

Wytyczne diagnostyki stanu technicznego nawierzchni dla dróg wojewódzkich

Dział 3 Równość poprzeczna (Podprojekt PP-Ny)

- wersja robocza -

Historia dokumentu

Nazwa dokumentu	Wytyczne diagnostyki stanu technicznego nawierzchni dla dróg wojewódzkich, Dział 3 Równość poprzeczna (Podprojekt PP-Ny)
Nazwa pliku	równość_poprzeczna_180719
Data utworzenia	31 stycznia 2018
Data ostatniej zmiany	19. lipca 2018

Wersja	Data	Opis zmian	Autor
0.1	31.01.2018	Pierwsza wersja	Anna Niedzielska
0.2	09.02.2018	Recenzja	Paulina Brzezińska
0.3	12.02.2018	Recenzja	Wojciech Smęt
0.4	12.02.2018	Prace redakcyjne	Marek Skakuj
0.5	12.02.2018	Wersja przekazana do konsultacji	Marek Skakuj
0.6	09.03.2018	Dopasowanie do ustaleń	Wojciech Smęt
0.7	12.03.2018	Prace redakcyjne	Wojciech Smęt
0.8	09.04.2018	Prace redakcyjne	Anna Niedzielska
0.9	17.04.2018	Prace redakcyjne	Marek Skakuj
0.10	11.05.2018	Wprowadzenie zmian po uwagach zamawiającego	Anna Niedzielska
0.11	30.05.2018	Wprowadzenie zmian po uwagach zamawiającego	Anna Niedzielska
0.12	06.06.2018	Prace redakcyjne	Paulina Brzezińska
0.13	12.06.2018	Rewizja dokumentu, ujednoczenie, uwzględnienie ustaleń ze spotkań roboczych	Marek Skakuj
0.14	14.06.2018	Wersja do konsultacji z zamawiającym	Marek Skakuj
0.15	03.07.2018	Uwzględnienie ustaleń ze spotkania roboczego	Anna Niedzielska
0.16	04.07.2018	Wersja do konsultacji z zamawiającym	Marek Skakuj
0.17	04.07.2018	Kontrola przez zamawiającego	Zamawiający
0.18	16.07.2018	Wersja do konsultacji z zamawiającym	Marek Skakuj
0.19	17.07.2018	Kontrola przez zamawiającego	Zamawiający
0.20	18.07.2018	Wersja do konsultacji z zamawiającym	Marek Skakuj

0.21	19.07.2018	Wersja do konsultacji z wykonawcami	Marek Skakuj
------	------------	-------------------------------------	--------------

Stopka redakcyjna

Wytyczne diagnostyki stanu technicznego nawierzchni dla dróg wojewódzkich (WDSN) zostały opracowane w ramach realizacji zadania „Dostosowanie wytycznych diagnostycznych stanu nawierzchni do potrzeb dróg wojewódzkich” (numer umowy: ZDW/2/ND/1/2018) na zlecenie następujących Zarządów Dróg:

1. Zarząd Dróg Wojewódzkich w Olsztynie
2. Zarząd Dróg Wojewódzkich w Gdańsku
3. Zachodniopomorski Zarząd Dróg Wojewódzkich w Koszalinie
4. Zarząd Dróg Wojewódzkich w Bydgoszczy
5. Wielkopolski Zarząd Dróg Wojewódzkich w Poznaniu
6. Podlaski Zarząd Dróg Wojewódzkich w Białymstoku

Podstawą do opracowania Wytycznych diagnostyki stanu technicznego nawierzchni dla dróg wojewódzkich była dokumentacja systemu Diagnostyka Stanu Nawierzchni opracowanego przez Generalną Dyрекcję Dróg Krajowych i Autostrad.

Spis treści

1	Wprowadzenie	6
1.1	Odniesienia	7
2	Metodologia badań i technika pomiarowa	8
3	Prowadzenie pomiarów	10
3.1	Wymagania jakościowe.....	10
3.2	Wymagania jakościowe odnośnie fotorejestracji kontrolnej.....	12
3.3	Oznaczenie danych ważnych i nieważnych	13
4	Zapewnienie jakości	14
4.1	Wzorcowanie jednostek pomiarowych	14
4.2	Kontrola własna wykonawcy	14
4.3	Pomiary kontrolne wykonywane przez podmioty trzecie	15
4.4	Kontrola danych	15
4.5	Kontrola obmiaru prac	15
5	Procedury obliczania wielkości stanu.....	16
5.1	Średnia głębokość koleiny (GK).....	16
5.2	Średnia teoretyczna głębokość wody w koleinie (GW).....	17
5.3	Pochylenie poprzeczne (PP).....	18
6	Katalog typowych błędów popełnianych podczas pomiarów	19
6.1	Skrajne odczyty wykraczające poza zakres pomiaru.....	19
6.2	Skrajne odczyty w przypadku przekroju daszkowego	20
6.3	Odbijanie promienia lasera od urządzeń bezpieczeństwa ruchu	21
6.4	Występowanie miejscowych ograniczeń	22
6.5	Błędy w wykonaniu fotorejestracji kontrolnej	29

1 Wprowadzenie

Równość jest jedną z podstawowych **cech** nawierzchni, która określa w jakim stopniu geometria nawierzchni drogowej jest zbieżna z geometrią wymaganą (idealną).

W ramach diagnostyki dokonywana jest identyfikacja i ocena równości niezależnie w kierunku podłużnym (**równość podłużna**) i w kierunku poprzecznym (**równość poprzeczna**). W niniejszym Dziale opisana została równość poprzeczna.

Równość poprzeczna opisuje odkształcenia nawierzchni, rejestrowane wzdłuż linii prostopadłych do osi drogi. Nierówność poprzeczna jest reprezentowana przez **przekroje poprzeczne nierówności**. Przekroje poprzeczne nierówności są opisane przez linię łamaną, składającą się z punktów w odstępach stałych lub nieregularnych z zagęszczeniem punktów w obrębie kolein. Im mniejsza odległość pomiędzy punktami wyznaczającymi przekroje poprzeczne nierówności, tym większa precyzja opisu nierówności poprzecznej i możliwość wykorzystania wyników dla większej liczby zastosowań. Podstawową formą nierówności poprzecznej są koleiny.

