

# Załącznik A. Zasady realizacji pomiarów w ramach diagnostyki nawierzchni

## 1. Pomiary punktowe ugięć nawierzchni

### 1.1. Pojęcia podstawowe

**Nośność nawierzchni:** zdolność do przenoszenia obciążeń od ruchu drogowego bez wywołania nadmiernych ugięć nawierzchni, powodujących trwałe odkształcenia strukturalne lub inicjację spękań warstw asfaltowych lub związanych spoiwem hydraulicznym.

**Aparat FWD:** ugięciomierz dynamiczny typu *Falling Weight Deflectometer*, w którym obciążenie testowe jest przekazywane na nawierzchnie w sposób udarowy, symulujący przejazd pojazdu ciężkiego.

**Czasza ugięcia:** wykres wyników ugięć nawierzchni zarejestrowanych w centrum oraz w określonych odległościach od osi działania obciążenia testowego.

**Ugięcie standaryzowane:** ugięcie maksymalne czaszy ugięcia (w osi obciążenia) sprowadzone do standardowych warunków nacisku 50 kN na kołowej powierzchni o średnicy 30 cm przeliczone do temperatury 20°C, uwzględniające sezon i rodzaj materiału podbudowy.

**Pomiar ugięć nawierzchni:** ustalony sposób pomiaru ugięć nawierzchni pod znanym obciążeniem, z zachowaniem wymagań, wynikających z instrukcji obsługi urządzenia pomiarowego oraz odpowiednich procedur pomiarowych.

**Temperatura miarodajna warstw asfaltowych T [°C]:** temperatura pakietu warstw asfaltowych mierzona w połowie jego grubości w odwiercie o średnicy ok 10 mm, wypełnionym olejem lub gliceryną zgodnie z instrukcją wykonywania pomiaru.

### 1.2. Metoda pomiaru

Zasady zawarte w niniejszym rozdziale dotyczą prowadzenia prac związanych z badaniami i oceną nośności nawierzchni drogowych podatnych i półsztywnych metodą pomiaru ugięć sprężystych urządzeniem typu FWD (Dynatest lub KUAB).

Badanie polega na wykonaniu zrzutu obciążnika o ustalonej masie na płytę stalową, która służy do rozłożenia punkowego impulsu siłowego na powierzchnię kołową o średnicy  $D=300$  mm. Do wykonania powyższych czynności służy sterowany elektronicznie układ hydrauliczny. Procesor i komputer jest zespołem kontrolującym prawidłowość przebiegu procesu pomiarowego i zapisu danych z czujników przemieszczeń, siły, temperatur i dystansu. W zespole generatora indukowany jest impuls siły, przekazywany na badaną nawierzchnię za pośrednictwem płyty naciskowej. W wyniku działania obciążenia konstrukcja nawierzchni oraz podłoże ulegają odkształceniu sprężystemu na pewnym obszarze, którego wielkość jest zależna od wielkości zastosowanego obciążenia oraz sztywności badanej konstrukcji.

Pomiar wykonywany jest punktowo przy zatrzymanym pojeździe holującym. Na nawierzchni ustawiana jest płyta naciskowa z 1 geofonem oraz minimum 6 geofonów znajdujących się na belce pomiarowej. Z określonej wysokości wykonywany jest zrzut obciążnika o ustalonej wcześniej masie i rejestrowana jest czasza ugięcia.

Podczas pomiarów rejestruje się dane o lokalizacji punktu pomiarowego (pikietaż drogi oraz współrzędne geograficzne).

### 1.3. Zasady ogólne

Do wykonywania pomiaru ugięć nawierzchni może być wykorzystane tylko to urządzenie pomiarowe, które posiada aktualne świadectwo dopuszczenia do wykonywania pomiarów (SDWP). Dotyczy to zarówno zestawu pomiarowego FWD, jak i innej metody równoważnej.

Badania ugięć nawierzchni należy wykonywać nie rzadziej, niż co 50 m, na każdym pasie ruchu.

W przypadku przeprowadzania oceny nośności opartej jedynie o ugięcie maksymalne w osi obciążenia lub podstawowych parametrów kształtu czaszy (rozstaw geofonów i zarejestrowane wartości ugięć) dopuszcza się stosowanie innej wiarygodnej metody równoważnej, pod warunkiem, że dysponuje się sprawdzoną zależnością korelacyjną umożliwiającą przeliczenie wyników pomiarów ugięć na wartości uzyskiwane aparatem FWD.

Tabela A.1. Wartości liczbowe do wymagań dla pomiaru ugięć nawierzchni.

	Nazwa	Jednostka	Wymagany zakres
Ugięcia	1. Gęstość pomiarów	[m]	≤50
	2. Rozdzielczość pojedynczego odczytu ugięcia	[µm]	=1
	3. Obciążenie pomiarowe	[kN]	45-55
	4. Temperatura warstw asfaltowych	[°C]	5-25

### 1.4. Zasady szczegółowe - instrukcja realizacji pomiarów

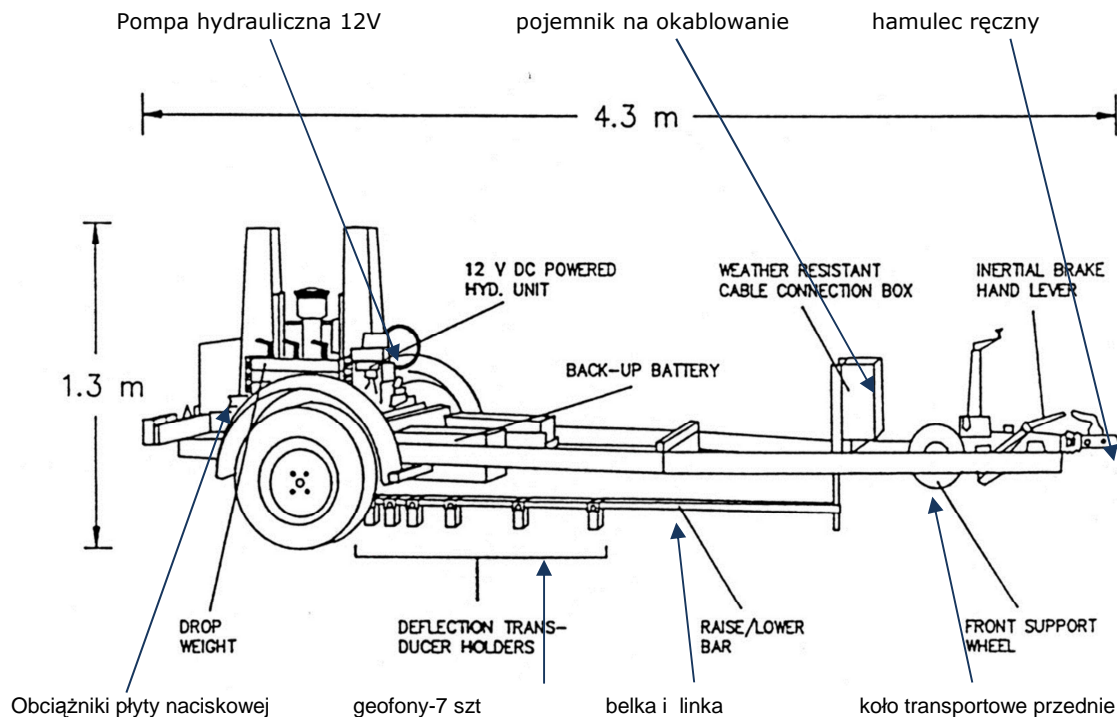
Zasady szczegółowe wykonywania pomiarów z wykorzystaniem zestawów FWD zostały zamieszczone w załączniku D1.

Opis struktury plików z niezbędnymi danymi do przetwarzania wyników pomiarów ugięć nawierzchni został szczegółowo opisany w Załączniku H.

### 1.5. Sprzęt pomiarowy

Do wykonywania badań ugięć nawierzchni należy stosować zestaw pomiarowy składający się z przyczepy pomiarowej FWD oraz samochodu holującego. Dopuszcza się stosowanie innego równoważnego, wiarygodnego sprzętu, jeśli dysponuje się sprawdzoną zależnością korelacyjną umożliwiającą przeliczenie wyników pomiarów na wartości uzyskiwane zestawem FWD.

Poniżej przedstawiono schemat przyczepy pomiarowej FWD.



Rysunek nr A.1. Schemat przyczepy pomiarowej FWD na przykładzie urządzenia firmy Dynatest

### Geofony

Wielkości ugięć nawierzchni mierzone są za pomocą minimum siedmiu czujników przemieszczeń (geofonów) ustawionych w ściśle określonych odległościach od osi działania siły obciążającej.

Przebiegi procesów obciążenia i odkształcenia się konstrukcji są rejestrowane jednocześnie, impuls obciążenia trwa 20-60 msek., a geofony są rozstawione z reguły co 300 mm licząc od geofonu centralnego do 1500 mm geofon nr 6. Zalecane rozmieszczenie czujników przedstawia się następująco: 0 - 300 - 600 - 900 - 1200 - 1500 mm od punktu obciążenia.

### Czujnik siły:

- minimalna rozdzielczość odczytu: 0.1 kN,
- minimalna dokładność pomiaru: 0.5 % pełnego zakresu skali lub 2 % odczytu,
- minimalna powtarzalność pomiaru:  $\pm 0.1$  % pełnego zakresu skali,
- minimalna powtarzalność pomiaru:  $\pm 2 \mu\text{m} + 1\%$  odczytu,
- maksymalny zakres pomiaru: 2000  $\mu\text{m}$ ,
- minimalna rozdzielczość odczytu: 1  $\mu\text{m}$ .

### Pomiar temperatury warstwy asfaltowej:

- minimalna rozdzielczość odczytu: 0.5°C,
- minimalna dokładność pomiaru termometru:  $\pm 1.0^\circ\text{C}$  w zakresie od  $-10^\circ\text{C}$  do  $+50^\circ\text{C}$ .

**Pomiar odległości:**

- minimalna rozdzielczość odczytu: 1.0 m,
- minimalna dokładność pomiaru:  $\pm 0.5$  % mierzonego dystansu.

**Sprzęt dodatkowy:**

- sonda temperaturowa uniwersalna o długości około 15 cm,
- wiertarka udarowa z wiertłem –  $\varnothing 10$  mm,
- pojemnik z wodą – 1l.

**1.6. Metoda przetwarzania wyników pomiarów**

W celu dokładniejszego porównania wartości ugięć zarejestrowanych przy różnych obciążeniach, temperaturze warstw asfaltowych oraz w różnych okresach w ciągu roku, wartości ugięć nawierzchni powinny być normalizowane, tj. sprowadzane do jednakowego poziomu odpowiadającego warunkom standardowym.

Ugięcie standaryzowane jest to ugięcie maksymalne sprowadzone do standardowych warunków nacisku 50 kN na kołowej powierzchni o średnicy 300 mm przy temperaturze warstw asfaltowych 20°C [4].

$$DST = D_0 \cdot (50/F) \cdot f_T \cdot f_S \cdot f_P$$

gdzie:

DST – ugięcie standaryzowane [ $\mu\text{m}$ ]

$D_0$  – maksymalne ugięcie zarejestrowane [ $\mu\text{m}$ ]

F – obciążenie zarejestrowane [kN]

$f_T$  – współczynnik temperaturowy

$f_S$  – współczynnik sezonowości

$f_P$  – współczynnik podbudowy [5]

**Normalizacja ugięć ze względu na temperaturę warstw asfaltowych.**

Współczynnik temperaturowy  $f_T$  koryguje wyniki pomiarów ugięć sprężystych wykonanych w różnej temperaturze warstw asfaltowych i sprowadza je do wartości odpowiadającej temperaturze miarodajnej, czyli średniej temperaturze tych warstw w okresie wiosennym. Współczynnik temperaturowy  $f_T$  określa się ze wzoru:

$$f_T = 1 + 0,02(20 - T)$$

gdzie: T – temperatura warstw asfaltowych podczas badania FWD [°C]

**Normalizacja ugięć ze względu na okres wykonywania pomiarów ugięć.**

Współczynnik sezonowości  $f_S$ , zależny jest od okresu przeprowadzania pomiarów. Normalizacja polega na sprowadzeniu wartości ugięć pomierzonych w różnych okresach w ciągu roku do standardowych warunków wykonywania pomiarów w jednym okresie roku, wyznaczonym doświadczalnie dla danej strefy klimatycznej. Wartości współczynnika  $f_S$  zamieszczono w poniższej tabeli.

