytacji AB 423	17
7.	Podsumowanie i wnioski	17
	Podsumowanie	17
	Program naprawczy.....	18
	Załącznik 1 – Protokół pobrania próbek.....	19

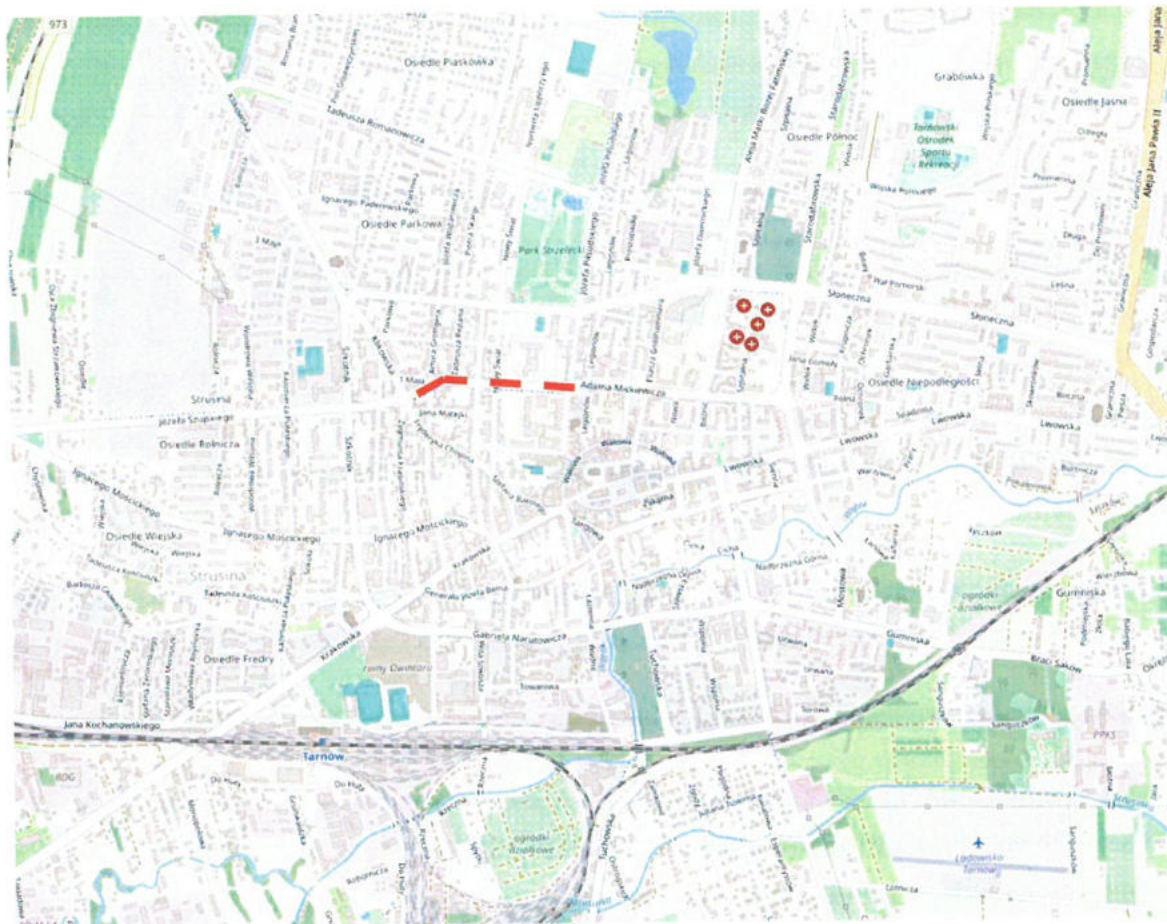
1. Wstęp

1.1. Podstawa pracy

Niniejszą pracę zrealizowano na podstawie zlecenia nr ZW/DDR/19/04 z dnia 06.12.2019 r. z firmy „PUK Tarnów” Przedsiębiorstwa Usług Komunalnych Sp. z o.o., ul. Komunalna 31, 33-100 Tarnów, Pracy nadano symbol IBDiM N-4534.

1.2. Cel pracy

Celem pracy było wykonanie opinii technicznej dotyczącej powstania przedwczesnej deformacji nawierzchni Al. Solidarności w Tanowie (Rysunek 1).



Rysunek 1 Lokalizacja ocenianego odcinka al. Solidarności w Tarnobrzegu (@openstreetmap.org, autorzy)

1.3. Plan pracy

W pracy zaplanowano:

- I) Inwentaryzację nawierzchni
- II) Pomiary równości poprzecznej
- III) Odwierty badawcze z nawierzchni
- IV) Badania właściwości fizycznych i objętościowych warstwy ścieralnej i wiążącej nawierzchni asfaltowej i mieszanki mineralno-asfaltowej
- V) Badania odporności na koleinowanie warstwy ścieralnej i wiążącej nawierzchni asfaltowej
- VI) Badania wytrzymałości połączenia między warstwowego warstwy ścieralnej i wiążącej
- VII) Opinia nt. stanu nawierzchni i przyczyn powstania deformacji.

1.4. Dokumenty odniesienia

- [1] Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. - Prawo budowlane (Dz.U. 2016 poz. 290 ze zm.)
- [2] Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie z dnia 2 marca 1999 r. (Dz.U. Nr 43, poz. 430)
- [3] Recepty na mieszanki mineralno-asfaltowe do warstw asfaltowych nawierzchni.
- [4] Katalog Typowych Konstrukcji Nawierzchni Podatnych i Półsztywnych; Załącznik do zarządzenia Nr 31 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad z dnia 16.06.2014 r.
- [5] WT-2 2016 Wymagania techniczne - Nawierzchnie asfaltowe na drogach krajowych -Wykonanie warstw nawierzchni asfaltowych
- [6] WT-2 Nawierzchnie asfaltowe 2008 Nawierzchnie asfaltowe na drogach publicznych

2. Metody badań

2.1. Badania diagnostyczne

Pomiar równości poprzecznej (poza zakresem akredytacji AB 423)

Pomiar wykonano metodą łaty 2 m i klina. Wyniki badań odniesiono do Rozporządzenia [2].