Przekroje poprzeczne są identyfikowane wzdłuż drogi w stałych odstępach, np. co 1 metr. Wyniki identyfikacji nierówności poprzecznych są zapisywane w danych elementarnych.

Nowoczesne systemy diagnostyczne umożliwiają opisanie geometrycznego kształtu nawierzchni w postaci powierzchni wielościennej¹. Punkty tego wielościanu tworzą regularną siatkę o krawędziach długości np. 1 cm. Tak precyzyjny model nierówności umożliwia wyznaczenie parametrów stanu dla większości praktycznych zastosowań. Jakkolwiek nowoczesne techniki diagnostyczne pozwalają na uzyskanie modelu nierówności w postaci powierzchni wielościennej o tak dużej gęstości punktów pośrednich, to wykorzystanie tych technik w skali masowej do analiz sieciowych jest niecelowe i nie dostarcza dodatkowych informacji.

W niniejszym dokumencie opisano metodologię badań równości poprzecznej oraz przedstawiono najistotniejsze wymagania, jakie muszą być spełnione przez wyniki pomiarów równości poprzecznej w zakresie gęstości pomiaru, dokładności poszczególnych odczytów, dopuszczalnych odchyień, itp. Wymaga się, aby w kampanii diagnostycznej były spełnione wszystkie wymienione w niniejszym dokumencie wymagania.

¹ Powierzchnia wielościenne, mat. figura geometryczna utworzona z wielokątów o rozłącznych wnętrzach leżących w różnych płaszczyznach, przy czym każdy bok jest wspólny dla dwóch wielokątów.

1.1 Odniesienia

Odniesienie	Opis
[DOK1]	E1926 – 08 Standard Practice for Computing International Roughness Index of Roads from Longitudinal Profile Measurements, ASTM 2008
[DOK2]	ISO 8608:1995(E) – Mechanical vibration – Road surface profiles – Reporting of measured data, ISO 1995
[DOK3]	ISO 2631-1:1997 – Mechanical vibration and shock – Evaluation of human exposure to whole-body vibration – Part 1: General requirements, ISO 2010
[DOK4]	VDI guideline 2057 Part 1 – Human exposure to mechanical vibrations – Whole-body vibration, VDI 2007
[DOK5]	PN-EN 13036-6 "Właściwości nawierzchni drogowych i lotniskowych - Metody badań" - Część 6: "Pomiary poprzecznych i podłużnych profili w zakresie długości fali równości i megatekstury", PKN Warszawa 2008

2 Metodologia badań i technika pomiarowa

W najwcześniejszych etapach rozwoju diagnostyki stanu nawierzchni dróg równość poprzeczną określano na podstawie wielkości prześwitu pod czterometrową łątą. W kolejnych etapach stosowano planografy, pozwalające na bardziej precyzyjne pomiary równości. Współczesne pojazdy diagnostyczne wyposażone są w laserowe dalmierze lub skanery, które pozwalają wyznaczyć rzeczywisty profil nierówności z bardzo wysoką rozdzielczością. Profil taki pozwala nie tylko na obliczenie parametrów równości poprzecznej, zgodnie z zasadą planografu oraz z innymi metodami geometrycznymi, lecz umożliwia także obliczenie teoretycznej głębokości wody w koleinie.

Równość poprzeczna może być rejestrowana profilografami lub skanerami laserowymi. W profilografie laserowym czujniki rozmieszczone są wzdłuż belki pomiarowej prostopadłej do kierunku przejazdu, symetrycznie względem linii odniesienia umieszczonej centralnie pomiędzy śladami kół. W przypadku profilografów laserowych stosuje się dwie konfiguracje rozmieszczenia czujników pomiarowych. W pierwszej konfiguracji czujniki są rozmieszczone równomiernie wzdłuż belki pomiarowej. W drugiej konfiguracji czujniki „skupione są” w obszarach kolein. Skanery laserowe dostarczają danych o równości poprzecznej z bardzo dużą rozdzielnością, co pozwala na odfiltrowanie odczytów z rozdzielnością dopasowaną do potrzeb. Wszystkie wymienione metody i konfiguracje umożliwiają odwzorowanie profilu poprzecznego i określenie pochylenia poprzecznego jezdni. Natomiast większa ilość odczytów zwiększa dokładność odwzorowania profilu poprzecznego oraz ilość potencjalnych zastosowań danych. Razem z wynikami pomiaru, w geograficznych danych elementarnych należy podawać rozmieszczenie odczytów poprzez podanie ich odległości od odczytu centralnego, gdzie odczyty po jego lewej stronie przyjmują wartości ujemne, a po prawej dodatnie.

Pomiary równości poprzecznej należy wykonywać przy pomocy pojazdów pomiarowych poruszających się w normalnym ruchu.

Pomiar równości poprzecznej odbywa się na sieci dróg wojewódzkich, na drogach jednojezdniowych na prawym zewnętrznym pasie ruchu w kierunku zgodnym z narastającym kilometrażem drogi, natomiast na drogach dwujezdniowych pomiarem objęty jest wyłącznie prawy zewnętrzny pas ruchu jezdni w kierunku zgodnym z narastającym kilometrażem. W zależności od potrzeb zamawiający może zdecydować o zmianie zakresu pomiarów.

Rejestracja równości poprzecznej polega na rejestrowaniu geometrii powierzchni drogi, tj. na rejestrowaniu w równych odstępach kolejnych profili poprzecznych. Każdy zarejestrowany profil jest przybliżeniem rzeczywistego profilu poprzecznego – jest to ciąg odczytów wysokościowych, z których każdy określa dokładną odległość od czujnika do nawierzchni, zarejestrowaną na przestrzeni jednego przejechanego fragmentu nawierzchni. W przypadku pomiarów wykonywanych za pomocą skanerów laserowych odczyty podawane są jako różnice wysokości względem odczytu centralnego. Każdy zarejestrowany profil poprzeczny odzwierciedla pochylenie poprzeczne jezdni na danym fragmencie jezdni. Sekwencje

odczytów reprezentujących kolejne profile poprzeczne wraz z lokalizacją geograficzną zapisywane są w geograficznych danych elementarnych.