<b>Miesiąc wykonywania pomiarów FWD</b>	<b>Wartość współczynnika <math>f_s</math></b>
marzec	1,00
kwiecień	1,04
maj	1,08
czerwiec	1,12
lipiec	1,15
sierpień	1,17
wrzesień	1,20
październik	1,22
listopad	1,25
grudzień	1,28

*Tabela nr A.2. Wartości współczynnika sezonowości w zależności od okresu wykonywania pomiarów.*

### **Normalizacja ugięć ze względu na rodzaj podbudowy.**

Współczynnik podbudowy  $f_p$  przedstawia się następująco:

- nawierzchnie podatne: 1,0
- nawierzchnie z podbudową z kruszywa lub gruntu stabilizowanego cementem: od 1,0 do 1,1
- nawierzchnie z podbudową z chudego betonu: od 1,1 do 1,2
- nawierzchnie z podbudową z betonu cementowego: 1,2 do 1,4.

Większą wartość tego współczynnika zaleca się przyjmować, gdy ugięcia są mniejsze a podbudowa sztywniejsza. Dla podbudowy związanej spoiwem hydraulicznym, która uległa znacznym spękanom zmęczeniowym, współczynnik  $f_p$  jest bliski jedności.

### **1.7. Częstotliwość i terminy wykonywania badań weryfikacyjnych**

Urządzenie FWD podlega następującym sprawdzeniom okresowym:

- kalibracji bezwzględnej wykonywanej u producenta (częstotliwość nie rzadziej, niż co 4 lata),
- przedsezonowych badaniach porównawczych wykonywanych wg procedury COST 336 [1] oraz procedury opisanej w załączniku E1. Wynikiem przedsezonowych badań porównawczych jest otrzymanie świadectwa dopuszczenia do wykonywania pomiarów (SDWP) w danym sezonie pomiarowym dla określonego zestawu.
- na własnym odcinku testowym (punktach pomiarowych) po przeprowadzonych przedsezonowych badaniach porównawczych oraz po zrealizowaniu całego zakresu pomiarowego zgodnie z załącznikiem F1.

## **2. Pomiary ciągłe ugięć nawierzchni**

W związku z brakiem w GDDKIA zasobów sprzętowych umożliwiających realizację ciągłego pomiaru ugięć nawierzchni opisane w tym fragmencie dokumentu urządzenie i zasady pomiaru zostały opracowane z wykorzystaniem doświadczeń zdobytych podczas zleceń tego typu badań przez Oddziały GDDKIA w 2014 roku.

## 2.1. Opis systemu pomiarowego

Jednym z najnowocześniejszych narzędzi mogących zasilać bazy danych systemu DSN w aktualne dane o przybliżonej nośności nawierzchni jest mobilny ugięciomierz laserowy np. TSD (*Traffic Speed Deflectometer*). Badania ugięć z wykorzystaniem tego urządzenia przeprowadza się przy prędkościach dochodzących do 80km/h, w warunkach normalnego ruchu drogowego, unikając przy tym zakłóceń i ograniczeń w poruszaniu się innych pojazdów oraz zagrożeń wypadkiem uczestników ruchu. Ze względu na swą specyfikę oraz wynikającą z niej efektywność system przykładowe urządzenie dostosowane jest do wykonywania pomiarów na sieciach drogowych, gdzie podstawowym celem jest weryfikacja nośności oraz identyfikacja miejsc o obniżonej trwałości zmęczeniowej.



Fot A.1. Przykładowy ugięciomierz laserowy

System pomiarowy urządzenia jest wyposażony w zestaw instrumentów i rejestratorów zainstalowanych na izolowanej naczepie kontenerowej. Naczepa jest zamontowana na podwoziu z pojedynczą osią z kołami bliźniaczymi, obciążoną naciskiem 10 ton. W naczepie zainstalowano zestaw pięciu czujników laserowych, rozstawionych w odpowiednich odległościach od osi prawego koła naczepy. Zestaw tych czujników jest zamontowany na specjalnej belce wyposażonej w system bezwładnościowy oraz serwomechanizm, pozwalający utrzymywać stałą pozycję czujników względem nawierzchni (Fot A.2.).



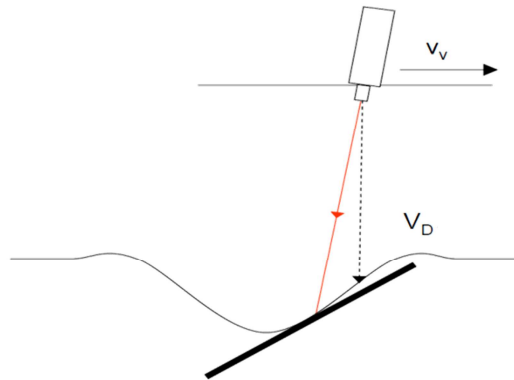
Fot. A.2. Belka z czujnikami pomiarowymi

Trzy czujniki są zamontowane blisko tylnego koła naczepy, w odległościach: 0,1m, 0,2m i 0,3m, kolejny – czwarty – w odległości 0,75m. Pierwszy z czujników umieszczony jest pod takim kątem, aby wiązka oświetlacza laserowego kierowana była w punkt maksymalnego ugięcia nawierzchni. Ostatni czujnik, używany jako referencyjny, jest zainstalowany w odległości 3,6m i około 3m za osią napędową ciągnika. Taka pozycja

czujnika umożliwia pomiar nawierzchni umownie uznanej jako nieobciążonej przez żadne koło, a uzyskane wyniki stanowią poziom odniesienia i korekty pozostałych czujników umieszczonych blisko prawego koła naczepy.

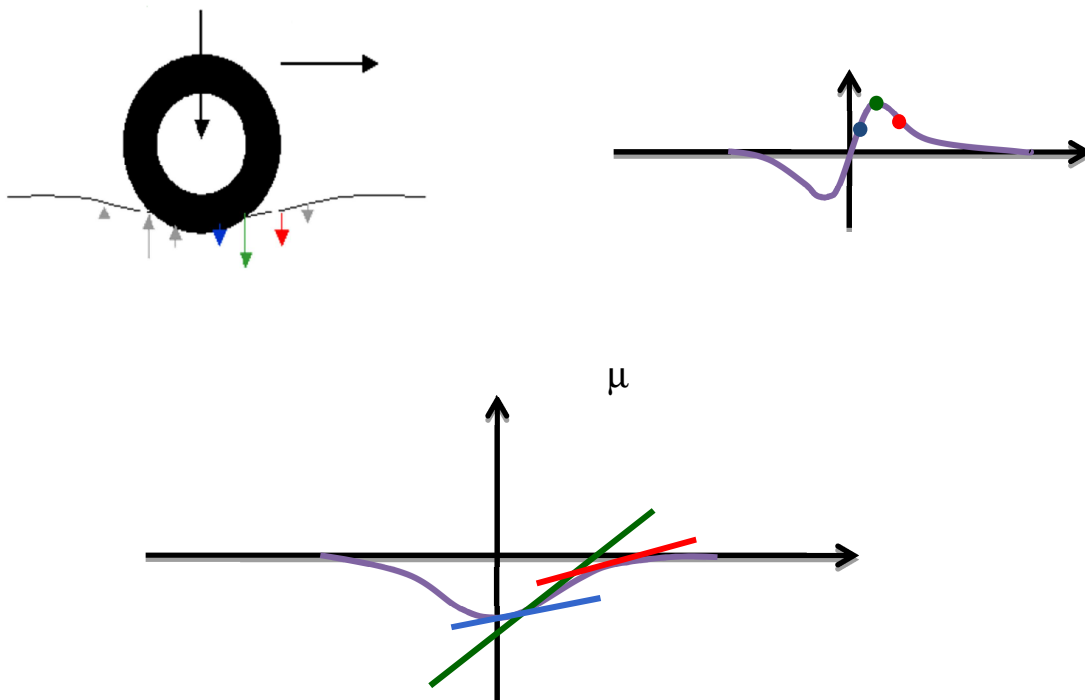
Pomiar ugięć polega na rejestracji prędkości pomiaru  $V_V$  oraz rzeczywistej prędkości ugięcia  $V_D$  (Rysunek A.2.). Na podstawie tych danych można określić nachylenie ugięcia wyrażone wzorem:

$$\text{nachylenie} = \frac{V_D}{V_V}$$



Rysunek A.2. Zasada pomiaru ugięcia

Obliczone dla każdego czujnika nachylenia służą do wyznaczenia czasu ugięcia i maksymalnych wartości ugięć na każdym z czujników (Rysunek A.3.). Teoretyczny model obliczeniowy wykorzystywany na etapie przetwarzania danych rejestrowanych przez TSD został omówiony przez konstruktorów urządzenia w pracy (Rasmussen, Aagaard, Baltzer, & Krarup, 2008).



Rysunek A.3. Określenie czasu ugięcia (dolny rysunek przedstawia „złożoną” z trzech obliczonych nachyleń czasę ugięć)

Każdy z czujników jest połączony z jednostką kontroli i wstępnego przetwarzania danych (Fot A.3.). Zestaw jednostek kontrolnych ma za zadanie monitorowanie pracy czujników laserowych oraz wstępne przetwarzanie pomiarów. W dalszym etapie procesu pomiarowego dane trafiają do głównego komputera pokładowego gdzie są zapisywane. Nad całością procesu pomiarowego czuwa operator, który w trakcie pomiaru ma możliwość weryfikacji i podglądu podstawowych danych funkcjonowania systemu pomiarowego.



Fot. A.3. Belka pomiarowa z czujnikami laserowymi (po lewej), jednostka kontroli (z prawej)

## 2.2. Zasady wykonywania pomiarów

W celu zapewnienia jakości uzyskanych danych pomiary należy przeprowadzić zgodnie z następującymi zaleceniami oraz instrukcją użytkowania ugięciomierza:

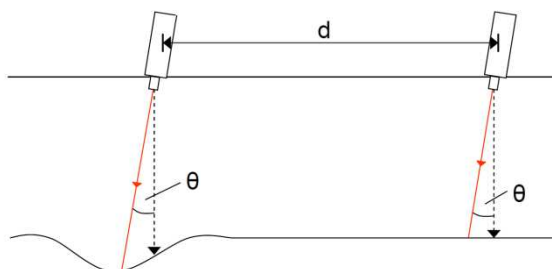
- wykonanie kalibracji systemu pomiarowego przed przystąpieniem do badań rutynowych według metody opisanej w odpowiedniej instrukcji,
- wszystkie podzespoły systemu pomiarowego muszą pracować w trybie *WARMUP* co najmniej 12 godzin przed pomiarem,
- w trakcie pomiaru należy w miarę możliwości zapewnić jednakową prędkość pomiaru w przedziale 60–70 km/h,
- pomiary należy prowadzić na suchej nawierzchni,
- ponieważ pomiary wykonywane są w warunkach normalnego ruchu drogowego nie ma konieczności zmiany organizacji ruchu, natomiast pojazd pomiarowy musi być oznakowany zgodnie z obowiązującymi przepisami,
- w trakcie pomiaru zaleca się, aby temperatura warstw asfaltowych w połowie ich grubości wynosiła od 5°C do 25°C, natomiast optymalna temperatura warstw w trakcie pomiaru wynosi 20°C,
- w ramach kampanii pomiarowej zaleca się prowadzenie kontroli własnej pomiarów,
- podczas pomiarów należy rejestrować dane o lokalizacji punktu pomiarowego (pikietaż drogi oraz współrzędne geograficzne),
- eksport danych do plików maszynowych (pliki \*.xls lub \*.txt) należy wykonać z częstotliwością 10m. Dane te, wraz z plikami pomiarowymi należy zarchiwizować na zewnętrznym dysku twardym, a pliki maszynowe przekazać do przetwarzania na dane elementarne.



### 2.3. Kalibracja ugięciomierza

Urządzenie powinno podlegać regularnej kontroli i kalibracji. Kalibracja wykonywana jest średnio raz w miesiącu i prowadzona jest zgodnie z zaleceniami producenta. Procedura kalibracyjna może być prowadzona tak zwaną metodą z odciążeniem osi naczepy, bądź też metodą geometryczną (Rysunek A.4.). Jako prostszą częściej stosuje się metodę geometryczną, która polega na weryfikacji kąta padania wiązki lasera pomiarowego względem czujnika referencyjnego.