2.2. Badania nawierzchni asfaltowej

Pobieranie próbek (w zakresie akredytacji AB 423)

Pobranie próbek zostało przeprowadzone zgodnie z normą PN-EN 12697-27:2017-07* wg pkt. 4.7. Z nawierzchni odwiercono próbki walcowe o różnej średnicy (w zależności od przeznaczenia).

Skład mm-a (w zakresie akredytacji AB 423)

Zawartość lepiszcza rozpuszczalnego oznaczono metodą różnicy mas (B1.2, B2.1) w ekstraktorze automatycznym Infratest 20-1100 na rozgrzanej, rozdrobnionej i ostudzonej mm-a według normy PN-EN 12697-1:2012*. Wynik podano jako procent masy w stosunku do pierwotnej, suchej próbki do badań.

Uziarnienie oznaczono metodą przesiewania wg normy PN-EN 12697-2:2015-06*. Badanie przeprowadzono na kruszywie odzyskanym po ekstrakcji po ukończeniu badania, według PN-EN 12697-1:2012.

Wskaźnik zagęszczenia warstwy (w zakresie akredytacji AB 423)

Gęstość objętościową wyznaczono jako iloraz masy zagęszczonej mieszanki mineralno-asfaltowej w stanie suchym i jej objętości z porami wewnątrz ziaren oraz przestrzeniami pomiędzy ziarnami, oznaczono w 25 °C metodą hydrostatyczną według normy PN-EN 12697-6:2012*.

Wskaźnik zagęszczenia warstwy, obliczony jako stosunek gęstości objętościowej próbki pobranej z warstwy do gęstości próbki referencyjnej, przygotowanej z ponownie rozgrzewanej mieszanki mineralno-asfaltowej, wyznaczono według normy PN-EN 13108-20, załącznik C, rozdział 4* (jeśli obliczono na podstawie wyników akredytowanych).

Zawartość wolnych przestrzeni (w zakresie akredytacji AB 423)

Gęstość oznaczono metodą objętościową (w piknometrze) w 25°C zgodnie z normą PN-EN 12697-5:2010+AC:2012*. Badanie polegało na obliczeniu ilorazu masy próbki i jej objętości, określonej w piknometrze. Gęstość oznaczano na wysuszonej i rozdrobnionej próbce. Objętość próbki była mierzona objętością wody, która wypierała próbkę umieszczoną w piknometrze.

Zawartość wolnych przestrzeni w próbce obliczono na podstawie gęstości i gęstości objętościowej mieszanki mineralno-asfaltowej według normy PN-EN 12697-8:2005* (jeśli obliczono na podstawie wyników akredytowanych).

Grubość (w zakresie akredytacji AB 423)

Grubość warstw asfaltowych oznaczono metodą niszczącą (z odwiertów) zgodnie z normą PN-EN 12697-36:2005*.

Odporność na koleinowanie (w zakresie akredytacji AB 423)

Koleinowanie warstw asfaltowych oznaczono zgodnie z normą PN-EN 12697-22+A1:2008* w małym koleinomierzu wg metody B, w powietrzu. Badanie polegało na poddaniu próbki 10 000 cykli obciążenia badawczego koła małego aparatu w temperaturze +60°C.

Wytrzymałość połączenia międzywarstwowego (poza zakresem akredytacji AB 423)

Wytrzymałość ścinania połączenia międzywarstwowego wyznaczono wg metody Leutnera (Arbeitsanleitungen zur Prüfung von Asphalt (ALP A-StB) – Teil 4: Prüfung des Schichtenverbundes nach Leutner. Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen, Niemcy, 1999).

Akredytacja

Wyszczególnione metody badawcze mieszanek mineralno-asfaltowych oraz pobieranie próbek oznaczone * według norm europejskich serii PN-EN 12697 objęte są zakresem akredytacji udzielonej IBDiM przez Polskie Centrum Akredytacji (certyfikat nr AB 423).

3. Informacje nt. wykonanej nawierzchni asfaltowej

Według udostępnionej dokumentacji ustalono, że remont nawierzchni al. Solidarności polegał na sfrezowaniu ok. 10 cm starej nawierzchni asfaltowej i ułożenie w to miejsce nowych warstw. Po remoncie nawierzchnia składała się z trzech warstw asfaltowych. Podbudowę stanowiła warstwa betonu asfaltowego o grubości 10 cm (poza zakresem oceny). Nowa warstwa wiążąca wykonana była z betonu asfaltowego AC 16 W 50/70 (wyprodukowanego wg recepty nr 7/WMB5/15), przeznaczonego do ruchu kategorii KR3-4. Warstwa miała grubość 6 cm. Nową warstwę ścieralną o grubości 4 cm stanowił beton asfaltowy AC 11 S 50/70 (wykonany wg recepty nr 15/WMB5/15), przeznaczony do ruchu kategorii KR3-4.

Podczas analizy wzięto pod uwagę również informacje przedstawione przez Zleceniodawcę dotyczące reżimu technologicznego związanego z wykonaniem badanych warstw asfaltowych. Według Zleceniodawcy prace były realizowane na początku sierpnia 2019 r. podczas panowania wysokich temperatur dobowych (oscylujących w okolicach 30°C). Prace polegały na frezowaniu starych warstw asfaltowych i ułożeniu nakładki, której wykonywanie zakończono około godz. 15:00, a już około 21:00 dopuszczono ruch pojazdów. Miejscami wykonywana była również podbudowa asfaltowa.