W przypadku, kiedy łącznie z pomiarem równości poprzecznej nie jest wykonywana fotorejestracja korytarza drogi (podprojekt PP-F), w ramach pomiarów równości poprzecznej wykonuje się fotorejestrację kontrolną z kamery frontowej, pozwalającej na obserwowanie drogi i warunków w trakcie wykonywania pomiaru (dokumentacja wykonania pomiaru). Informacje o zdjęciach muszą zostać zapisane w pliku z geograficznymi danymi elementarnymi.

Podczas pomiarów, lokalizacja danych pomiarowych odbywa się wyłącznie za pomocą przypisania wyników do **metra bieżącego pomiaru** oraz do **współrzędnych geograficznych** punktów określających tor przejazdu pojazdu pomiarowego.

Przypisanie pomiarów do lokalizacji geograficznych następuje poprzez zapisanie ich w plikach z geograficznymi danymi elementarnymi. W pliku z geograficznymi danymi elementarnymi zapisywane są również informacje dodatkowe, takie jak:

- dane określające system pomiarowy,
- dane określające podmiot odpowiedzialny za produkcję systemu pomiarowego,
- przyporządkowanie pomiaru do kampanii pomiarowej,
- czas i data wykonania pomiaru.

Format geograficznych danych elementarnych został opisany w Wytycznych, Dział 13.

3 Prowadzenie pomiarów

3.1 Wymagania jakościowe

Na potrzeby Wytycznych, w odniesieniu do pomiaru równości poprzecznej, ustala się następujące wymagania:

	Nazwa	Jednostka	Wymagany zakres
Równość poprzeczna	1. Gęstość pomiarów	[m]	=1
	2. Dokładność pojedynczego odczytu	[mm]	≤1
	3. Szerokość profilu poprzecznego	[m]	≥3,2
	4. Minimalna liczba odczytów	[szt.]	15
	5. Dokładność określenia odstępu pomiędzy punktami odczytu	[mm]	≤5
	6. Odstęp między punktami odczytu	[mm]	≤350
	7. Zalecany odstęp między odczytami w przypadku pomiaru z zastosowaniem skanowania laserowego	[mm]	100
	8. Dokładność lokalizacji współrzędnych geograficznych	[m]	≤1
	9. Gęstość pomiarów współrzędnych geograficznych	[m]	10

Rysunek 1: Wartości liczbowe do wymagań dla pomiaru równości poprzecznej

gdzie:

1. Gęstość pomiarów [m] – odległość między kolejnymi zbiorami punktów wysokościowego profilu wzdłuż kierunku przejazdu.
2. Dokładność pojedynczego odczytu [mm] – najmniejsza różnica w wartości punktu wysokościowego profilu, jaką jest w stanie zarejestrować przyrząd pomiarowy. Zgodnie z wymaganiem dla systemu pomiarowego klasy 1 dla „*Vertical resolution of transverse profiling*” w [DOK5].
3. Szerokość profilu poprzecznego [m] – odległość pomiędzy skrajnymi punktami odczytu dla pojedynczego profilu poprzecznego. W przypadku przejazdu przez odcinki o pasie ruchu węższym niż ta wartość (np. przez ograniczonym przez wysokie krawężniki) należy odpowiednio dostosować algorytm obliczania parametrów na podstawie profilu nierówności poprzecznej. Nie należy ograniczać zakresu mierzonych profili nierówności poprzecznej.
4. Minimalna liczba odczytów [szt.] – minimalna ilość odczytów pozwalająca na dokładne odwzorowanie profilu poprzecznego.
5. Dokładność określenia odstępu pomiędzy punktami odczytu [mm] – dotyczy dokładności, z jaką konstrukcja pojazdu pomiarowego pozwala ulokować kolejne punkty odczytu w wymaganych odległościach od siebie.
6. Odstęp pomiędzy punktami odczytu [mm] – odległość pomiędzy dwoma sąsiednimi punktami odczytu dla pojedynczego profilu poprzecznego.
7. Zalecany odstęp między odczytami [cm] - w przypadku pomiaru z zastosowaniem skanowania laserowego zalecane jest dostarczenie wyników odczytów w regularnych odstępach co 10 cm.
8. Dokładność odczytu współrzędnych geograficznych [m] – dokładność, z jaką określane są współrzędne geograficzne skojarzone ze zdjęciami pasa drogowego.
9. Gęstość pomiarów współrzędnych geograficznych [m] – odległość między kolejnymi pomiarami współrzędnych geograficznych.

Ponadto:

10. Uzyskane pojedyncze profile równości poprzecznej muszą umożliwić obliczenie pochylenia poprzecznego pasa ruchu za pomocą regresji liniowej punktów wysokościowych profilu poprzecznego.
11. Z profilu będącego wynikiem pomiaru musi być odfiltrowany wpływ drgań pojazdu.
12. Koniecznym jest usunięcie odczytów (ograniczenie zakresu profilu poprzecznego) uwzględniających pomiar na krawężnikach i poboczach oraz wychodzących na przeciwległy pas ruchu.
13. Podczas pomiaru powierzchnia jezdni musi być czysta i sucha.
14. Pomiar musi obejmować całą szerokość pasa ruchu. Przez całą szerokość pasa ruchu rozumiany jest obszar wyznaczany według oznakowania oddzielającego pasy ruchu od strony wewnętrznej (lewej), od zewnętrznej (prawej) zaś według krawędzi jezdni. W przypadku niewystępowania oznakowania poziomego za linię rozdzielającą

przeciwnie pasy ruchu przyjmuje się oś jezdni, którą należy możliwie najlepiej przybliżyć.