W ramach kontroli kalibracji zaleca się testy ugięciomierza w warunkach terenowych. W tym celu należy przeprowadzić pomiary porównawcze z ugięciomierzem dynamicznym FWD na wytypowanych odcinkach testowych. Pomiary takie nie są konieczne jeżeli średnia różnica korekty kątów jest mniejsza niż 20  $\mu$ rad.



Rysunek A.4. Kalibracja TSD z usunięciem obciążenia (z lewej) oraz schemat kalibracji geometrycznej (z prawej)

### 2.4. Kontrola temperatury warstw asfaltowych

Uzupełnieniem metodyki pomiarowej jest kontrola temperatury warstw asfaltowych w połowie ich grubości. Ponieważ metodyka pomiarowa nie przewiduje bezpośredniego pomiaru tej temperatury, natomiast automatycznie mierzone są temperatury powierzchni i powietrza, do wyznaczenia temperatury warstw asfaltowych w połowie ich grubości zastosowano zależność BEELS. Wartości temperatur obliczone według schematu przedstawionego poniżej należy zapisać w plikach elementarnych wraz z wartościami ugięć.

Przedstawiony poniżej model został opracowany w ramach programu LTPP Long-Term Pavement Performance (Lukanen, Stubstad, & Briggs, 2000). W publikacji tej przedstawiono zaktualizowany model obliczeniowy BELLS, w którym najważniejszą zmianą było wprowadzenie średniej temperatury powietrza z dnia poprzedzającego pomiar w miejsce średniej temperatury powietrza z 5 dni poprzedzających pomiar. W przypadku badań prowadzonych w Polsce należy wykorzystać dane ze stacji meteorologicznych IMGW lub innych wiarygodnych źródeł.

Model BELLS powstał w oparciu o oryginalną pracę Herberta Southgate'a, przy czym zgodnie z podstawowymi parametrami metody Southgate'a wprowadzono do modelu kilka modyfikacji, których efektem był udoskonalony model oznaczony jako BELLS2. W celu przybliżenia kształtu funkcji rozgrzewania i schładzania nawierzchni funkcje sinusoidalne w modelu BELLS zostały zastąpione dwiema funkcjami sinusoidalnymi o cyklu 18-godzinnym. Aby uzyskać wersję modelu, która może być wykorzystywana w rutynowych pomiarach ugięć, dokonano korekty pomiarów temperatur o stan zacienienia. W ten sposób powstała zależność BELLS 3 umożliwiająca obliczenie temperatury pakietu warstw asfaltowych na zadanej głębokości z uwzględnieniem efektu zacienienia powodowanego przez ugięciomierz:

$$T_d = 0,95 + 0,892 * IR + \{\log(d) - 1,25\} \{-0,448 * IR + 0,621 * (1\text{-dniowa}) + 1,83 * \sin(h_{18} - 15,5)\} + 0,042 * IR * \sin(h_{18} - 13,5)$$

w której:

- $T_d$  = temperatura nawierzchni na głębokości  $d$ , °C;
- IR = temperatura zarejestrowana przez czujnik temperatury, °C;
- log = logarytm dziesiętny;
- $d$  = głębokość, dla której obliczana jest temperatura, mm;
- 1-dniowa = średnia temperatura powietrza dla dnia poprzedzającego dzień pomiarów;
- sin = funkcja sinusoidalna dla 18-godzinnego systemu zegarowego, gdzie  $2\pi$  radianów równa się 18-godzinnemu cyklowi;
- $h_{18}$  = pora dnia w 24-godzinnym systemie zegarowym, lecz obliczona dla 18-godzinnego cyklu wzrostów i spadków temperatury asfaltobetonu, zgodnie z poniższymi uwagami.

W przypadku funkcji  $\sin(h_{18}-15,5)$  należy stosować tylko godziny od 11:00 do 05:00. Jeśli rzeczywisty czas nie mieści się w tym zakresie należy ją obliczyć tak jak dla godziny 11:00 ( $\sin=-1$ ). Jeśli godzina wypada między północą, a 05:00 należy do czasu rzeczywistego (dziesiątego) dodać 24. W funkcji  $\sin(h_{18} - 13,5)$  należy stosować tylko godziny od 09:00 do 03:00. Jeśli rzeczywisty czas nie mieści się w tym zakresie, należy ją obliczyć tak, jak dla godziny 09:00 ( $\sin=-1$ ). Jeśli godzina wypada między północą a 03:00, należy do czasu rzeczywistego (dziesiątego) dodać 24. Należy zauważyć, że w obu przypadkach przyjęto funkcję sinusoidalną dla cyklu 18-godzinnego z „płaskim” odcinkiem o wartości (-1) odpowiednio między godziną 05:00 a 11:00<sup>1</sup> i 03:00 a 09:00<sup>2</sup>.

## 2.5. Kontrola własna pomiarów w ramach kampanii pomiarowej

Istotnym elementem procesu zapewnienia jakości pomiarów ugięć jest kontrola własna, realizowana regularnie przez wykonawcę pomiarów. Kontrola własna polega na cyklicznym powtarzaniu pomiarów na wybranych odcinkach dróg i na porównaniu uzyskanych wyników (badanie tzw. powtarzalności pomiarów w rozumieniu normy ISO 5725-2:2002).

Kontrolę własną pomiarów należy prowadzić według następującego schematu:

- wykonawca powinien dokonać cyklicznych pomiarów ugięć po każdym dwóch dniach pomiarowych, na co najmniej jednym odcinku kontrolnym o długości nie mniejszej niż 1000m,
- do przeprowadzenia kontroli własnej wykonawca używa wyników z dwóch pomiarów:
  - o pomiar referencyjny (może to być jednocześnie pomiar rutynowy),
  - o pomiar powtórny kontroli własnej wykonany zaraz po pomiarze referencyjnym,
- w celu oceny powtarzalności pomiarów przeprowadzone zostają następujące obliczenia dla różnic wartości wskaźników  $SCI_{300}$ :
  - o wyznaczenie średniej różnic ( $r$ ),
  - o wyznaczenie odchylenia standardowego różnic ( $\sigma$ ),
  - o porównanie średniej i odchylenia standardowego różnic z określonymi tolerancjami, to jest  $r=10$  i  $\sigma=20$ .

uwaga: wartości progowe należy zweryfikować w ramach szczegółowych badań z uwzględnieniem wyników kontroli własnej prowadzonej w kolejnych kampaniach pomiarowych

<sup>1</sup> W takim wypadku należy dokonać obliczenia jak w przykładzie, tj. jeśli jest godzina 13:15, wówczas w postaci dziesiątej,  $13,25-15,50=-2,25$ ;  $-2,25/18 = -0,125$ ;  $-0,125 \times 2\pi = -0,785$  radiana;  $\sin(-0,785) = -0,707$ .

<sup>2</sup> W takim wypadku należy dokonać obliczenia jak w przykładzie, tj. jeśli jest godzina 15:08, wówczas w postaci dziesiątej,  $15,13-13,50=1,63$ ;  $1,63/18 = 0,091$ ;  $0,091 \times 2\pi = 0,569$  radiany;  $\sin(0,569) = 0,539$

Wyniki pomiarów kontroli własnej muszą być zapisywane i w razie konieczności udostępniane zamawiającemu.

## 2.6. Korekta zarejestrowanych ugięć

Zarejestrowane ugięcia należy skorygować ze względu na zmiany temperatury, obciążenia dynamicznego osi pomiarowej i sezonu, w którym wykonano pomiary, typu podbudowy oraz funkcje przeliczeniowe pomiędzy urządzeniem mobilnym oraz urządzeniami FWD. Skorygowane wartości ugięć należy zapisać w plikach elementarnych.

Opis struktury plików z niezbędnymi danymi do przetwarzania wyników mobilnych pomiarów ugięć nawierzchni został szczegółowo opisany w załączniku H.

## 3. Pomiary równości podłużnej nawierzchni

### 3.1. Pojęcia podstawowe

**Równość podłużna:** cecha eksploatacyjna określająca zdolność nawierzchni jezdni do nie wzbudzenia wstrząsów i drgań poruszającego się pojazdu.

**Profil podłużny:** przecięcie pomiędzy powierzchnią nawierzchni i konwencjonalną płaszczyzną odniesienia prostopadłą do powierzchni nawierzchni i równoległą względem kierunku pasa ruchu.

W sensie fizycznym profil podłużny stanowi zbiór punktów wysokościowych zarejestrowanych przez urządzenie pomiarowe w stałych odstępach wzdłuż określonej linii, w zakresie długości fali równości i megatekstury [37].

**Nierówność (brak równości):** odchylenie powierzchni nawierzchni od rzeczywistości płaskiej powierzchni w zakresie długości fali od 0,5 do 50 m.

**Megatekstura:** odchylenie powierzchni nawierzchni od rzeczywistości płaskiej powierzchni w zakresie długości fali od 50mm do 500 mm.

**IRI (*International Roughness Index*) Międzynarodowy Wskaźnik Równości:** podstawowy parametr równości podłużnej, obliczany na podstawie profilu podłużnego nawierzchni zgodnie z przyjętą powszechnie procedurą [34],[46]. Parametr IRI charakteryzuje komfort jazdy poprzez symulację pracy zawieszenia umownego pojazdu (Golden Car, quarter car) poruszającego się z prędkością 80km/h na długości analizowanego odcinka nawierzchni. Wskaźnik IRI podawany jest w jednostkach nachylenia: mm/m lub m/km.

**Pomiar równości podłużnej:** ustalony sposób rejestracji profilu podłużnego nawierzchni prowadzonej w obrębie pasa ruchu z zachowaniem wymagań wynikających z instrukcji obsługi urządzenia pomiarowego i odpowiednich procedur pomiarowych.

### 3.2. Metoda pomiaru

Zasady zawarte w niniejszym rozdziale dotyczą prowadzenia prac związanych z badaniami i oceną równości podłużnej nawierzchni.

Równość podłużna nawierzchni jest cechą eksploatacyjną nawierzchni określającą odchylenia powierzchni jezdni od rzeczywistości płaskiej powierzchni, mierzoną wzdłuż kierunku jazdy w zakresie długości fali od 0,05 m do 50 m (równości i megatekstury).

Równość podłużna charakteryzuje zdolność nawierzchni do niewzbudzenia wstrząsów i drgań poruszającego się pojazdu a tym samym decyduje o komforcie i bezpieczeństwie jazdy. Nierówności jezdni w istotny sposób wpływają jednocześnie na zwiększenie kosztów użytkownika drogi (większe zużycie paliwa oraz części pojazdu).

Stan równości podłużnej nawierzchni w systemie DSN określa się metodą profilometryczną, to jest na podstawie pomiaru profilu podłużnego nawierzchni za pomocą profilografu mobilnego, wykonującego pomiar z prędkością potoku ruchu.

Podczas badania rejestruje się dane o lokalizacji toru pomiarowego, przez podanie pikietaża/systemu referencyjnego i współrzędnych geograficznych.

### 3.2.1. Zasady ogólne

Pomiary równości podłużnej na potrzeby systemu DSN należy wykonywać przy użyciu wieloczujnikowych mobilnych profilografów laserowych RSP-3, umożliwiających jednoczesną rejestrację profili podłużnych nawierzchni w co najmniej dwóch torach pomiarowych (w śladzie prawym i lewym) z prędkością zbliżoną do prędkości potoku ruchu. Rzędne profilu podłużnego powinny zostać zarejestrowane w odpowiednich odstępach oraz z precyzją umożliwiającą obliczenie sumarycznych wskaźników równości z wymaganą dokładnością.

Podstawowe wymagania sprzętowe dla profilografu wykonującego pomiary równości podłużnej nawierzchni na potrzeby DSN wraz z klasyfikacją wg PN13036-6: 2008 przedstawiono w poniższej tabeli:

Tabela A.3. Wymagania sprzętowe dla profilografu wykonującego pomiary równości podłużnej

	Nazwa	Jednostka	Wymagany zakres i klasa profilografu	
<b>Równość podłużna</b>	Rozdzielczość pionowa czujnika laserowego	[mm]	≤ 0.2	<b>Klasa 1</b>
	Interwał podłużnego próbkowania sygnału	[mm]	≤ 50	<b>Klasa 1</b>
	Interwał rejestracji rzędnych profilu w pliku pomiarowym	[mm]	≤ 100	<b>Klasa 1</b>
	Filtr fali długiej (-3dB)	[m]	≥ 100	<b>Klasa 1</b>

Wskaźnikiem równości podłużnej nawierzchni w systemie DSN jest Międzynarodowy Wskaźnik Równości IRI [mm/m].