4. Stan nawierzchni

W dniu 16.12.2019 r. pracownicy Instytutu Badawczego Dróg i Mostów dokonali oględzin nawierzchni skrzyżowania al. Solidarności z ul. Klikowską w obecności Zleceniodawcy (PUK Tarnów) i Przedstawicieli Zarządu Dróg i Komunikacji w Tarnowie. W ramach ekspertyzy stanu nawierzchni pracownicy IBDiM przeprowadzili szczegółową inwentaryzację nawierzchni wraz z rozpoznaniem uszkodzeń oraz wykonali pomiary równości poprzecznej. Następnie odwiercono próbki do badań.

Zinventaryzowano następujące uszkodzenia:

- Występowały miejscowe nierówności poprzeczne nawierzchni (koleiny) na wybranych odcinkach, dlatego zdecydowano o wykonaniu szczegółowego pomiaru.



Fotografia 1 Lokalna deformacja nawierzchni

Oszacowanie natężenia ruchu:

Podczas inwentaryzacji zarejestrowano informacje na temat rozkładu jazdy autobusów zamieszczone na przystanku „Solidarności-Klikowska”. Z przeprowadzonej analizy rozkładów jazdy 13 linii autobusowych (3, 5, 6, 9, 24, 33, 41, 44, 206, 210, 213, 222) wynika, że obecnie w ciągu dnia powszedniego kursuje 279 autobusów na dobę, w soboty 182 autobusy a w święto 160 autobusów. Biorąc pod uwagę same autobusy, w ciągu 20-letniego okresu obliczeniowego pojedynczym pasem ruchu przemieści się prawie 2,0 mln osi obliczeniowych co stanowi górną granicę kategorii ruchu KR3 (0,5 – 2,5 mln osi obliczeniowych / 20 lat [4]). Jeżeli uwzględni się dodatkowy wpływ pojazdów ciężarowych lub ciężarowych z naczepami to obecna kategoria ruchu może wzrosnąć do poziomu KR4 lub wyższego. W związku z tym należałoby przeprowadzić pomiary i prognozę ruchu oraz poważnie wziąć pod uwagę rodzaj stosowanych materiałów do wykonania warstw asfaltowych (np. zastosowanie twardszych asfaltów drogowych lub polimeroasfaltów).

5. Próbkki do badań

5.1. Informacje ogólne

Badania zostały przeprowadzone na próbkach odwierconych z warstwy ścieralnej i wiążącej. Oznaczenia wykonano pod kątem składu i właściwości fizycznych mieszanki mineralno-asfaltowej oraz właściwości geometrycznych i fizycznych wykonanych warstw asfaltowych. Przeprowadzono badania koleinowania oraz wytrzymałości połączenia międzywarstwowego.

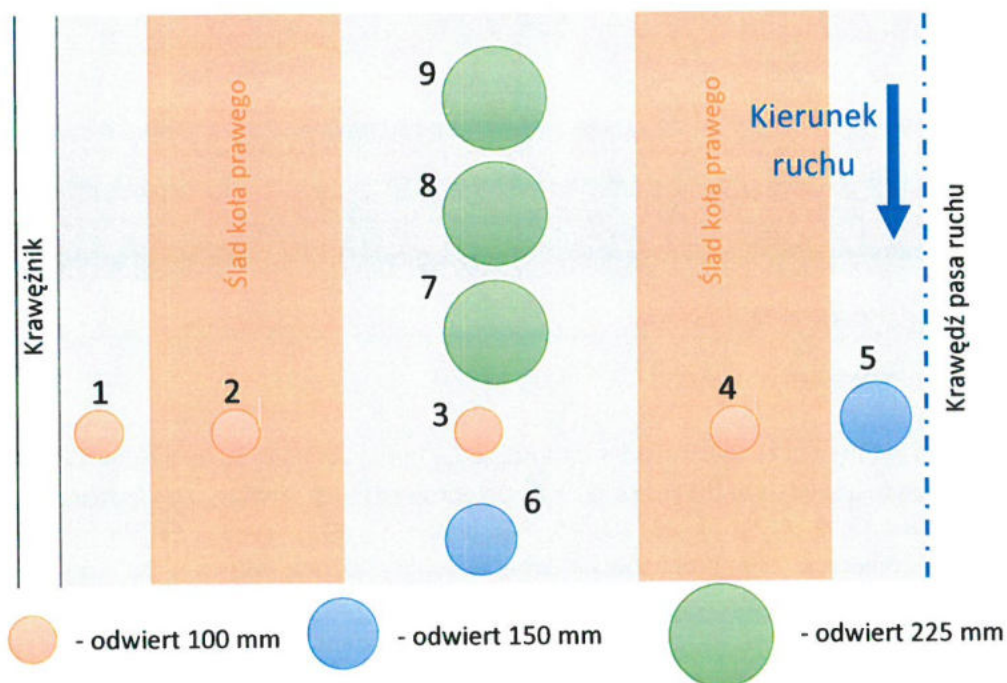
Próbki pobrano w lokalizacji km 0+064 (strona prawa, lewa, w śladzie kół i poza śladami jazdy). Do badań wybrano odwierty warstw asfaltowych z 9 lokalizacji pobrania.

Wyniki odniesiono do wymagań SST oraz dokumentacji projektowej.

5.2. Pobranie próbek

Próbki pobrano metodą „na mokro” przy użyciu wiertnicy ręcznej o napędzie elektrycznym firmy Beier. Odwierty pobrano przy użyciu koron diamentowych o średnicy 100, 150 i 225 mm wg normy PN-EN 12697-27:2017-07, p. 4.7. Po dostarczeniu do laboratorium próbki oczyszczono, umyto, a następnie przeznaczono do dalszych badań. Pobranie próbek objęte jest zakresem akredytacji PCA Nr AB 423. Lokalizację miejsc pobrania próbek przedstawia Rysunek 2.

Próbki pobrali pracownicy IBDiM dnia 16.12.2019 r. Wykaz odwiertów zestawiono w protokole pobrania nr 191216RR1. Tabela 1 przedstawia ilość, rodzaj, oznaczenie próbek oraz lokalizację pobrania próbek, a Rysunek 2 przedstawia schemat pobrania.