15. Pomiar musi zostać wykonany przy świetle dziennym, aby możliwa była kontrola warunków wykonania pomiaru (fotorejestracja kontrolna).
16. Wykonawca pomiarów zobowiązany jest do zapewnienia bezpieczeństwa podczas wykonywania pomiarów. Urządzenie pomiarowe musi być odpowiednio oznakowane podczas wykonywania pomiaru. Oznakowanie pojazdu pozostaje w gestii wykonawcy pomiarów.

3.2 Wymagania jakościowe odnośnie fotorejestracji kontrolnej

W przypadku, kiedy łącznie z pomiarem równości poprzecznej nie jest wykonywana fotorejestracja korytarza drogi (podprojekt PP-F), w ramach pomiarów równości poprzecznej wykonuje się fotorejestrację kontrolną z kamery frontowej, pozwalającej na obserwowanie drogi i warunków w trakcie wykonywania pomiaru (dokumentacja wykonania pomiaru). Informacje o zdjęciach muszą zostać zapisane w pliku z geograficznymi danymi elementarnymi.

Fotorejestracja kontrolna musi spełniać następujące wymagania:

1. Fotorejestracja kontrolna ma być wykonana w kolorze, z kamery frontowej (widok do przodu). Zdjęcia należy wykonywać z krokiem 10 metrów.
2. Fotorejestrację kontrolną należy wykonać przy dobrych warunkach pogodowych. Zakłada się, że widoczność na zdjęciu wynosi co najmniej 100 metrów. Należy mieć na uwadze, że jezdnia zajmuje około 2/3 zdjęcia.
3. Fotorejestracja kontrolna musi pokazywać miejsce wykonania pomiaru równości poprzecznej, wynikające z lokalizacji danych pomiarowych za pomocą współrzędnych geograficznych punktów określających tor przejazdu pojazdu pomiarowego, a nie drogę z przodu pojazdu pomiarowego (przed punktem wykonania pomiaru).
4. Podczas pomiaru należy zadbać, aby zabrudzenie kamery wykonującej fotorejestrację kontrolną (owady, pył, krople deszczu itd.) nie wpływało negatywnie na czytelność zdjęcia. Jakość zdjęcia należy kontrolować podczas jazdy i jeżeli jest to konieczne, przerwać pomiary i kontynuować je dopiero po oczyszczeniu kamery.
5. Ustawienia ekspozycji kamery muszą zostać tak dobrane, żeby nagłe zmiany oświetlenia, względnie bocznie padające światło słoneczne nie prowadziły do niedoświetlenia lub prześwietlenia zdjęcia (zdjęcia nie mogą być przyćmione, zaciemnione, źle oddające barwy albo mocno zaszumione).
6. Minimalna rozdzielczość fotorejestracji kontrolnej ma wynosić 1024 x 768px.
7. Zdjęcia z fotorejestracji kontrolnej muszą zostać zanonimizowane (uniemożliwienie rozpoznania twarzy osób oraz numerów rejestracyjnych pojazdów poprzez „zamazanie” fragmentu zdjęcia).

3.3 Oznaczenie danych ważnych i nieważnych

Wszelkie zdarzenia szczególne podczas wykonywania pomiarów muszą zostać udokumentowane i dołączone do danych pomiarowych w postaci flag ważności. Flagi ważności zapisuje się plikach z danymi elementarnymi. Wyróżnia się następujące wartości flag ważności danych:

Flaga G	Znaczenie
0	Dane pomiarowe ważne bez ograniczenia
-99	Brak istniejących danych pomiarowych, z reguły z powodu brakującego przejazdu
-98	Dane nieważne z powodu miejscowych ograniczeń, np. zabrudzenie jezdni, przejazd kolejowy, omijanie parkujących samochodów, przejazd przez plac budowy, manewr wymijania
-97	Niedopuszczalne promienie skrętu w PP-T (promień mniejszy niż 35 m)
-96	Nieprzejezdne z powodu miejscowych ograniczeń, np. objazd, blokada, droga jednokierunkowa
-95	Odcinek diagnostyczny istnieje w tabeli wynikowej, ale jest nieprzejezdny, ponieważ fragment drogi nie istnieje lub jego przeznaczenie zostało zmienione (błąd w danych podstawowych)
-94	Zarezerwowana do przyszłych zastosowań
-93	Ocena stanu uwzględniająca przejazd przez miejscowość / poza miejscowością podała, że nakazana prędkość pomiaru nie została zachowana
-92	Ocena stanu wykazała niedopuszczalne zapisy danych elementarnych, które były oznaczone poprzez G=0
-91	Wartości pomiaru, które zostały zadeklarowane przez kierowcę, jako nieważne, np. - opona pomiarowa nie osiągnęła jeszcze wystarczającej temperatury - brak prawidłowego dopływu wody - brak prawidłowego prowadzenia linii pomiarowej

Rysunek 2: Znaczenie flag ważności danych (Flagi G)

4 Zapewnienie jakości

Procesy związane z zapewnieniem jakości opisane zostały w Dziale 10. Znajdują się tam także wyjaśnienia znaczenia poszczególnych działań związanych z zapewnieniem jakości w trakcie przygotowań do pomiarów, podczas wykonywania prac pomiarowych oraz kontroli i weryfikacji zmierzonych danych.

W poniższym Rozdziale podano wartości kontrolne parametrów stosowanych w tych procesach i uszczegółowiono wymagania pod kątem ich stosowania w pomiarach równości poprzecznej.

4.1 Wzorcowanie jednostek pomiarowych

Procedury wzorcowania jednostek pomiarowych opisane są w Dziale 10.

Jeżeli pojazd pomiarowy wyposażony jest w systemy pomiarowe umożliwiające wykonywanie badań w kilku podprojektach WDSN to wzorcowanie wykonuje się niezależnie dla każdego systemu pomiarowego.