Określenie wskaźników IRI powinno być przeprowadzone za pomocą zweryfikowanego programu obliczeniowego zgodnie z procedurą obliczeniową wg normy ASTM E1926-08. W systemie DSN zaleca się wykorzystanie programu firmowego producenta profilografów RSP, obliczającego wartości wskaźników IRI w czasie rzeczywistym i zapisującym rezultaty w pliku wynikowym RSP z częstotliwością co 1 m dla lewego i prawego śladu koła.

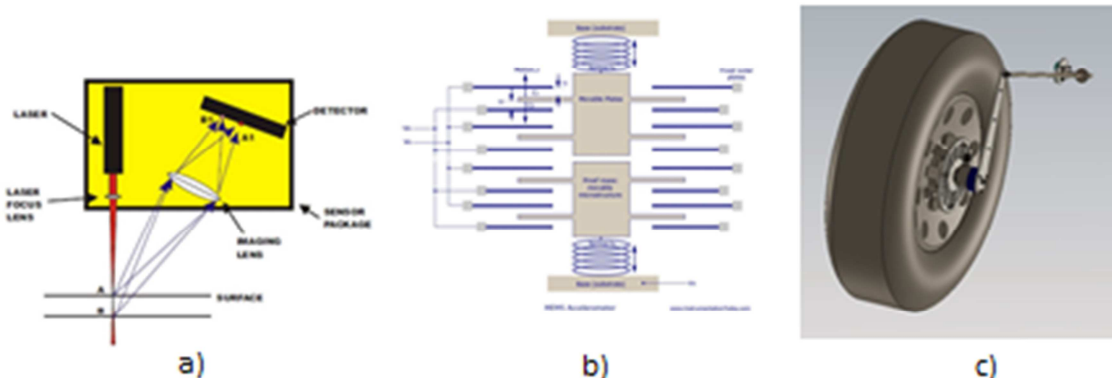
### 3.2.2. Zasady szczegółowe - instrukcja realizacji pomiarów

Wieloczujnikowe profilografy RSP oprócz pomiaru równości podłużnej wykonują jednocześnie pomiar równości poprzecznej oraz makrotekstury nawierzchni. Szczegółowe zasady wykonywania pomiarów profilografem RSP zamieszczono w załączniku nr D2.

### 3.3. Sprzęt pomiarowy

System pomiarowy profilografu RSP-3 montowany jest na przystosowanym do tego celu pojeździe pomiarowym i składa się z następujących elementów głównych:

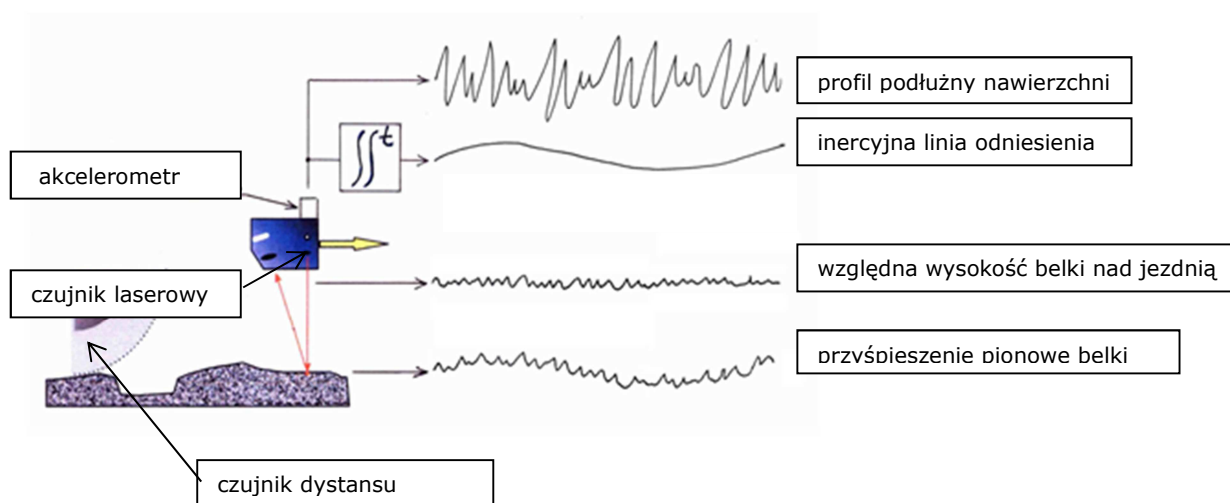
- belki pomiarowej, w której zamontowane są: czujniki laserowe, akcelerometry, żyroskop;
- czujnika dystansu na kole profilografu;
- jednostki przetwarzania danych;
- komputera z zainstalowanym oprogramowaniem sterującym;
- odbiornika GPS;
- kamery zewnętrznej.



Rysunek A.5. Profilograf laserowy RSP i jego podstawowe komponenty pomiarowe: a) pomiar wysokości – laser [mm], b) pomiar przyspieszenia – akcelerometr [m/s<sup>2</sup>], c) pomiar odległości – DMI [km]

Profilograf RSP-3 jest urządzeniem pomiarowym typu inercyjnego, to znaczy wykorzystującym czujniki przyśpieszenia (akcelerometry) do monitorowania wychylenia pionowego pojazdu (belki pomiarowej) w torze pomiaru w celu określenia linii odniesienia, względem której mierzone są nierówności powierzchni jezdni. Pomiar względnej wysokości belki pomiarowej nad powierzchnią jezdni odbywa się za pomocą czujników laserowych a przebyta odległość za pomocą czujnika dystansu (DMI) zamontowanego na kole.

### Zasada określenia profilu podłużnego za pomocą profilografu laserowego



Rysunek A.6. Zasada określenia profilu podłużnego

Rzędne profilu podłużnego w odległości  $x$  otrzymuje się poprzez sumowanie wychylenia belki pomiarowej oraz odpowiadającej jej względnej wysokości belki nad nawierzchnią wg wzoru:

$$Z(x) = R(x) + H(x)$$

gdzie:

$Z(x)$  – rzędna profilu w odległości  $x$ ;

$H(x)$  – względna wysokość belki pomiarowej nad nawierzchnią wg pomiaru czujnikiem laserowym;

$R(x)$  – wychylenie belki pomiarowej, pozycja linii odniesienia obliczona na podstawie pomiaru akcelerometrem w odległości  $x$ .

Zaleca się, aby zespół pomiarowy profilografu RSP składał się z odpowiednio przeszkolonego kierowcy oraz operatora sprzętu. W czasie wykonywania pomiarów pojazd musi być oznakowany zgodnie z obowiązującymi przepisami.

Okresowo oraz po każdorazowych czynnościach serwisowych należy przeprowadzać kalibracje profilografu zgodnie z odpowiednimi procedurami producenta.

### **3.4. Metoda przetwarzania wyników pomiarów**

Na podstawie wyników pomiaru IRI zarejestrowanych co 1m, należy obliczyć średnią wartość IRI na odcinku diagnostycznym długości 50 m w każdym torze pomiarowym.

Opis struktury plików z niezbędnymi danymi do przetwarzania wyników pomiarów równości podłużnej nawierzchni został szczegółowo opisany w załączniku H.

### **3.5. Częstotliwość i terminy wykonywania badań weryfikacyjnych**

Zadaniem systemu zapewnienia jakości pomiarów jest zapewnienie sprawności sprzętu, odpowiedniego poziomu dokładności pomiaru, spójności pomiarowej oraz terminowości pomiarów wykonywanych na potrzeby systemu DSN.

W ramach programu zapewnienia jakości należy wykonywać:

- sprawdzenie bieżące sprawności technicznej profilografów;
- kalibracje podstawowych elementów profilografów;
- badania porównawcze przedsezonowe profilografów;
- okresowe kontrole profilografów na własnych odcinkach testowych;
- pomiary kontrolne po realizacji zakresu pomiarowego.

Sprawdzenie bieżące profilografu należy wykonywać codziennie – przed serią pomiarów w trakcie trwania kampanii pomiarowej DSN wg Diennej Listy Kontrolnej (przykład w załączniku D2).

Kalibracje podstawowych elementów profilografów (czujniki laserowe, akcelometry, czujnik dystansu, żyroskop) należy przeprowadzać okresowo, w regularnych odstępach czasowych oraz każdorazowo po jakichkolwiek czynnościach serwisowych dot. w/w elementów.

Wszelkie czynności kalibracyjne należy wykonywać zgodnie z odpowiednimi procedurami producenta.

Badania porównawcze w zakresie równości powinny być przeprowadzone każdorazowo przed rozpoczęciem kampanii pomiarowej podczas przedsezonowych pomiarów porównawczych profilografów.

Przedsezonowe pomiary porównawcze profilografów powinny odbywać się wg procedury opisanej w załączniku nr E2.

Na podstawie wniosków z raportu z pomiarów porównawczych równości podłużnej jednostka nadzorująca kampanię pomiarową DSN wydaje świadectwo dopuszczenia do pomiarów w ramach DSN ważne przez okres trwania aktualnej kampanii pomiarowej.

Wykonawca pomiarów równości podłużnej w ramach DSN jest zobowiązany do założenia wewnętrznego odcinka testowego przed rozpoczęciem kampanii pomiarowej i wykonywania na nim kontroli okresowych sprawności sprzętu.

Badania obejmują sprawdzenie urządzenia jednocześnie dla zakresu równości podłużnej, równości poprzecznej oraz makrotekstury. Okresowa kontrola profilografu RSP na własnym odcinku testowym powinna odbywać się wg procedury opisanej w załączniku nr F2.

## 4. Pomiary równości poprzecznej nawierzchni

### 4.1. Pojęcia podstawowe

**Profil poprzeczny:** przecięcie pomiędzy powierzchnią nawierzchni i płaszczyzną odniesienia prostopadłą do powierzchni nawierzchni i kierunku pasa ruchu.

W sensie fizycznym profil poprzeczny stanowi zbiór punktów wysokościowych zarejestrowanych przez urządzenie pomiarowe w określonym rozstawie prostopadle do osi drogi.

**Głębokość koleiny:** wskaźnik równości poprzecznej obliczany na podstawie profilu poprzecznego nawierzchni w danej lokalizacji drogi jako wielkość największego prześwitu pomiędzy nawierzchnią a linią odniesienia. Linię odniesienia stanowi linia prosta określona przez program obliczeniowy wg ustalonej procedury.

**Pomiar równości poprzecznej:** ustalony sposób rejestracji profili poprzecznych nawierzchni prowadzonej w obrębie pasa ruchu z zachowaniem wymagań wynikających z instrukcji obsługi urządzenia pomiarowego i odpowiednich procedur pomiarowych.

### 4.2. Metoda pomiaru

Zasady zawarte w niniejszym rozdziale dotyczą prowadzenia prac związanych z badaniami i oceną równości poprzecznej nawierzchni.

Równość poprzeczna nawierzchni jest cechą eksploatacyjną nawierzchni określającą odchylenia powierzchni jezdni od rzeczywistości płaskiej powierzchni, mierzoną w kierunku prostopadłym do osi jezdni (kierunku jazdy) w zakresie długości fali równości i megatekstury.

Stan równości poprzecznej nawierzchni w DSN określa się metodą profilometryczną, to znaczy na podstawie pomiaru kolejnych profili poprzecznych nawierzchni za pomocą profilografu mobilnego, wykonującego pomiar z prędkością potoku ruchu.

Podczas badania rejestruje się dane o lokalizacji toru pomiarowego, przez podanie pikietaża/systemu referencyjnego i współrzędnych geograficznych.

#### 4.2.1. Zasady ogólne

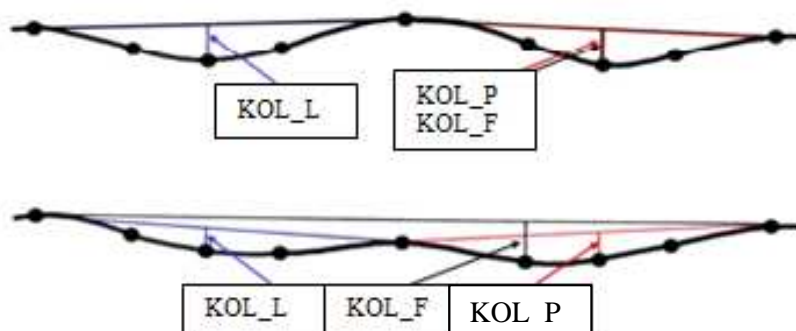
Pomiary równości poprzecznej na potrzeby DSN należy wykonywać przy użyciu wielocznikowych mobilnych profilografów laserowych RSP-3, rejestrujących profile poprzeczne nawierzchni na pasie ruchu z prędkością zbliżoną do prędkości potoku ruchu. Rzędne profili poprzecznych powinny zostać zarejestrowane na szerokości pasa minimum 3.2 m, w stałych odstępach oraz z precyzją umożliwiającą obliczenie maksymalnej głębokości koleiny w śladzie prawym i lewym z wymaganą dokładnością.