Rysunek 2 Schemat pobrania próbek do badań

Tabela 1 Próbki pobrane z nawierzchni al. Solidarności

Numer próbki	Rodzaj próbki	Miejsce pobrania	Lokalizacja pobrania
191216RR1.1	odwiert ϕ 100 mm	km 0+064 Al. Solidarności w kierunku ul. Klikowskiej	strona prawa, poza koleiną, 15 cm od krawędzi
191216RR1.2	odwiert ϕ 100 mm		strona prawa, w prawym śladzie koła, 55 cm od krawędzi
191216RR1.3	odwiert ϕ 100 mm		oś jezdni, między śladami kół, 150 cm od krawędzi
191216RR1.4	odwiert ϕ 100 mm		strona lewa, w lewym śladzie koła, 230 cm od krawędzi
191216RR1.5	odwiert ϕ 150 mm		strona lewa, poza śladem koła, 280 cm od krawędzi
191216RR1.6	odwiert ϕ 150 mm		oś jezdni, między śladami kół, 150 cm od krawędzi
191216RR1.7	odwiert ϕ 225 mm		oś jezdni, między śladami kół, 150 cm od krawędzi
191216RR1.8	odwiert ϕ 225 mm		
191216RR1.9	odwiert ϕ 225 mm		

6. Wyniki badań i analiza

6.1. Plan badań

Badaniom poddano próbki pochodzące z warstwy ścieralnej i wiążącej. W zależności od rodzaju badania część próbek była badana w postaci nieprzetworzonej, a część była rozcinana lub rozłupywana w celu wydzielenia próbki badawczej. Wybrane próbki były podgrzewane i rozdrabniane. Plan badań przedstawia Tabela 2.

Pracownia Nawierzchni Asfaltowych zastrzega, że przedstawione wyniki badań mieszanek mineralno-asfaltowych odnoszą się do badanych próbek.

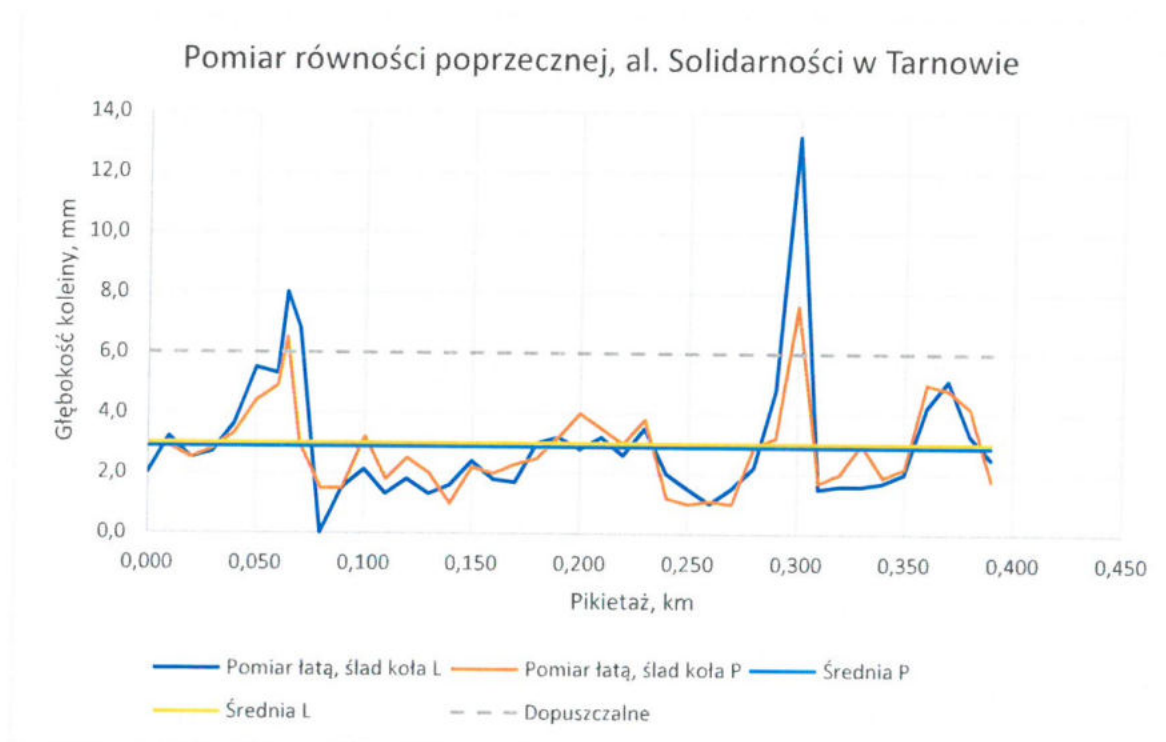
Tabela 2 Plan badań

Numer próbki	Rodzaj próbki	Badanie
191216RR1.9	odwiert ϕ 225 mm	grubość warstwy ścieralnej i wiążącej gęstość objętościowa warstw podgrzanie próbek, odrzucenie ziaren przeciętych, połączenie próbek i badania: gęstość, zawartość wolnych przestrzeni w warstwach skład (zawartość lepiszcza i uziarnienie)
191216RR1.1 191216RR1.2 191216RR1.3 191216RR1.4	odwiert ϕ 100 mm	grubość warstwy ścieralnej i wiążącej gęstość objętościowa warstw
191216RR1.7 191216RR1.8	odwiert ϕ 225 mm	grubość warstwy ścieralnej i wiążącej gęstość objętościowa warstw odporność na koleinowanie podgrzanie próbek, odrzucenie ziaren przeciętych, połączenie próbek i badania: zawartość wolnych przestrzeni w próbkach Marshalla
191216RR1.5 191216RR1.6	odwiert ϕ 150 mm	grubość i średnica warstwy ścieralnej i wiążącej ścinać połączenia międzywarstwowego warstw: ścieralnej, wiążącej i podbudowy