Przed podpisaniem umowy wykonawca pomiarów zobowiązany jest do przedstawienia zamawiającemu świadectwa wzorcowania dotyczącego urządzenia pomiarowego. Świadectwo musi zawierać szczegółowy opis zweryfikowanych i zatwierdzonych wymagań. Wzorcowanie musi potwierdzać spełnienie wszystkich wymagań dotyczących urządzenia pomiarowego, zawartych w niniejszym dokumencie.

W celu uzyskania świadectwa wzorcowania muszą zostać zachowane tolerancje określone na rysunku 3.

Parametr	r	σ_r	R	σ_R
GK [mm]	0,7	1,5	0,7	1,5
PP [%]	0,3	0,5	0,3	0,5

Rysunek 3: Wartości tolerancji powtarzalności i odtwarzalności dla wielkości stanu stosowane do oceny badania wzorcowania i kontrolnego badania wzorcowania dla pomiaru równości poprzecznej

4.2 Kontrola własna wykonawcy

Procedura wykonywania kontroli własnej opisana jest w Dziale 10.

Rezultat pomiaru kontroli własnej uważa się za zaakceptowany, gdy zachowane zostały tolerancje określone na rysunku 4.

Parametr	r	σ_r
GK [mm]	0,7	1,5
PP [%]	0,3	0,5

Rysunek 4: Wartości tolerancji powtarzalności dla wielkości stanu stosowane do oceny powtarzalności pomiarów wykonawcy w ramach kontroli własnej dla pomiaru równości poprzecznej

4.3 Pomiary kontrolne wykonywane przez podmioty trzecie

Procedura wykonywania pomiarów kontrolnych opisana jest w Dziale 10.

Wynik pomiaru kontroli wykonywanej przez podmioty trzecie uważa się za zaakceptowany, gdy zachowane zostały tolerancje określone na rysunku 5.

Parametr	R	σ_R
GK [mm]	1,0	2,5
PP [%]	0,3	0,8

Rysunek 5: Wartości tolerancji odtwarzalności dla wielkości stanu stosowane do oceny wyników pomiarów w ramach kontroli zewnętrznej dla pomiaru równości poprzecznej

4.4 Kontrola danych

Kontrola danych w ramach terminu pośredniego i terminu końcowego realizowana jest zgodnie z Wytycznymi zawartymi w Dziale 10.

4.5 Kontrola obmiaru prac

Kontrola obmiaru prac dla celów fakturowania dokonywana jest przez zamawiającego lub wskazanego przez niego konsultanta. Kontrola obmiaru prac opisana jest w Dziale 10.

5 Procedury obliczania wielkości stanu

Dla danych elementarnych, opisujących równość poprzeczną są obliczane następujące parametry podstawowe:

- **średnia głębokość koleiny** (maksimum ze średniej głębokości koleiny lewej i prawej) **GK**,
- **średnia teoretyczna głębokość wody w koleinie** (maksimum ze średniej głębokości wody w koleinie lewej i prawej) **GW**.

Dla powyższych parametrów równości poprzecznej w ramach diagnostyki obliczane są wielkości i wartości.

Na podstawie przekrojów poprzecznych nierówności w każdym przekroju jest obliczane **pochylenie poprzeczne PP**. Pochylenie poprzeczne nie wylicza się w przypadku pomiarów wykonanych belką pomiarową z nierównomiernie rozmieszczonymi czujnikami laserowymi.

Ponadto są obliczane wielkości następujących parametrów uzupełniających:

- **średnia głębokość koleiny lewej GK_L**,
- **średnia głębokość koleiny prawej GK_P**,
- **średnia teoretyczna głębokość wody w koleinie lewej GW_L**,
- **średnia teoretyczna głębokość wody w koleinie prawej GW_P**.

Dla tych uzupełniających parametrów równości poprzecznej są obliczane wyłącznie wielkości.

Na rysunku 6 zestawiono parametry równości poprzecznej.

Cecha	Parametr	Jednostka	Skrót	Wielkość	Wartość
Równość poprzeczna	średnia głębokość koleiny	mm	GK	X	X
	średnia teoretyczna głębokość wody w koleinie	mm	GW	X	X
	średnia głębokość koleiny lewej	mm	GK_L	X	
	średnia głębokość koleiny prawej	mm	GK_P	X	
	średnia teoretyczna głębokość wody w koleinie lewej	mm	GW_L	X	
	średnia teoretyczna głębokość wody w koleinie prawej	mm	GW_P	X	

Rysunek 6: Parametry równości poprzecznej

5.1 Średnia głębokość koleiny (GK)

Głębokość koleiny oblicza się przez symulację przyłożenia łąty dwumetrowej do profili poprzecznych.

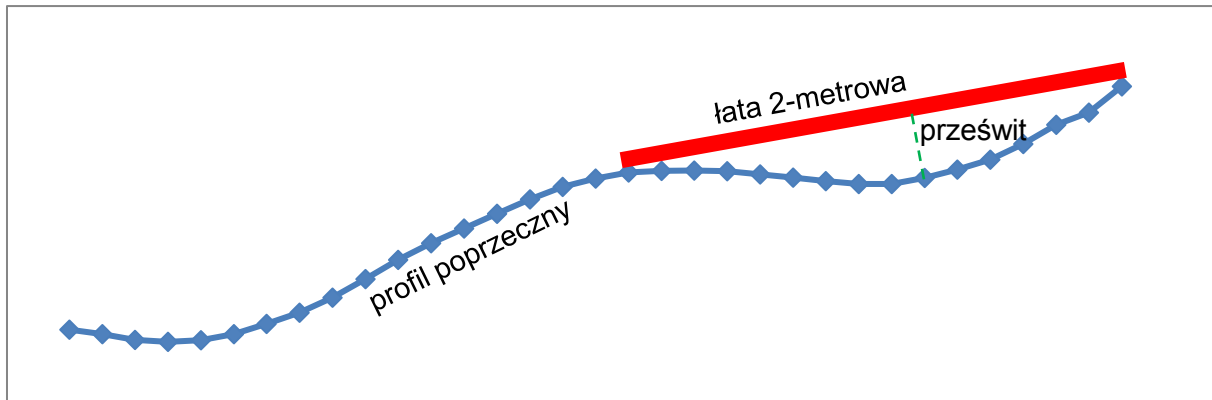
Podstawą obliczeń jest profil poprzeczny zapisany dla danego metra bieżącego pomiaru w metrowym rekordzie danych elementarnych. Dla każdego profilu poprzecznego oblicza się głębokość lewej i prawej koleiny jako największy prześwit pod łątą. Prawa koleina odpowiada prześwitom uzyskanym przy łącie o środku umieszczonym na prawo od linii odniesienia

(umiejscowionej centralnie pomiędzy śladami kół), lewa koleina – na lewo (Rysunek 7). Określenia „prawa” i „lewa” odnoszą się tutaj do kierunku przejazdu.