Podstawowe wymagania sprzętowe dla profilografu wykonującego pomiary równości poprzecznej nawierzchni na potrzeby DSN wraz z klasyfikacją wg PN13036-6: 2008 przedstawiono w poniższej tabeli:

Tabela A.4. Wymagania sprzętowe dla profilografu wykonującego pomiary równości poprzecznej

	Nazwa	Jednostka	Wymagany zakres i klasa profilografu	
Równość poprzeczna	Rozdzielczość pionowa czujnika laserowego	[mm]	$\leq 0.2$	Klasa 1
	Rozstaw czujników laserowych	[mm]	$\leq 350$	Klasa 3
	Krok próbkowania profili poprzecznych	[m]	$\leq 1$	Klasa 1

Określenie głębokości koleiny powinno być przeprowadzone za pomocą zweryfikowanego programu obliczeniowego. W systemie DSN zaleca się wykorzystanie programu firmowego producenta profilografów, obliczającego wartości głębokości koleiny metodą „wire (string) line” w czasie rzeczywistym i zapisującym rezultaty w pliku wynikowym RSP z częstotliwością co 1 m oraz obliczenie i rejestrację średniej oraz maksymalnej głębokości koleiny dla śladu prawego (koleina prawa), śladu lewego (koleina lewa) oraz całego pasa ruchu (koleina pełna).



Rysunek A.7. Zasada określenia głębokości koleiny wg metody wire (string) line

#### 4.2.2. Zasady szczegółowe - instrukcja realizacji pomiarów

Szczegółowe zasady wykonywania pomiarów profilografem RSP zamieszczono w załączniku D2.

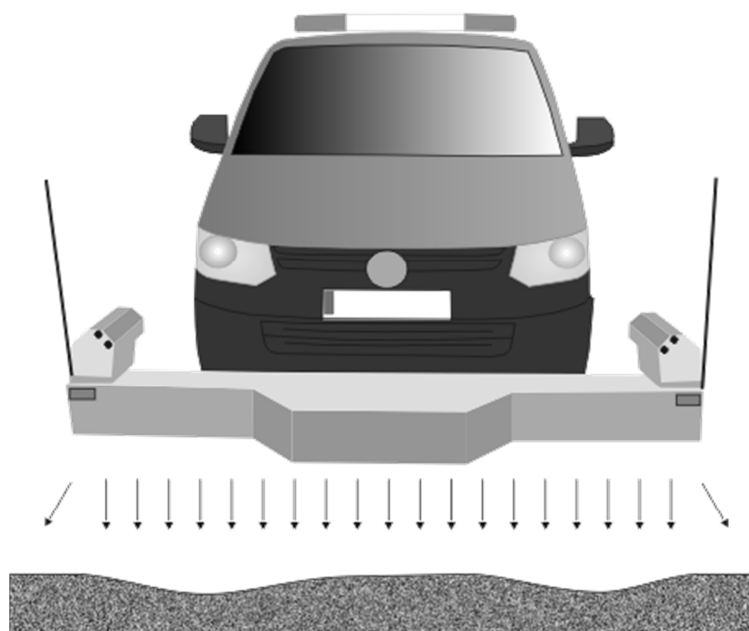
#### 4.3. Sprzęt pomiarowy

Podstawowe elementy profilografu RSP wymieniono w pkt 3.3.

Podczas pomiaru równości poprzecznej profilograf wykorzystuje czujniki laserowe rozmieszczone prostopadłe do kierunku jazdy do określenia rzędnych profilu poprzecznego nawierzchni względem linii odniesienia związanej z belką pomiarową oraz czujnik dystansu do pomiaru przebytej odległości.

Średnie wyniki pomiarów rzędnych profilu poprzecznego są następnie wykorzystywane do obliczeń głębokości koleiny.





Rysunek A.8. Schemat poglądowy profilografu

#### 4.4. Metoda przetwarzania wyników pomiarów

Na podstawie wyników pomiaru głębokości koleiny zarejestrowanych co 1m, należy obliczyć średnią wartość głębokości koleiny na odcinku diagnostycznym długości 50 m w torach pomiarowych.

Opis struktury plików z niezbędnymi danymi do przetwarzania wyników pomiarów równości poprzecznej nawierzchni został szczegółowo opisany w załączniku H.

#### 4.5. Częstotliwość i terminy wykonywania badań weryfikacyjnych

Badania weryfikacyjne odbywają się wg zasad pomiaru równości podłużnej opisanych w rozdziale 3.5.

### 5. Pomiary makrotekstury nawierzchni

#### 5.1. Pojęcia podstawowe

**Makrotekstura:** cecha eksploatacyjna nawierzchni określającą odchylenie powierzchni nawierzchni od idealnie płaskiej powierzchni w zakresie długości fali od 0,5 do 50 mm.

**Profil nawierzchni:** dwuwymiarowe odwzorowanie powierzchni. W sensie fizycznym profil nawierzchni stanowi zbiór punktów wysokościowych zarejestrowanych przez urządzenie pomiarowe w stałych odstępach wzdłuż pasa ruchu w określonej linii z określoną dokładnością.

**Wskaźnik MPD:** Średnia Głębokość Profilu [Mean Profile Depth] – średnia wartość głębokości profilu określona wg procedury PN-EN ISO 13473-1:2005 [40].

**Wskaźnik MTD:** [Mean Texture Depth] Średnia Głębokość Tekstury – głębokość tekstury otrzymana za pomocą metody objętościowej wg PN-EN 13036-1:2010 [42].

**Pomiar makrotekstury:** ustalony sposób rejestracji profilu makrotekstury nawierzchni prowadzonej w obrębie pasa ruchu z zachowaniem wymagań wynikających z instrukcji obsługi urządzenia pomiarowego i odpowiednich procedur pomiarowych.

**Wskaźnik ETD:** Szacowana Głębokość Tekstury [Estimated Texture Depth] – termin używany, gdy wskaźnik MPD jest używany do szacowania wskaźnika MTD za pomocą formuły ( $ETD=0,2 + 0,8 \times MPD$ ) wg PN-EN ISO 13473-1:2005 [40].

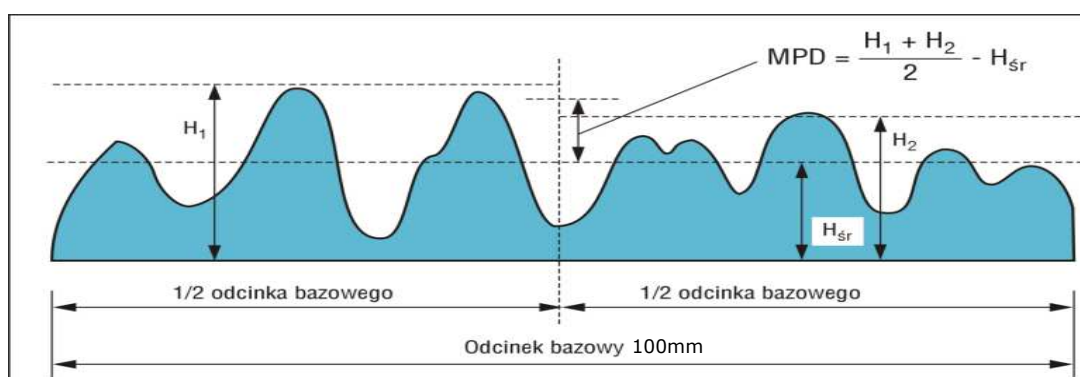
## 5.2. Metoda pomiaru

Zasady zawarte w niniejszym rozdziale dotyczą prowadzenia prac związanych z badaniami i oceną makrotekstury nawierzchni w ramach systemu DSN.

Makrotekstura nawierzchni jest cechą eksploatacyjną nawierzchni określającą odchylenie powierzchni nawierzchni od idealnie płaskiej powierzchni w zakresie długości fali od 0,5 do 50 mm.

Makrotekstura nawierzchni charakteryzuje zdolność nawierzchni do odprowadzania wody spod opon pojazdów podczas deszczu oraz odgrywa ważną rolę podczas kontaktu opony z nawierzchnią (właściwości przeciwpoślizgowe, opory toczenia, hałas). Poziom makrotekstury może również stanowić jeden ze wskaźników aktualnego stanu powierzchni warstwy ścieralnej nawierzchni spowodowanego np. ubytkami ziaren lub lepiszcza, segregacją kruszywa itp.

Makroteksturę nawierzchni w DSN określa się metodą profilometryczną, to jest na podstawie pomiaru profilu nawierzchni za pomocą profilografu mobilnego, wykonującego pomiar z prędkością potoku ruchu. Profil nawierzchni powinien zostać odwzorowany z wymaganą dokładnością, umożliwiającą obliczenie w czasie rzeczywistym wskaźnika Średniej Głębokości Profilu MPD zgodnie z normą [40] dla odcinka bazowego długości 100mm w co najmniej jednym śladzie kół wg poniższego schematu:



Rysunek A.9. Zasada określenia wskaźnika MPD

### 5.2.1. Zasady ogólne

Pomiary makrotekstury na potrzeby DSN należy wykonywać przy użyciu mobilnych profilografów RSP, wyposażonych w co najmniej jeden czujnik laserowy do pomiaru makrotekstury, umożliwiających pomiar z prędkością zbliżoną do prędkości potoku ruchu. Podstawowe wymagania sprzętowe dla profilografu wykonującego pomiary makrotekstury nawierzchni na potrzeby DSN przedstawiono w poniższej tabeli A.5.

Tabela A.5. Wymagania sprzętowe dla profilografu wykonującego pomiary makrotekstury

	Nazwa	Jednostka	Wymagany zakres
<b>Makrotekstura</b>	Rozdzielczość pionowa czujnika laserowego	[mm]	≤ 0.05
	Interwał podłużnego próbkowania sygnału	[mm]	≤ 1
	Interwał rejestracji wskaźnika MPD w pliku pomiarowym	[mm]	= 100
	Zakres makrotekstury	[mm]	0.5 ÷ 2.0

Wskaźnikiem makrotekstury nawierzchni w systemie DSN jest **Średnia Głębokość Profilu MPD**.

Określenie wskaźników MPD i RMS powinno być przeprowadzone za pomocą zweryfikowanego programu obliczeniowego zgodnie z procedurą obliczeniową wg normy PN-EN ISO 13473-1:2005. W systemie DSN zaleca się wykorzystanie programu firmowego producenta profilografów RSP, obliczającego wartości wskaźników MPD i RMS w czasie rzeczywistym i zapisującym rezultaty w pliku wynikowym RSP z częstotliwością co 1 m dla toru pomiarowego w prawym śladzie koła.

#### 5.1.2. Zasady szczegółowe - instrukcja realizacji pomiarów

Szczegółowe zasady wykonywania pomiarów profilografem RSP zamieszczono w załączniku nr D2.

#### 5.2. Sprzęt pomiarowy

Podstawowe elementy profilografu RSP wymieniono w pkt 3.3.

Podczas pomiaru makrotekstury profilograf wykorzystuje czujnik laserowy o wysokiej częstotliwości oraz czujnik dystansu do pomiaru przebytej odległości.

Wyniki pomiaru rzędnych profilu nawierzchni są następnie wykorzystywane do obliczenia w czasie rzeczywistym wskaźnika Średniej Głębokości Profilu MPD oraz wskaźnika RMS.

#### 5.3. Metoda przetwarzania wyników pomiarów

Na podstawie wyników pomiaru wskaźnika makrotekstury MPD zarejestrowanych co 1m, należy obliczyć średnią wartość MPD na odcinku diagnostycznym długości 50 m dla śladu prawego.

Opis struktury plików z niezbędnymi danymi do przetwarzania wyników pomiarów makrotekstury nawierzchni został szczegółowo opisany w załączniku H.

#### 5.4. Częstotliwość i terminy wykonywania badań weryfikacyjnych

Badania weryfikacyjne odbywają się wg zasad pomiaru równości podłużnej opisanych w rozdziale 3.5 niniejszego załącznika.