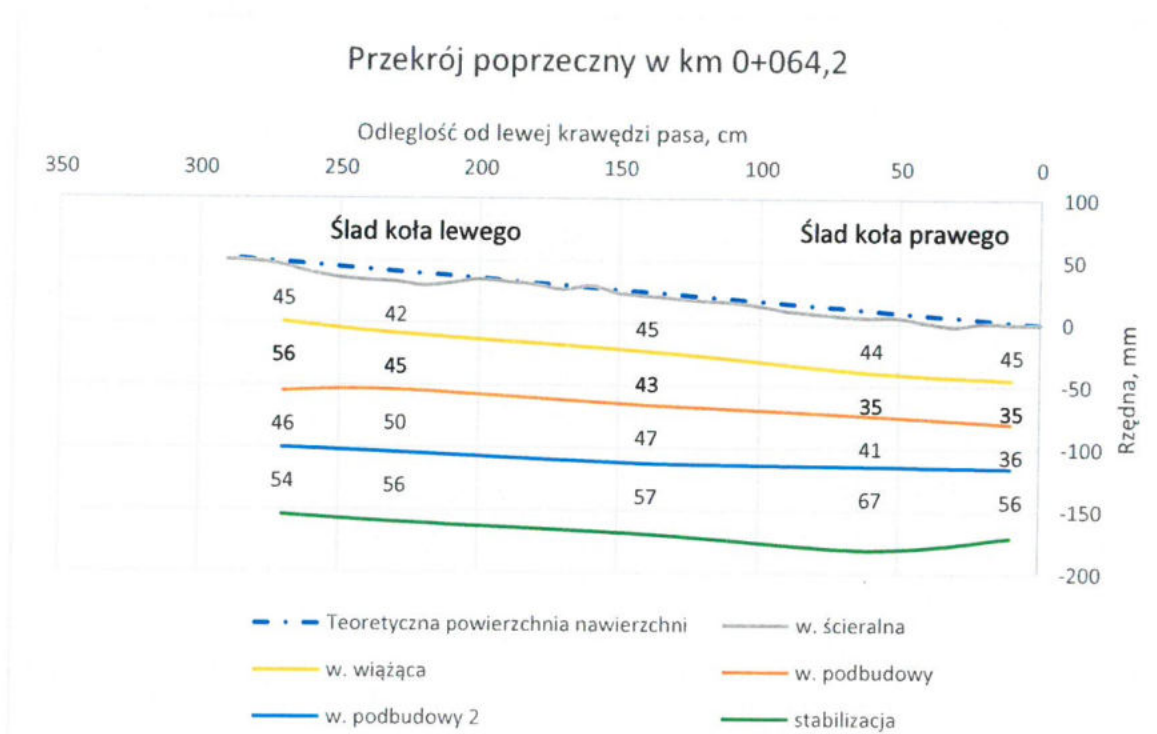
6.2. Pomiar równości poprzecznej

Ocenę równości poprzecznej nawierzchni al. Solidarności do skrzyżowania z ul. Klikowską w Tarnowie przeprowadzono na odcinku od początku przejścia dla pieszych (ustalono pikietaż jako km 0+000) do km 0+387. Wyniki badań odniesiono do wymagań Rozporządzenia [2]. Wyniki pomiarów przedstawia Rysunek 3. W dwóch lokalizacjach stwierdzono przekroczenia dopuszczalnych wartości. W jednej z tych lokalizacji (km 0+064,2) dodatkowo wykonano pomiar profilu deformacji poprzecznej na całym pasie ruchu oraz pobrano odwierty w celu lokalizacji deformacji w przekroju konstrukcji oraz w celu wykonania badań laboratoryjnych. Wyniki pomiaru profilu deformacji poprzecznej przedstawia Rysunek 4.

Wyniki badań równości poprzecznej na ocenianym odcinku al. Solidarności mieściły się w wymaganiach Rozporządzenia [2] wobec drogi klasy L oraz D, placów oraz parkingów. W przekroju km 0+064,2 (przystanek autobusowy) oraz km 0+300 równość poprzeczna była przekroczona. Z pomiaru grubości poszczególnych warstw wynika, że deformacja powstała w obrębie warstwy ścieralnej



Rysunek 3 Pomiar równości poprzecznej (wymaganie wg Rozporządzenia [2] linią przerywaną)



Rysunek 4 Szczegółowy pomiar profilu deformacji powierzchni i konstrukcji nawierzchni w km 0+064,2

6.3. Skład mieszanek mineralno-asfaltowych

Badania składu mieszanek mineralno-asfaltowych z warstwy ścieralnej (Tabela 3) i wiążącej (Tabela 4) odniesiono do składu projektowanego (wg recepty/badań typu) oraz wymagań normy PN-EN 13108-21:2008/AC:2008 wobec wyników badań pojedynczej próbki.

Tabela 3 Wyniki badań składu mm-a z warstwy ścieralnej

Wymiar oczka sita #, mm		Próbka nr 191216RR1.S1	Próbka nr 191010RR1.S2	Recepta	Dopuszczal. odchyłka wg WT-2	Niepewność pomiaru *
% (m/m)						
Skład ziarnowy, przesiew	16,0	100	100	100	-8/+5	±0,4
	11,2	95	94	98	±8	
	8,0	74	71	79		
	5,6	63	62	66		
	2,0	41	41	39		
	0,125	12	12	10	±4	
	0,063	10,7	10,6	8	±3,0	
Zawartość lepiszcza rozpuszczalnego		5,7	5,6	5,6	±0,5	± 0,2

*Niepewność rozszerzona pomiaru nieuwzględniająca pobrania próbek, przy współczynniku rozszerzenia k=2 co odpowiada poziomowi ufności 95%