Uśredniając wielkości prześwitów na odcinku diagnostycznym otrzymujemy dwa parametry:

- **GK_L** – średnią głębokość koleiny lewej oraz
- **GK_P** – średnią głębokość koleiny prawej.

GK jest obliczane jako maksimum tych dwóch wartości na odcinku diagnostycznym.



Rysunek 7: Wyznaczanie głębokości prawej koleiny w jednym przekroju poprzecznym poprzez pomiar prześwitu pod łatą dwumetrową

5.2 Średnia teoretyczna głębokość wody w koleinie (GW)

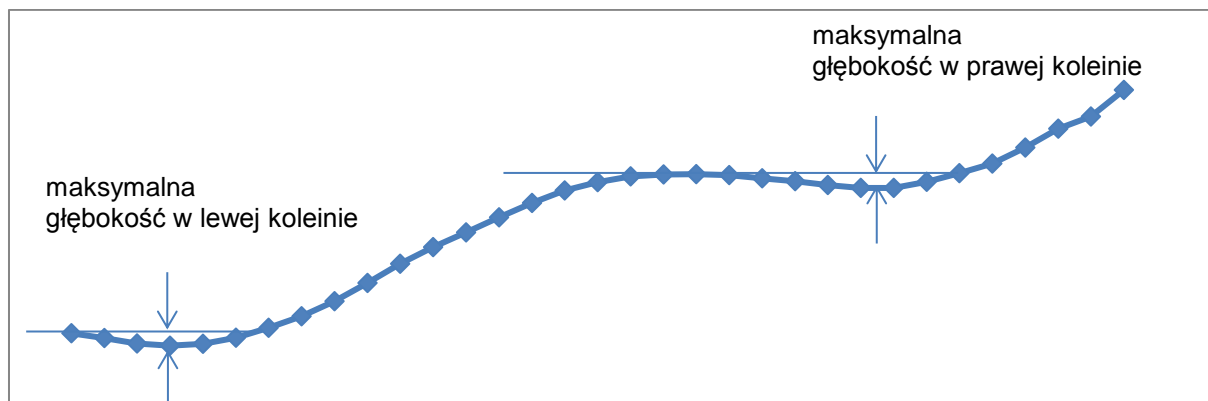
Średnią teoretyczną głębokość wody w koleinie oblicza się przez symulację zbierania się wody na podstawie geometrii profili poprzecznych.

Dla każdego profilu poprzecznego zapisanego dla danego metra w rekordzie metrowym, oblicza się w każdym punkcie głębokość wody. Następnie określa się maksymalną głębokość dla prawej i lewej strony, gdzie granicą pomiędzy prawą i lewą stroną jest centralnie położona linia odniesienia (pomiędzy śladami kół). Określenia „prawa” i „lewa” odnoszą się tutaj do kierunku przejazdu.

Uśredniając maksymalne głębokości na odcinku diagnostycznym otrzymujemy dwa parametry:

- **GW_L** – średnią teoretyczną głębokość wody w koleinie lewej oraz
- **GW_P** – średnią teoretyczną głębokość wody w koleinie prawej.

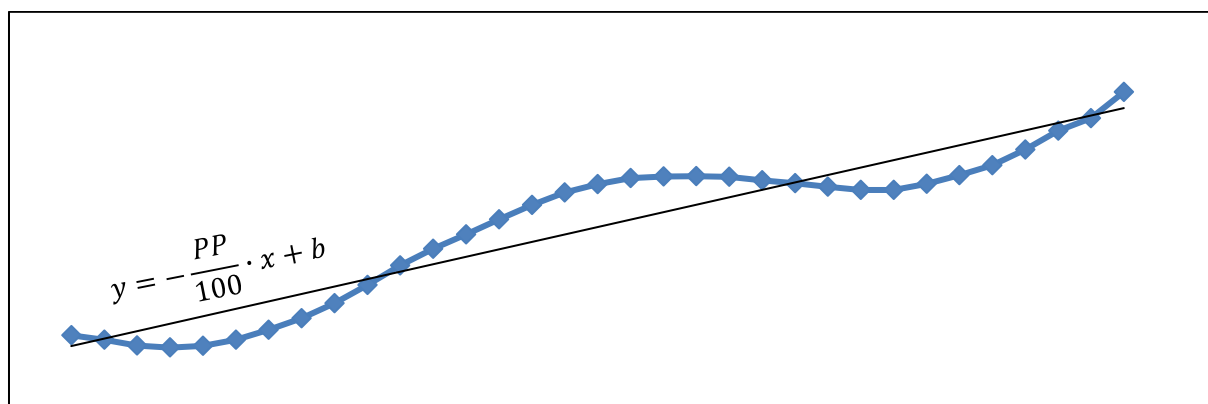
GW jest obliczane jako maksimum tych dwóch wartości na odcinku diagnostycznym.