## **6. Pomiary punktowe właściwości przeciwpoślizgowych nawierzchni**

### **6.1. Pojęcia podstawowe**

**Właściwości przeciwpoślizgowe:** zdolność do wytwarzania sił tarcia między nawierzchnią drogi a kołami pojazdów w warunkach wzajemnego poślizgu.

**Współczynnik tarcia:** stosunek wypadkowej sił tarcia wytwarzanych między hamowanym kołem urządzenia pomiarowego a nawierzchnią drogi do nacisku koła na drogę.

**Urządzenie pomiarowe (zestaw pomiarowy):** urządzenie dynamometryczne o określonych cechach kinematycznych, konstrukcyjnych i funkcjonalnych, umożliwiające pomiar współczynnika tarcia podłużnego nawierzchni w warunkach 100% poślizgu koła pomiarowego, z zastosowaniem określonego typu opony testowej zgodną z zaleceniami PIARC.

**Pomiar punktowy współczynnika tarcia:** ustalony sposób pomiaru na pasie ruchu pojazdu z zachowaniem wymagań, wynikających z instrukcji obsługi urządzenia pomiarowego oraz odpowiednich procedur pomiarowych.

### **6.2. Metoda pomiaru**

Zasady zawarte w niniejszym rozdziale dotyczą prowadzenia prac związanych z badaniami i oceną właściwości przeciwpoślizgowych nawierzchni dróg w systemie DSN.

Właściwości przeciwpoślizgowe nawierzchni określane są współczynnikiem tarcia. Wartości współczynnika tarcia należy wyznaczać na podstawie pomiarów w prawym lub w lewym śladzie kół. Pomiar wykonuje się z pełną (100%) blokadą koła pomiarowego z oponą testową, przy temperaturze otoczenia od 5°C do 30°C, na czystej nawierzchni, zwilżanej wodą w ilości 0,5 l/m<sup>2</sup>. Uzyskane wartości współczynnika tarcia rejestruje się z dokładnością do trzech miejsc po przecinku.

Podczas badania zestawem pomiarowym SRT-3 rejestruje się dane o lokalizacji toru pomiarowego (pikietaż, punkty systemu referencyjnego oraz współrzędne geograficzne).

#### **6.2.1. Zasady ogólne**

Do wykonywania badań współczynnika tarcia może być wykorzystane tylko to urządzenie pomiarowe, które posiada aktualne świadectwo dopuszczenia do wykonywania pomiarów. Dotyczy to zarówno zestawu pomiarowego SRT-3, jak i innej metody równoważnej.

Badania właściwości przeciwpoślizgowych należy wykonywać nie rzadziej niż co 100m, na każdym pasie ruchu.

W badaniach współczynnika tarcia należy stosować oponę zalecaną przez World Road Association PIARC: oponę rowkowaną (ribbed tyre) rozmiaru 165 R 15. Użycie innej opony powinno być odpowiednio udokumentowane wraz z podaniem przelicznika normującego wyniki do opony referencyjnej.

Tabela A.6. Wartości liczbowe do wymagań dla pomiaru współczynnika tarcia

	Nazwa	Jednostka	Wymagany zakres
<b>Współczynnik tarcia</b>	Krok pomiarowy	[m]	≤100
	Dokładność pojedynczego pomiaru	[-]	≤0,001
	Typ opony pomiarowej	[-]	PIARC (RIBBED)165R15
	Typ opony referencyjnej	[-]	PIARC (RIBBED)165R15
	Ilość wody	[l/m <sup>2</sup> ]	0,45-0,55
	Prędkość	[km/h]	55-65
	Temperatura otoczenia	[°C]	5-30

### 6.2.2. Zasady szczegółowe - instrukcja realizacji pomiarów

Szczegółowe zasady wykonywania pomiarów urządzeniem SRT-3 zamieszczono w załączniku nr D3.

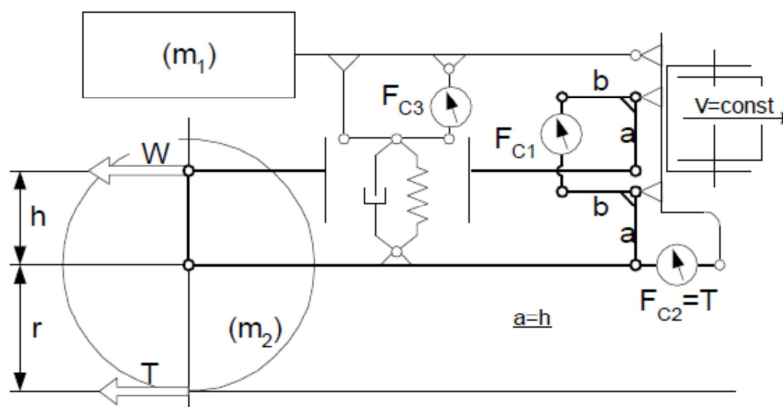
### 6.3. Sprzęt pomiarowy

Do wykonywania badań współczynnika tarcia nawierzchni drogowych należy stosować zestaw pomiarowy SRT-3 składający się z przyczepki pomiarowej oraz samochodu holującego. Dopuszcza się stosowanie innego równoważnego, wiarygodnego sprzętu, jeśli dysponuje się sprawdzoną zależnością korelacyjną umożliwiającą przeliczenie wyników pomiarów na wartości uzyskiwane zestawem SRT-3.



Fot. A.4. Zestaw pomiarowy i przyczepa pomiarowa SRT-3.

Na kolejnym rysunku (A.10.) przedstawiono schemat kinematyczny przyczepki pomiarowej SRT3.



Rysunek A.10. Schemat kinematyczny przyczepki pomiarowej SRT3

$miM$  – wartość współczynnika przyczepności obliczona dla czujnika tensometrycznego umieszczonego w 1 kanale układu pomiarowego T1; tzw. pomiar moment hamującego  $W$ , czujnik pionowy  $FC1$ ,

$miF$  – wartość współczynnika przyczepności obliczona dla czujnika tensometrycznego umieszczonego w 2 kanale układu pomiarowego T2; tzw. pomiar siły hamowania  $T$ , czujnik poziomy  $FC2$ ,

$mik$  – skorygowana wartość współczynnika przyczepności uwzględniająca zmienną siłę pionowego obciążenia dynamicznego drogi  $Fz$ ,

$Fz$  - wartość pionowego nacisku dynamicznego koła pomiarowego na jezdnię zmierzona w 3 kanale T3 układu pomiarowego odniesiona do nacisku statycznego; czujnik  $FC3$ .

Każdy zestaw jest zaopatrzony w minimum 2 opony testowe. Jedną z nich jest oponą wzorcową, przygotowaną na dany sezon pomiarowy. Powinna być jednoznacznie oznakowana (np. *Opona wzorcowa 2015*). Opona wzorcowa jest skalowana w trakcie badań porównawczych. W ciągu sezonu służy ona tylko do wyznaczania poziomu odniesienia dla drugiej (i kolejnych) opony testowej – opony roboczej.

#### 6.4. Metoda przetwarzania wyników pomiarów

Ocenę przeprowadza się na podstawie wyników pomiarów współczynnik tarcia nawierzchni w odstępach co 100m.

Wartość pomierzonego współczynnika tarcia określa szorstkość nawierzchni na dwóch sąsiadujących odcinkach diagnostycznych.

Opis struktury plików z niezbędnymi danymi do przetwarzania wyników pomiarów szorstkości nawierzchni został szczegółowo opisany w załączniku H.

#### 6.5. Częstotliwość i terminy wykonywania badań weryfikacyjnych

Przedsezonowe badania porównawcze właściwości przeciwpoślizgowych przeprowadza się na wyznaczonym odcinku testowym przed rozpoczęciem sezonu pomiarowego. Końcowym rezultatem przedsezonowych badań porównawczych jest otrzymanie świadectwa dopuszczenia do wykonywania pomiarów (SDWP) w danym sezonie pomiarowym dla określonego zestawu. Szczegółowa procedura przeprowadzania badań porównawczych została zamieszczona w załączniku E3.

Sprawdzenia okresowe na własnym odcinku testowym należy wykonać bezpośrednio po przeprowadzonych przedsezonowych badaniach porównawczych, po zrealizowaniu całego zakresu pomiarowego ale przed badaniami kontrolnymi oraz po każdym wzorcowaniu opony, czyli nie rzadziej niż co 3000 punktów pomiarowych.

## 7. Pomiary ciągle właściwości przeciwpoślizgowych nawierzchni

### 7.1. Pojęcia podstawowe

**Urządzenie pomiarowe (zestaw pomiarowy):** urządzenie dynamometryczne o określonych cechach kinematycznych, konstrukcyjnych i funkcjonalnych, umożliwiające pomiar współczynnika tarcia podłużnego nawierzchni w warunkach stałego poślizgu koła pomiarowego równego 17,8%, z zastosowaniem określonego typu opony testowej zgodnej z zaleceniami PIARC.

**Pomiar ciągły współczynnika tarcia:** ustalony sposób pomiaru na pasie ruchu pojazdu z zachowaniem wymagań, wynikających z instrukcji obsługi urządzenia pomiarowego oraz odpowiednich procedur pomiarowych.

### 7.2. Metoda pomiaru

Zasady zawarte w niniejszym rozdziale dotyczą prowadzenia prac związanych z badaniami i oceną właściwości przeciwpoślizgowych.

Właściwości przeciwpoślizgowe nawierzchni określane są współczynnikiem tarcia. Wartości współczynnika tarcia należy wyznaczać na podstawie pomiarów w prawym lub w lewym śladzie kół. Pomiar wykonuje się z niepełną (17,8%) blokadą koła pomiarowego z oponą testową bezbieżnikową, przy temperaturze otoczenia od 5°C do 30°C, na czystej nawierzchni, zwilżanej wodą w ilości 0,5 mm grubości filmu wodnego pod kołem pomiarowym. Uzyskane wartości współczynnika tarcia rejestruje się z dokładnością do dwóch miejsc po przecinku.

Podczas badania zestawem pomiarowym TWO – Traction Watcher One rejestruje się dane o lokalizacji toru pomiarowego, przez podanie pikietaża/systemu referencyjnego i współrzędnych geograficznych.

#### 7.2.1. Zasady ogólne

Do wykonywania badań współczynnika tarcia może być wykorzystane tylko to urządzenie pomiarowe, które posiada aktualne świadectwo dopuszczające do pomiarów.

Wyniki pomiarów właściwości przeciwpoślizgowych należy uśrednić nie rzadziej niż co 10m. Długość odcinka podlegającego ocenie nie powinna być większa niż 1000m, a liczba pomiarów nie mniejsza niż 100.

W badaniach współczynnika tarcia należy stosować oponę zalecaną przez World Road Association PIARC bezbieżnikową o wymiarach 4.00x8 zgodnych z normą ASTM E 1551.

Tabela A.7. Wartości liczbowe do wymagań dla pomiaru współczynnika tarcia.

	Nazwa	Jednostka	Wymagany zakres
Współczynnik tarcia	Krok pomiarowy	[m]	10
	Dokładność pojedynczego pomiaru	[-]	≤0,01
	Typ opony pomiarowej	[-]	PIARC 4.00x8 ASTM E 1551
	Grubość filmu wodnego pod oponą	[mm]	0,5
	Prędkość	[km/h]	55-65
	Temperatura otoczenia	[°C]	5-30

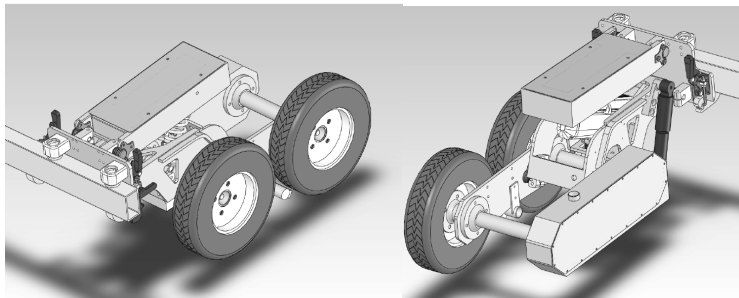
### 7.2.2. Zasady szczegółowe – instrukcja realizacji pomiarów.

Szczegółowe zasady wykonywania pomiarów urządzeniem TWO zamieszczono w załączniku nr D4.

### 7.3. Sprzęt pomiarowy

Do wykonywania badań współczynnika tarcia wykonywanych w ramach DSN na drogach krajowych należy stosować zestaw pomiarowy Traction Watcher One – TWO.