Tabela 4 Wyniki badań składu mm-a z warstwy wiążącej

Wymiar oczka sita #, mm		Próbka nr 191216RR1.W11	Próbka nr 191010RR1.W2	Recepta	Dopuszczal. odchyłka wg WT-2	Niepewność pomiaru *
% (m/m)						
Skład ziarnowy, przesiew	22,4	100	100	100	-9/+5	±0,4
	16,0	99	98	97	±8	
	11,2	86	87	71		
	8,0	66	68	64		
	5,6	52	54	55		
	2,0	32	32	30		
	0,125	8	8	7		
	0,063	7,3	7,3	5,6	±4,0	
Zawartość lepiszcza rozpuszczalnego		4,9	4,9	4,6	±0,6	± 0,2

*Niepewność rozszerzona pomiaru nieuwzględniająca pobrania próbek, przy współczynniku rozszerzenia k=2 co odpowiada poziomowi ufności 95%

Z analizy składu mieszanek mineralno-asfaltowych wynika, że nie stwierdzono przekroczeń odchyłek w badaniach wykraczających poza odchyłki dopuszczalne w wytycznych technicznych. Stwierdzona większa o 2,6 i 2,7% (m/m) zawartość frakcji poniżej 0,063 mm mogła być bezpośrednią przyczyną zaniżonej zawartości wolnych przestrzeni w mieszance mineralno-asfaltowej a w konsekwencji w wykonanej warstwie.

Można uznać, że skład mieszanek mineralno-asfaltowych do warstw nawierzchni był zgodny z receptą i mieścił się dopuszczalnych odchyłkach dla pojedynczej próbki, jednak wyższa niż

projektowana zawartość frakcji powyżej 0,063 mm mogła wpłynąć na zmniejszenie zawartości wolnych przestrzeni, a w konsekwencji pogorszyć odporność na koleinowanie. W przypadku warstwy ścieralnej mieszanka mineralno-asfaltowa zawiera większą zawartość asfaltu niż w przypadku warstwy wiążącej, co spotęgowało wpływ zwiększonej zawartości frakcji powyżej 0,063 mm.

6.4. Wytrzymałość na ścinanie połączenia międzywarstwowego

Wytrzymałość na ścinanie połączenia międzywarstwowego jest badaniem istotnym z punktu widzenia nośności nawierzchni oraz podatności na koleinowanie. Asfaltowe warstwy ścieralne o osłabionym połączeniu międzywarstwowym wykazywały zwiększoną podatność na koleinowanie. Wyniki badań przedstawia Tabela 5.

Tabela 5 Wyniki badań ścinania

Symbol próbki	Rodzaj warstwy	Siła ścinająca kN	Średnica próbki mm	Wytrzymałość połączenia międzywarstwowego MPa
191216RR1.5	ścieralna/wiążąca	27,7	149	1,6
	wiążąca/podbudowa	40,9		2,3
191216RR1.6	ścieralna/wiążąca	29,6		1,7
	wiążąca/podbudowa	37,5		2,2
Wymaganie według GDDKiA 2014: warstwa ścieralna/wiążąca				1,0
Wymaganie według GDDKiA 2014: warstwa wiążąca/podbudowa				0,7

Wyniki badań wytrzymałości na ścinanie nie wykazały osłabienia połączenia warstw, w związku z czym nie ma przesłanki, aby osłabienie połączenia miało w tym przypadku wpływ na powstanie przedwczesnej deformacji nawierzchni.

6.5. Właściwości fizyczne i objętościowe próbek

Wyniki badań właściwości fizycznych mieszanek przedstawia Tabela 6 i Tabela 7, natomiast wyniki badań odwiertów przedstawia Tabela 8 i Tabela 9. Wyniki badań odniesiono informacyjnie do recept i do Wymagań Technicznych WT-2 2016 GDDKiA [5].

Tabela 6 Właściwości fizyczne mieszanki AC 11 S 50/70 z warstwy ścieralnej

Numer Próbkki	Gęstość Mg/m ³	Masa g	Gęstość objętościowa Mg/m ³	Zawartość wolnej przestrzeni % (v/v)
191216RR1.S.A	2,511	1210,4	2,484	1,1
191216RR1.S.B		1227,8	2,485	1,0
191216RR1.S.C		1222,4	2,484	1,1
191216RR1.S.D		1232,5	2,488	0,9
Niepewność pomiaru*	± 0,013	–	± 0,025	± 0,5
Wymagania wg WT-2 2010				2,0 ÷ 4,0

*Niepewność rozszerzona pomiaru uwzględniająca pobranie próbek, przy współczynniku rozszerzenia $k=2$ co odpowiada poziomowi ufności 95%

Tabela 7 Właściwości fizyczne mieszanki AC 16 W 50/70 z warstwy wiążącej

Numer Próbki	Gęstość Mg/m ³	Masa g	Gęstość objętościowa Mg/m ³	Zawartość wolnej przestrzeni % (v/v)
191216RR1.W.A	2,508	1205,4	2,461	1,9
191216RR1.W.B		1215,0	2,455	2,1
191216RR1.W.C		1214,5	2,458	2,0
191216RR1.W.D		1211,1	2,459	2,0
Niepewność pomiaru*	± 0,013	–	± 0,025	± 0,5
Wymagania wg WT-2 2010				4,0 ÷ 7,0

*Niepewność rozszerzona pomiaru uwzględniająca pobranie próbek, przy współczynniku rozszerzenia $k=2$ co odpowiada poziomowi ufności 95%

Tabela 8 Właściwości fizyczne odwiertów z warstwy ścieralnej

Numer Próbki	Gęstość Mg/m ³	Masa g	Gęstość objętościowa Mg/m ³	Zawartość wolnej przestrzeni % (v/v)	Wskaźnik zagęszczenia %	Grubość warstwy mm
191216RR1.1	2,512	803,0	2,475	1,5	100	45
191216RR1.2		794,2	2,473	1,6	100	44
191216RR1.3	2,510	712,0	2,491	0,8	100	45
191216RR1.4		684,5	2,462	1,9	99	42
191216RR1.7	2,512	4022,4	2,478	1,4	100	45
191216RR1.8	2,510	3999,5	2,477	1,4	100	45
Niepewność pomiaru*	± 0,013	–	± 0,025	± 0,5	-	± 1,4
Wymagania wg WT-2 2016				2,0 ÷ 5,0	≥ 98	40 ± 4