Rysunek 8: Zasada obliczania maksymalnych głębokości wody dla pojedynczego przekroju poprzecznego

5.3 Pochylenie poprzeczne (PP)

Pochylenie poprzeczne jest obliczane jako nachylenie prostej regresji dopasowanej do punktów wyznaczających profil poprzeczny względem poziomej linii odniesienia. Dla pochylenia w prawą stronę przyjmuje się wartości **dodatnie**. Określenie „prawa” odnosi się tutaj do kierunku narastania pikietażu. Pochylenie poprzeczne obliczane jest w procentach. Pochylenie poprzeczne wylicza się jedynie w przypadku pomiarów wykonanych z belką z równomiernie rozmieszczonymi czujnikami pomiarowymi.



Rysunek 9: Schematyczna ilustracja obliczania pochylenia poprzecznego

6 Katalog typowych błędów popełnianych podczas pomiarów

Z uwagi na to, że pomiary równości poprzecznej z reguły wykonywane są przy pomocy pojazdów pomiarowych poruszających się w normalnym ruchu, natrafiają one na sytuacje wpływające negatywnie na wyniki pomiarów. W związku z tym opracowano katalog opisujący najczęstsze problemy i typowe błędy popełniane podczas pomiarów równości poprzecznej oraz podano sposób prawidłowej reakcji jednostki wykonującej pomiary.

6.1 Skrajne odczyty wykraczające poza zakres pomiaru

Opis problemu:

Pomiar równości poprzecznej ogranicza się do jednego pasa ruchu. Wszelkie odczyty laserów wychodzące poza ten obszar, np. obejmujące pobocze, mają wpływ na zawyżenie lub zaniżenie wartości parametrów równości poprzecznej, co będzie miało niepożądany wpływ na średnią wartość danego parametru na całej drodze. Najczęściej tego typu sytuacje występują na wąskich drogach oraz na łukach i zakrętach.

Rozwiązanie:

Skrajne odczyty, wykraczające poza obszar objęty pomiarem, muszą zostać usunięte z danych wynikowych (lub odczyty mają być oznaczone jako nieważne) przez wykonawcę pomiarów.

Przykłady:

Poniższe przykłady obrazują najczęstsze sytuacje wykroczenia poza zakres jezdni występujące podczas realizacji pomiarów:



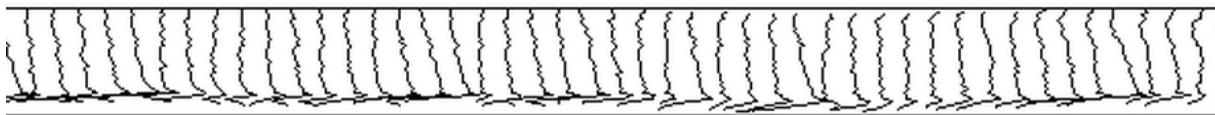
Przykład 1: Pomiar na wąskiej drodze. Skrajne odczyty pochodzą z pobocza



Przykład 2: Skrajne prawe odczyty obejmują ściek znajdujący się przy krawędzi jezdni



Przykład 3: Skrajne prawe odczyty obejmują krawężnik znajdujący się przy krawędzi jezdni



Przykład 4: Skrajne prawe odczyty pochodzące z pobocza widoczne na wizualizacji równości poprzecznej na profilu liniowym

6.2 Skrajne odczyty w przypadku przekroju daszkowego

Opis problemu:

Drogi wojewódzkie często posiadają przekrój daszkowy. W takim przypadku odczyty równości poprzecznej wychodzące poza środek przekroju daszkowego będą miały niepożądany wpływ na średnią wartość danego parametru na całej drodze.

Rozwiązanie:

Skrajne odczyty, wykraczające poza obszar objęty pomiarem, muszą zostać usunięte z danych wynikowych przez wykonawcę pomiarów.

Przykłady:

Poniższy przykład obrazuje najczęstsze sytuacje występujące podczas realizacji pomiarów:



Przykład 5: Skrajne lewe odczyty wykraczają poza pas ruchu obejmując pas w kierunku przeciwnym



Przykład 6: Odczyty pochodzące z przeciwnego pasa ruchu widoczne na wizualizacji równości poprzecznej na profilu liniowym

6.3 Odbijanie promienia lasera od urządzeń bezpieczeństwa ruchu

Opis problemu:

W wypadku pomiarów wykonywanych metodą skanowania laserowego elementy bezpieczeństwa ruchu, takie jak bariery i znaki znajdujące się w bezpośredniej okolicy jezdni, mogą powodować zakłócenia w odczytach. Zakłócone odczyty będą miały niepożądany wpływ na średnią wartość danego parametru na całej drodze.

Rozwiązanie:

Skrajne odczyty, wykraczające poza obszar objęty pomiarem, muszą zostać usunięte z danych wynikowych przez wykonawcę pomiarów.

Przykłady:

Poniższy przykład obrazuje najczęstsze sytuacje odbijania laserów od urządzeń bezpieczeństwa ruchu występujące podczas realizacji pomiarów:



Przykład 7: Skrajne prawe odczyty skanera laserowego odbijają się od bariery znajdującej się przy krawędzi jezdni



Przykład 8: Zakłócenia spowodowane odbiciem sygnału lasera od obiektów znajdujących się przy jezdni widoczne na wizualizacji równości poprzecznej na profilu liniowym

6.4 Występowanie miejscowych ograniczeń

Opis problemu:

Wykonanie pomiarów równości poprzecznej na odcinkach, gdzie występują różnego rodzaju ograniczenia, skutkuje błędnymi danymi o równości. Parametry równości poprzecznej na odcinku występowania danego ograniczenia osiągną zawyżone lub zaniżone wartości, co będzie miało wpływ na średnią wartość danego parametru na całej drodze. Do najczęściej występujących miejscowych ograniczeń należą: przejazdy przez tory kolejowe, manewry wyprzedzania, pomiary na mokrej lub zabrudzonej nawierzchni, pomiary na nawierzchniach nieutwardzonych lub wykonanych z kostki brukowej oraz pomiary na odcinkach będących w remoncie.