TWO jest **urządzeniem pomiarowym** służącym do pomiaru współczynnika tarcia nawierzchni w systemie ciągłym. Jest to konstrukcja mocowana do uchwyty na pojeździe holującym pozwalająca na przeprowadzenie badań w różnych śladach i z różnymi prędkościami pomiarowymi przy zadeklarowanym przyhamowaniu koła pomiarowego (17.8% - dla wersji 11-09-2014).



Rysunek A.11. Zestaw pomiarowy TWO

System pomiarowy TWO składa się z następujących elementów głównych:

- 1) dwukołowy układ pomiarowy zamontowany na przyczepce umożliwiający niepełne hamowanie koła pomiarowego (17.8 %),
- 2) system podawania wody pod oponę pomiarową (umożliwiający utrzymanie 0.5 mm filmu wodnego w trakcie pomiarów niezależnie od prędkości pomiaru),
- 3) zbiornik na wodę,
- 4) układ sterujący procesem badawczym (dozowanie wody dostosowane do prędkości pomiaru),
- 5) frontowa kamera cyfrowa umożliwiająca uzyskanie obrazów w formacie JPG,
- 6) dystansomierz zamontowany na przednim kole układu pomiarowego,
- 7) odbiornik GPS umożliwiający określenie lokalizacji pomiaru,
- 8) system komputerowy wraz z oprogramowaniem – komputerowa jednostka rejestrująca i przetwarzająca dane ze wszystkich urządzeń i czujników systemu o parametrach podzespołów i mocy obliczeniowej zapewniających płynne przetwarzanie danych pomiarowych.





Fot. A.5. Samochód pomiarowy z zamontowanymi elementami składowymi systemu TWO

#### **7.4. Metoda przetwarzania wyników pomiarowych**

Ocenę przeprowadza się na podstawie wyników pomiarów współczynnik tarcia nawierzchni w odstępach co 10m.

Średnia wartość pomierzonych współczynników tarcia na pięciu kolejnych odcinkach 10m określa właściwości przeciwpoślizgowe nawierzchni na odcinku diagnostycznym.

Opis struktury plików z niezbędnymi danymi do przetwarzania wyników pomiarów szorstkości nawierzchni został szczegółowo opisany w załączniku H.

#### **7.5. Częstotliwość i terminy wykonywania badań weryfikacyjnych**

Sprawdzenia okresowe na własnym odcinku testowym należy wykonać zgodnie z załącznikiem F4.

### **8. Automatyczna ocena uszkodzeń nawierzchni (stan spękań, stan powierzchni)**

#### **8.1. Pojęcia podstawowe**

**Stan spękań:** cecha górnych warstw konstrukcyjnych nawierzchni, charakteryzująca stopień ich nieciągłości, stanowiąca przesłankę do określenia utraty nośności nawierzchni.

**Stan powierzchni:** cecha nawierzchni charakteryzująca spójność tworzywa warstwy ścieralnej nawierzchni.

**Zakres występowania uszkodzeń:** miara uszkodzeń na inwentaryzowanym odcinku drogi.

**Stopień szkodliwości uszkodzeń:** jakościowa ocena inwentaryzowanych uszkodzeń.

**Odcinek pomiarowy:** odcinek drogi, dla którego wykonano automatyczną ocenę wizualną uszkodzeń/napraw nawierzchni. Odcinek pomiarowy posiada długość 1 km, na początku i na końcu drogi może mieć długość od 500 do 1499 m.

**Automatyczna ocena wizualna nawierzchni:** wskaźnikowa ocena stanu spękań i stanu powierzchni nawierzchni odcinka drogi o dowolnej długości, na podstawie obmiaru uszkodzeń nawierzchni występujących na całej długości tego odcinka.

**Siatka pomiarowa:** wirtualna siatka dzieląca zdjęcie w sposób prostokątny na kwadraty o wielkości 25x25cm.

**Zdjęcie pomiarowe:** zdjęcie nawierzchni drogi z zaznaczonymi uszkodzeniami pokrywające fragment pojedynczego pasa ruchu o długości 10m

**Zdjęcia identyfikacyjne:** zdjęcie nawierzchni drogi z zaznaczonymi uszkodzeniami pokrywające fragment pojedynczego pasa ruchu o długości 10m wraz z wizualizacją siatki pomiarowej oraz zaznaczeniem pól posiadających zidentyfikowane uszkodzenia

**Ocena automatyczna nawierzchni:** metoda oceny polegająca na zarejestrowaniu obrazu pasa ruchu przy pomocy kamer 3D a następnie na automatycznej analizie danych w celu identyfikacji uszkodzeń nawierzchni takich jak: spękania, wyboje, ubytki powierzchniowe

**Wskaźnik ubytków (Ravelling Index):** wskaźnik określający zakres występowania ubytków powierzchniowych (ziaren lub lepiszcza) w pojedynczym polu siatki pomiarowej. Wyznaczany jest jako objętość brakującego materiału (kruszywa lub lepiszcza asfaltowego), wyrażona w [cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>], przy pomocy symulacji obliczeń objętości powietrza (z ang. Air Void Content – AVC) z uwzględnieniem porowatości nawierzchni (z ang. Road Porosity Index – RPI).

## 8.2. Metoda automatycznej oceny nawierzchni

W związku brakiem w GDDKiA zasobów sprzętowych umożliwiających realizację automatycznych pomiarów uszkodzeń/ napraw nawierzchni opisane w tym fragmencie dokumentu urządzenie i zasady pomiaru zostały opracowane z wykorzystaniem doświadczeń zdobytych podczas zleceń tego typu badań przez Oddział GDDKiA w 2014r.

Automatyczna ocena stanu nawierzchni opiera się na wykonaniu wysokiej rozdzielczości obrazu 3D nawierzchni drogowej. Specjalistyczne, szybkoklatkowe kamery rejestrują obraz nawierzchni pasa drogowego wraz z obrazem linii laserowej wygenerowanej przy pomocy projektorów laserowych. W wyniku zastosowania takiej techniki powstaje obraz 3D, który służy do automatycznych analiz ukierunkowanych na wykrywanie uszkodzeń nawierzchni (w tym ich szerokości i głębokości, jeśli dotyczy).



Rysunek A.12. Zestaw do pomiaru spękań nawierzchni oraz widok ogólnej zasady działania systemu

### Minimalne wymagania dla systemu pomiarowego:

- częstotliwość próbkowania: 5600 lub 11200 profili/s;
- prędkość pomiarowa: 10-100km/h;
- odstęp między profilami: 1-5mm (konfigurowalne);
- szerokość pomiarowa: 4m;
- rozdzielczość pozioma: 4096 punktów/profil;
- głębokość płaszczyzny pomiarowej: 250mm (konfigurowalne);
- dokładność odczytu: 0.5mm;
- ilość kamer w zestawie: 2;
- możliwość pomiaru w dzień lub w nocy;
- rozdzielczość zdjęć z kamery przedniej min.: 1280x960px.



Rysunek A.13. Elementy urządzenia pomiarowego

Pomiar odbywa się z prędkością 10-100km/h, co przy częstotliwości 5.6-11.2kHz pozwala rejestrować profile z interwałem 5mm. Przekroczenie prędkości 100km/h może skutkować błędami w danych wynikającymi z pominięcia pomiaru niektórych profili. Pomiar może się odbywać w temperaturze powietrza: 0-40°C. Nawierzchnia musi być całkowicie sucha aby zagwarantować najwyższą możliwą dokładność pomiaru. System musi posiadać magazyn dyskowy o dużej pojemności. Surowe dane dla 1km to ok 2GB dla interwału profili 5mm.

Tabela A.8. Wartości liczbowe do wymagań dla pomiaru automatycznej oceny wizualnej uszkodzeń nawierzchni

	Nazwa	Jednostka	Wymagany zakres
Automatyczna ocena nawierzchni	Krok pomiarowy (profil)	[mm]	5
	Krok pomiarowy (zdjęcie)	[m]	10
	Rozdzielczość pozioma (profil)	[mm]	1
	Dokładność pojedynczego pomiaru	[mm]	0,5
	Prędkość pomiaru	[km/h]	≤100
	Temperatura otoczenia	[°C]	0-40

## 8.3. Inwentaryzacja uszkodzeń/napraw nawierzchni

### 8.3.1. Założenia

Ocena automatyczna odbywa się w oparciu o inwentaryzację wymienionych niżej rodzajów uszkodzeń nawierzchni:

Tabela A.9. Identyfikowane uszkodzenia nawierzchni

<b>Inwentaryzacja uszkodzeń</b>	Pęknięcia siatkowe	identyfikowane automatycznie
	Pęknięcia pojedyncze – podłużne, w tym uszkodzenia krawędzi	identyfikowane automatycznie
	Pęknięcia pojedyncze - poprzeczne	identyfikowane automatycznie
	Łaty	identyfikowane półautomatycznie z materiału zdjęciowego
	Wyboje	identyfikowane automatycznie
	Ubytki ziaren	identyfikowane automatycznie

Stan uszkodzeń określa się:

- a) stopniem szkodliwości (w zastosowaniu do pęknięć i łat):
  - M – małym;
  - D – dużym.
- b) zakresem występowania w:
  - [m] (długość);
  - [m<sup>2</sup>] (powierzchnia).

Dla uszkodzeń typu pęknięcia siatkowe, pęknięcia pojedyncze i łaty wyznacza się ocenę w oparciu o ich zakres oraz stopień szkodliwości. Dla uszkodzeń typu wyboje oraz ubytki ziaren wyznacza się ocenę w oparciu o ich zakres.

Zakres uszkodzeń obliczany jest w sposób automatyczny dla każdego zdjęcia pomiarowego dzieląc zdjęcie wirtualną siatką pomiarową o wielkości pola 25x25cm. Każde pole siatki pomiarowej posiada powierzchnię 0,0625m<sup>2</sup> oraz długość 0,25m. Wielkości te wyznaczają zakresy uszkodzeń występujących w obrębie pola.

### 8.3.2. Opis uszkodzeń/napraw

**Pęknięcia siatkowe** – wzajemnie przecinające się, nieregularnie rozmieszczone, poprzeczne, podłużne i ukośne pęknięcia warstwy bitumicznej, dzielące jej powierzchnię na wieloboki. Także nawierzchnie frezowane, otwarte na erozję w okresie zimowym.

- a) szkodliwość:
  - mała – pęknięcia o szerokości do 3 mm;
  - duża – pęknięcia o szerokości powyżej 3 mm;
- b) zakres – suma powierzchni pól siatki pomiarowej, dla których uszkodzenie zostało zidentyfikowane, wyrażana w m<sup>2</sup>, obliczana oddzielnie dla każdego stopnia szkodliwości, dla jednego zdjęcia pomiarowego.

#### **Pęknięcia pojedyncze**

**podłużne** – przebiegające prosto lub krzywoliniowo pojedyncze pęknięcia warstwy bitumicznej o kierunku równoległym lub ukośnym do osi jezdni, w tym również nieszczelne spojenia technologiczne,

**poprzeczne** – przebiegające prosto lub krzywoliniowo pojedyncze pęknięcia warstwy bitumicznej o kierunku prostopadłym do osi jezdni.

- a) szkodliwość:
  - mała – pęknięcia o szerokości do 3 mm;
  - duża – pęknięcia o szerokości powyżej 3 mm;

- b) zakres – suma długości pól siatki pomiarowej, dla których uszkodzenie zostało zidentyfikowane, wyrażana w m, obliczana oddzielnie dla każdego stopnia szkodliwości, dla jednego zdjęcia pomiarowego.

**Łaty** – miejsca nawierzchni, na których dokonano wymiany nawierzchni, uzupełnienia ubytków, wypełnienia zapadnięć lub naprawy wybojów.

- a) szkodliwość  
mała – łata, na powierzchni której nie występują żadne pęknięcia lub występujące pęknięcia (pojedyncze lub siatkowe) pokrywają do 20% powierzchni łaty;  
duża – łata, na powierzchni której występują pęknięcia (pojedyncze lub siatkowe) pokrywają więcej niż 20% powierzchni łaty;
- b) zakres – wyznaczany łącznie dla uszkodzeń typu łaty i wyboje. Suma powierzchni pól siatki pomiarowej, dla których uszkodzenie zostało zidentyfikowane, wyrażana w m<sup>2</sup>, obliczana oddzielnie dla każdego stopnia szkodliwości, dla jednego zdjęcia pomiarowego. Do powierzchni łat o dużej szkodliwości dodawana jest powierzchnia wybojów.