*Niepewność rozszerzona pomiaru uwzględniająca pobranie próbek, przy współczynniku rozszerzenia $k=2$ co odpowiada poziomowi ufności 95%

Tabela 9 Właściwości fizyczne odwiertów z warstwy wiążącej

Numer Próbki	Gęstość Mg/m ³	Masa g	Gęstość objętościowa Mg/m ³	Zawartość wolnej przestrzeni % (v/v)	Wskaźnik zagęszczenia %	Grubość warstwy mm
191216RR1.1	2,506	590,0	2,440	2,6	99	35
191216RR1.2		638,8	2,457	2,0	100	35
191216RR1.3	2,510	852,3	2,433	3,1	99	43
191216RR1.4		818,0	2,457	2,1	100	45
191216RR1.7	2,506	3536,6	2,450	2,2	100	43
191216RR1.8	2,510	3401,0	2,454	2,2	100	42
Niepewność pomiaru*	± 0,013	–	± 0,025	± 0,5	-	± 1,4
Wymagania wg WT-2 2016				3,0 ÷ 8,0	≥ 98	60 ± 6

*Niepewność rozszerzona pomiaru uwzględniająca pobranie próbek, przy współczynniku rozszerzenia k=2 co odpowiada poziomowi ufności 95%

Analiza wyników badań próbek z warstwy ścieralnej wykazała, że zawartość wolnych przestrzeni w warstwie była zbyt mała, wynosiła średnio 1,5%, przy wymaganiu od 2,0 do 5,0%. Dodatkowo, biorąc pod uwagę wartość wskaźnika zagęszczenia (na poziomie ok. 100%), nie można stwierdzić, że niska zawartość wolnych przestrzeni spowodowana była nadmiernym zagęszczeniem. Jeżeli chodzi o grubość, warstwa ścieralna miała średnio 44 mm, przy wymaganiu 40±4 mm.

Analiza wyników właściwości warstwy wiążącej wykazała, że warstwa również była na właściwym poziomie zagęszczenia (średnio 100%). Natomiast uzyskano niską średnią zawartość wolnych przestrzeni na poziomie 2,5%, przy wymaganiu od 3,0 do 8,0%. Zarówno mieszanka jak i warstwa z mieszanki mineralno-asfaltowej odznaczała się zawartością wolnych przestrzeni poniżej wartości wymaganej. Według założeń projektowych grubość warstwy wiążącej powinna wynosić 60 mm (z dopuszczalną 10% odchyłką). Warstwa odznaczała się średnią grubością zaledwie 40 mm, co było wartością znacząco zaniżoną.

Wyniki badań nie wskazują na przegęszczenie warstw asfaltowych, ale zawartość wolnych przestrzeni była poniżej wartości wymaganej. Warstwa wiążąca miała znacznie zaniżoną grubość. Wymienione parametry mogły mieć wpływ na powstanie przedwczesnej deformacji nawierzchni.

6.6. Odporność na deformacje trwałe

Wyniki badań odporności na deformacje trwałe przedstawia Tabela 10 i Tabela 11.

Tabela 10 Wyniki badania koleinowania warstwy ścieralnej

Symbol próbki	Grubość próbki badawczej mm	Gęstość objętościowa Mg/m ³ masa	Głębokość koleiny RD _{AIR} mm	Proporcjonalna głębokość koleiny PRD _{AIR} , %	Przyrost koleiny WTS _{AIR} mm/(10 ³ cykli)
191216RR1.7	45	2,478 M=4022,4 g	11,9	26,4	–
191216RR1.8	44	2,477 M=3999,5 g	8,4	19,1	–
Średnia	45	2,478	10,1*	22,8*	–
Niepewność pomiaru *	±1,4	±0,013	±0,02	±0,2	±0,04
Wymagania wg WT-2 2014			-	PRD _{AIR9,0}	WTS _{AIR0,15}

* badanie przerwano po 2800 cyklach badania z zaplanowanych 10 000 cykli.

Tabela 11 Wyniki badania koleinowania warstwy wiążącej

Symbol próbki	Grubość próbki badawczej mm	Gęstość objętościowa Mg/m ³ masa	Głębokość koleiny RD _{AIR} mm	Proporcjonalna głębokość koleiny PRD _{AIR} , %	Przyrost koleiny WTS _{AIR} mm/(10 ³ cykli)
191216RR1.7	40	2,450 M=3536,6 g	3,7	9,2	0,12
191216RR1.8	38	2,454 M=3401,0 g	3,9	10,2	0,11
Średnia	39	2,478	3,8	9,7	0,12
Niepewność pomiaru *	±1,4	±0,013	±0,02	±0,2	±0,04
Wymagania wg WT-2 2014			-	PRD _{AIR7,0}	WTS _{AIR0,15}

Wyniki badań odporności na deformacje trwale wskazują na zdecydowany brak odporności na koleinowanie próbek z warstwy ścieralnej. Półki odznaczały się niską zawartością wolnych przestrzeni i wysokim zagęszczeniem, co było omówione w poprzednim punkcie.