Rozwiązanie:

W sytuacji, przejazdu pojazdu pomiarowego przez obszar objęty ograniczeniami, które mogą wpłynąć negatywnie na wyniki pomiaru należy na odcinku występowania danego ograniczenia

zastosować flagę ważności danych G=-98 (dane nieważne z powodu miejscowych ograniczeń).

Przykłady:

Poniższe przykłady obrazują najczęstsze ograniczenia miejscowe występujące podczas realizacji pomiarów:



Przykład 9: Przejazd przez tory kolejowe



Przykład 10: Przejazd przez tory kolejowe



Przykład 11: Przejazd przez tory kolejowe na jezdni



Przykład 12: Manewr omijania pojazdu stojącego na poboczu



Przykład 13: Manewr omijania pojazdu stojącego na poboczu widoczny na wizualizacji równości poprzecznej na profilu liniowym



Przykład 14: Manewr wyprzedzania pojazdu



Przykład 15: Manewr wyprzedzania pojazdu



Przykład 16: Manewr wyprzedzania pojazdu widoczny na wizualizacji równości poprzecznej na profilu liniowym



Przykład 17: Manewr wyprzedzania rowerzysty



Przykład 18: Mokra nawierzchnia



Przykład 19: Pomiar podczas złych warunków pogodowych (deszcz)



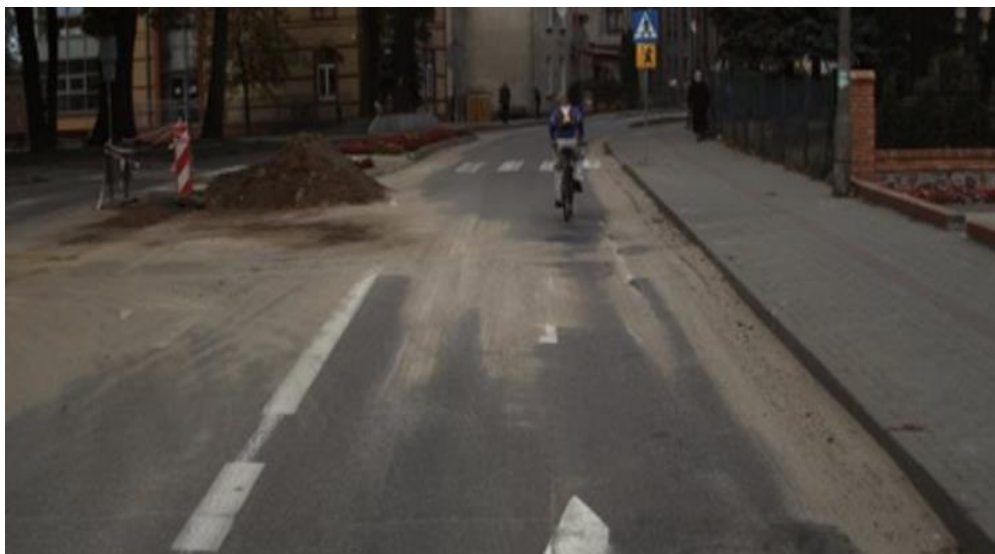
Przykład 20: Przebudowa drogi



Przykład 21: Nawierzchnia z kostki brukowej



Przykład 22: Zabrudzenie nawierzchni (liście)



Przykład 23: Zabrudzenie nawierzchni (kruszywo, piasek)

6.5 Błędy w wykonaniu fotorejestracji kontrolnej

Opis problemu:

W przypadku, kiedy łącznie z pomiarem równości poprzecznej nie jest wykonywana fotorejestracja korytarza drogi (podprojekt PP-F), w ramach pomiarów równości poprzecznej wykonuje się fotorejestrację kontrolną z kamery frontowej, pozwalającej na obserwowanie drogi i warunków w trakcie wykonywania pomiaru. Jeżeli fotorejestracja kontrolna nie spełnia wymagań określonych w Rozdziale 3.2, wykonawca pomiarów zobowiązany jest do podjęcia stosownych kroków w celu spełnienia narzuconych wymagań.

Rozwiązanie:

Jeżeli dokumentacja fotograficzna nie pozwala jednoznacznie stwierdzić, czy warunki wykonania pomiaru zostały spełnione, wyniki pomiarów należy oznaczyć jako nieważne i wykonać pomiar ponownie na danym odcinku.

Przykłady:

Poniższe przykłady obrazują najczęstsze błędy uniemożliwiające kontrolę pomiarów:



Przykład 24: Pomiar podczas złych warunków pogodowych (deszcz)



Przykład 25: Zdjęcie frontowe złej jakości uniemożliwiające kontrolę pomiarów



Przykład 26: Zdjęcie frontowe złej jakości uniemożliwiające kontrolę pomiarów



Przykład 27: Zdjęcie frontowe złej jakości uniemożliwiające kontrolę pomiarów

Spis rysunków

Rysunek 1: Wartości liczbowe do wymagań dla pomiaru równości poprzecznej.....	10
Rysunek 2: Znaczenie flag ważności danych (Flagi G).....	13
Rysunek 3: Wartości tolerancji powtarzalności i odtwarzalności dla wielkości stanu stosowane do oceny badania wzorcowania i kontrolnego badania wzorcowania dla pomiaru równości poprzecznej	14
Rysunek 4: Wartości tolerancji powtarzalności dla wielkości stanu stosowane do oceny powtarzalności pomiarów wykonawcy w ramach kontroli własnej dla pomiaru równości poprzecznej	15
Rysunek 5: Wartości tolerancji odtwarzalności dla wielkości stanu stosowane do oceny wyników pomiarów w ramach kontroli zewnętrznej dla pomiaru równości poprzecznej	15
Rysunek 6: Parametry równości poprzecznej	16
Rysunek 7: Wyznaczanie głębokości prawej koleiny w jednym przekroju poprzecznym poprzez pomiar prześwitu pod łąką dwumetrową	17
Rysunek 8: Zasada obliczania maksymalnych głębokości wody dla pojedynczego przekroju poprzecznego	18
Rysunek 9: Schematyczna ilustracja obliczania pochylenia poprzecznego.....	18