W przypadku próbek z warstwy wiążącej wyniki przyrostu koleiny były na spodziewanym poziomie przy mieszance AC 16 W z asfaltem drogowym 50/70, a nieco wyższa niż wymagana proporcjonalna głębokość koleiny mogła być spowodowana niską grubością badanej próbki. Wyniki badań koleinowania można odnieść do wskaźnika zagęszczenia badanych warstw asfaltowych, bliskiego lub równego 100%. W typowym przebiegu procesu koleinowania nawierzchni asfaltowej wyróżnia się 3 fazy: szybkiego dogęszczania, powolnego przyrostu koleiny oraz przyspieszonego przyrostu koleiny. Fazy te następują wraz z odpowiednią ilością obciążeń od pojazdów. W przypadku, gdy nawierzchnia wstępnie odznacza się wysokim zagęszczeniem, co spowodowane jest m.in. wysoką temperaturą otoczenia, możliwe jest zaistnienie początkowych faz przebiegu koleinowania już na etapie wykonywania nawierzchni. Dodatkowo oceniane warstwy asfaltowe poza silnym obciążeniem termicznym podczas wykonywania zostały przekazane do eksploatacji przed upływem reżimów

czasowych zalecanych m.in. w WT-2 2008 [6], tj. w przypadku warstwy ścieralnej o grubości od 4 do 5 cm czas stygnięcia przed oddaniem do ruchu nie powinien być krótszy niż 24 godziny, a w przypadku pakietu warstw ścieralnej i wiążącej o grubości od 10 do 14 cm czas nie powinien być krótszy niż 36 godzin. Oddanie nawierzchni do ruchu przed upływem tego czasu mogło spowodować zainicjowanie zjawiska koleinowania.

Wyniki badań odporności na deformacje trwałe wskazują na zdecydowany brak odporności na koleinowanie warstwy ścieralnej. Było to spowodowane właściwościami materiału z którego była wykonana warstwa (łatwa zagęszczalność i niska zawartość wolnych przestrzeni) oraz przedwczesnym oddaniem nawierzchni do eksploatacji. Czynniki te przyczyniły się do lokalnego powstania przedwczesnej deformacji nawierzchni.

6.7. Interpretacja i opinia w zakresie akredytacji AB 423

Niniejsza interpretacja wyników badań objęta jest zakresem akredytacji PCA nr AB 423 i dotyczy wyników badań gęstości objętościowej i gęstości oraz wyliczonej na tej podstawie zawartości wolnych przestrzeni, a także wyników badań składu ziarnowego i zawartości lepiszcza rozpuszczalnego. Stwierdza się, że przyczyną deformacji nawierzchni mogła być zaniżona zawartość wolnych przestrzeni w mieszance mineralno-asfaltowej do warstwy ścieralnej i wiążącej, przy czym w badaniach koleinowania podatność na koleinowanie została stwierdzona w przypadku warstwy ścieralnej. Natomiast deformacji warstwy ścieralnej nie potwierdzono na podstawie analizy próbek pobranych w śladzie kół.

7. Podsumowanie i wniosek

Podsumowanie

Zrealizowana ekspertyza wykazała, że na al. Solidarności w Tarnowie:

- Panuje ruch kategorii co najmniej KR3,
- Zaobserwowano pojedyncze lokalizacje ze zbyt dużą deformacją trwałą nawierzchni, ale na pozostałej długości odcinka nie stwierdzono nierówności poprzecznych przekraczających wymagania Rozporządzenia [2],
- Na podstawie odwiertów stwierdzono deformację warstwy ścieralnej,
- Mieszanki mineralno-asfaltowe, z których wykonana była warstwa ścieralna i wiążąca cechuje łatwa zagęszczalność i niska zawartość wolnych przestrzeni, co może pogarszać odporność na koleinowanie,
- Badania koleinowania próbek z warstwy ścieralnej wykazały brak odporności na koleinowanie,
- Badania koleinowania próbek z warstwy wiążącej wykazały odporność na koleinowanie na lepszym poziomie niż z warstwy ścieralnej, przy mniejszym przekroczeniu wartości granicznych, jednak zaniżona grubość może prowadzić do przedwczesnego odkształcenia tej warstwy,
- Zastosowanie asfaltu drogowego 50/70 w przypadku nawierzchni obciążonej ruchem kategorii co najmniej KR3 może prowadzić do przedwczesnej deformacji, szczególnie w strefie przy przystankach autobusowych, na skrzyżowaniach i innych lokalizacjach o ruchu powolnym z hamowaniem.

Podsumowując stwierdzono szereg możliwości, które mogły przyczynić się do przedwczesnego powstania deformacji, a najprawdopodobniej było to jednoczesne występowanie wymienionych czynników. Przyjęto 3 stopniową skalę oceny wpływu, tj. nieistotny, średni i istotny. Podsumowanie analizy przedstawia Tabela 12.

Tabela 12 Analiza istotności wpływu poczynionych obserwacji na podatność nawierzchni na koleinowanie

Obserwacja / cecha	Wpływ na powstanie deformacji
Zastosowanie asfaltu 50/70 – niedostosowanie materiałów do warunków ruchu	Istotny
Zaniżona zawartość wolnych przestrzeni w warstwie ścieralnej = pogorszona odporność na koleinowanie	Istotny
Przedwczesne oddanie nawierzchni do eksploatacji	Istotny
Zaniżona zawartość wolnych przestrzeni w warstwie wiążącej = nieznacznie obniżona odporność na koleinowanie	Istotny
Zaniżona grubość warstwy wiążącej	Średni
Możliwość deformacji podłoża	Nieistotny

Program naprawczy

Proponuje się kontynuację obserwacji postępowania okształcania nawierzchni. W przypadku pogarszania stanu, należałoby lokalnie, w obrębie występowania deformacji, wymienić warstwę ścieralną i wiążącą na warstwy wykonane z zastosowaniem polimeroasfaltu, np. PMB 45/80-55 (warstwa ścieralna) oraz PMB 25/55-60 (warstwa wiążąca), które znacząco poprawiają odporność na koleinowanie.

Należy również dodać, że niebagatelne znaczenie ma podłoże pod warstwy asfaltowe. Jeśli podłoże nie będzie zapewniało wystarczającej nośności i odporności na deformacje, również odporne na koleinowanie warstwy wierzchnie nie zabezpieczą przed wystąpieniem odkształceń w przyszłości (tzw. efekt tortu). Z doświadczeń IBDiM wynika, że nawet 15 cm nakładka z warstw asfaltowych odpornych na koleinowanie na podłożu nieodpornym na koleinowanie powoduje odkształcenie nawierzchni.

KONIEC