**Wyboje** – miejsce nawierzchni, gdzie występuje ubytek masy warstwy jezdnej na głębokości większej niż grubość warstwy ścieralnej.

- a) szkodliwość – nie określa się;
- b) zakres – suma powierzchni pól siatki pomiarowej, dla których uszkodzenie zostało zidentyfikowane, wyrażana w m<sup>2</sup>, obliczana dla jednego zdjęcia pomiarowego.

**Ubytki ziaren lub lepiszcza** – miejsca nawierzchni, na których nastąpił ubytek materiału warstwy ścieralnej bez naruszenia warstw niżej leżących. Do uszkodzeń tego typu zaliczają się również ubytki powierzchniowe dla których wartość RI (wskaźnik ubytków) jest wyższa niż 20.

- a) szkodliwość – nie określa się;
- b) zakres – suma powierzchni pól siatki pomiarowej, dla których uszkodzenie zostało zidentyfikowane, wyrażana w m<sup>2</sup>, obliczana dla jednego zdjęcia pomiarowego.

### 8.3.3. Przebieg inwentaryzacji uszkodzeń

Inwentaryzacja uszkodzeń przebiega w dwóch etapach:

1. Rejestracja obrazu 3D nawierzchni pasa ruchu;
2. Identyfikacja uszkodzeń
  - a. Automatyczna identyfikacja spękań i ubytków;
  - b. Półautomatyczna identyfikacja łat.

Rejestracja obrazu 3D nawierzchni pasa ruchu wykonywana jest z wykorzystaniem pojazdu pomiarowego wyposażonego w kamery 3D, kamerę poglądową, odbiornik GPS oraz czujnik pomiaru długości. Kamery 3D zainstalowane są z tyłu pojazdu i rejestrują obraz 3D pasa ruchu w sposób ciągły dzieląc obraz nawierzchni na odcinki o długości 10m. Kamera poglądowa zainstalowana jest z przodu pojazdu i rejestruje obraz pasa drogowego z interwałem 10m. Odbiornik GPS umożliwia rejestrację współrzędnych geograficznych położenia pojazdu z częstotliwością nie mniejszą niż 1Hz oraz dokładnością 1m. Czujnik pomiaru długości zainstalowany jest na kole pojazdu, na osi nie będącej osią napędową. System pomiaru długości musi posiadać opcję kalibracji w celu dostosowania pomiarów do panujących na drodze warunków.

Pojazd, z którego wykonywany jest pomiar powinien być wyposażony w niezbędne oznakowanie zgodnie z obowiązującym zarządzeniem. Pojazd podczas pomiarów

powinien poruszać się z prędkością powyżej 60km/h z zachowaniem zasad ruchu drogowego – w tym ograniczeń prędkości na wybranych odcinkach.

Automatyczna identyfikacja spękań i ubytków odbywa się z wykorzystaniem komputerów i specjalistycznego oprogramowania na podstawie danych zarejestrowanych w terenie. W sposób automatyczny zostają zidentyfikowane uszkodzenia wraz z parametrami opisowymi:

- pęknięcia podłużne (położenie na zdjęciu 10m, głębokość i szerokość),
- pęknięcia poprzeczne (położenie na zdjęciu 10m, głębokość i szerokość),
- pęknięcia siatkowe (położenie na zdjęciu 10m, głębokość i szerokość),
- wyboje (położenie na zdjęciu 10m, głębokość),
- ubytki powierzchniowe (położenie na zdjęciu 10m, parametr RI).

Półautomatyczna identyfikacja łat odbywa się z wykorzystaniem materiału zdjęciowego (zdjęcie nawierzchni i zdjęcie pogładowe). W wyniku identyfikacji otrzymuje się położenie łaty na zdjęciu 10m w postaci współrzędnych narożników prostokąta reprezentującego zidentyfikowaną łatę.

Przykłady plików ze zdjęciami oraz Katalog uszkodzeń nawierzchni asfaltowych zamieszczono w załączniku L.

#### **8.4. Kontrola własna pomiarów w ramach kampanii pomiarowej**

Istotnym elementem procesu zapewnienia jakości automatycznych pomiarów uszkodzeń/napraw nawierzchni przy pomocy specjalistycznego urządzenia jest kontrola własna, realizowana regularnie przez wykonawcę pomiarów. Kontrola własna polega na cyklicznym powtarzaniu pomiarów na wybranych odcinkach dróg i na porównaniu uzyskanych wyników (badanie tzw. powtarzalności pomiarów w rozumieniu normy ISO 5725-2:2002).

Kontrolę własną pomiarów należy prowadzić według następującego schematu:

- wykonawca powinien dokonać cyklicznych pomiarów co najmniej 1 raz na każde 5 dni pomiarowych, na co najmniej jednym odcinku kontrolnym o długości nie mniejszej niż 1000m,
- do przeprowadzenia kontroli własnej wykonawca używa wyników z dwóch pomiarów:
  - o pomiar referencyjny (może to być jednocześnie pomiar rutynowy),
  - o pomiar powtórny kontroli własnej wykonany zaraz po pomiarze referencyjnym,
- w celu oceny powtarzalności pomiarów przeprowadzone zostają następujące obliczenia dla różnic wartości wskaźników stanu spękań i stanu powierzchni wyznaczonych dla odcinków diagnostycznych:
  - o wyznaczenie średniej różnic ( $r$ ),
  - o wyznaczenie odchylenia standardowego różnic ( $\sigma$ ),
  - o porównanie średniej i odchylenia standardowego różnic z określonymi tolerancjami, to jest  $r=10$  i  $\sigma=20$ .

uwaga: wartości progowe należy zweryfikować w ramach szczegółowych badań z uwzględnieniem wyników kontroli własnej prowadzonej w kolejnych kampaniach pomiarowych

Wyniki pomiarów kontroli własnej muszą być zapisywane i w razie konieczności udostępniane zamawiającemu.

## 9. Pomiary właściwości oznakowania poziomego nawierzchni

### 9.1. Pojęcia podstawowe

**Współczynnik luminancji retrorefleksyjnej (RL):** iloraz luminancji  $L$  powierzchni oznakowania drogowego w kierunku obserwacji i luminancji  $E_{\perp}$  powierzchni prostopadłej względem kierunku padającego światła (tzw. widzialność w nocy) [41].

**Współczynnik luminancji przy oświetleniu rozproszonym (Qd):** iloraz luminancji powierzchni oznakowania drogowego w określonym kierunku i iluminacji tej powierzchni (tzw. widzialność w dzień) [41].

**Wartość odporności na poślizg (SRT):** jakość odporności na poślizg mokrej powierzchni zmierzonej w oparciu o tarcie gumowego suwaka o tę powierzchnię przy niskiej prędkości [41].

**Oznakowanie poziome:** znaki drogowe poziome, umieszczone na nawierzchni w postaci linii ciągłych lub przerywanych, pojedynczych lub podwójnych, strzałek, napisów, symboli oraz innych linii związanych z oznaczeniem określonych miejsc na tej nawierzchni [11].

**Oznakowanie cienkowarstwowe:** nakładane warstwą grubości od 0,3 [mm] do 0,89 [mm], mierzoną na mokro [11].

**Oznakowanie grubowarstwowe:** nakładane warstwą grubości od 0,9 [mm] do 3,5 [mm]. Dla linii strukturalnych i profilowanych grubość linii może wynosić do 5 [mm] [11].

**Mobilne urządzenie pomiarowe:** odpowiednie do badań w sposób ciągły oznakowania poziomego urządzenie składające się z trzech elementów [11]:

- a. systemu mobilnego dla danych i akwizycji obrazu (samochód, kamery itp.),
- b. oprogramowania do badań oraz pozycjonowania,
- c. oprogramowania do analizy.

### 9.2. Metoda pomiaru

Zasady zawarte w niniejszym rozdziale dotyczą prowadzenia prac związanych z badaniami i oceną właściwości oznakowania poziomego dróg. Ustalenia zawarte w wytycznych dotyczą zasad prowadzenia prac związanych z badaniami i oceną właściwości oznakowania poziomego dróg.

Podczas badania rejestruje się dane o lokalizacji toru pomiarowego, przez podanie pikietaża/systemu referencyjnego i współrzędnych geograficznych.

#### 9.2.1. Zasady ogólne

Pomiar w ramach DSN należy wykonywać na drogach krajowych klasy A i S oraz w szczególnych przypadkach GP na każdej głównej linii oznakowania poziomego (krawędziowa zewnętrzna - prawa, krawędziowa wewnętrzna - lewa, linia/e osiowa/e) urządzeniem, które jest w pełni sprawne, odpowiednio skalibrowane oraz dopuszczone do wykonywania pomiarów. Prędkość z jaką należy wykonywać pomiar nie może przekraczać 90 km/h.

W przypadku dróg dwujezdniowych pomiar należy wykonać urządzeniem pomiarowym zamontowanym na pojeździe pomiarowym z prawej lub lewej strony dla wewnętrznych pasów ruchu oraz z prawej strony dla pasów ruchu innych niż wewnętrzne. W przypadku dróg jedno-jezdniowych pomiar należy wykonać urządzeniem pomiarowym

zamontowanym na pojeździe pomiarowym tak aby oznaczenie oznakowania poziomego zlokalizowanego w osi jezdni przypisane zostało do pasa z rosnącym pikietażem.

Tabela A.10. Wartości liczbowe do wymagań dla pomiaru właściwości oznakowania poziomego

	Nazwa	Jednostka	Wymagany zakres
właściwości oznakowania poziomego	Krok pomiarowy	[m]	≤ 1
	Zakres pomiarowy współczynnika $R_L$	[mcd*m <sup>-2</sup> *lx <sup>-1</sup> ]	od 0 do ≥ 2000
	Częstotliwość miernika odbicia światła	[kHz]	≥ 15
	Prędkość pomiaru	[km/h]	≤ 90
	Temperatura otoczenia	[°C]	0 - 40

### 9.2.2. Zasady szczegółowe - instrukcja realizacji pomiarów

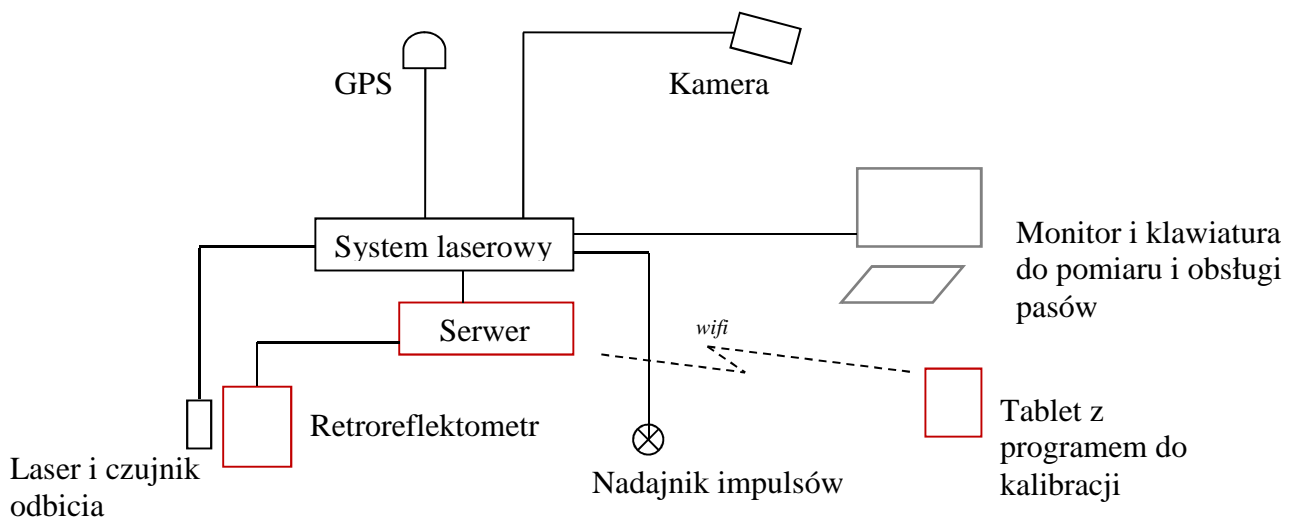
Zasady szczegółowe związane z realizacją pomiarów określające między innymi: instalację i uruchomienie systemu pomiarowego, kalibrację, pomiar, opisuje instrukcja obsługi urządzenia pomiarowego stanowiąca załącznik nr D5.

### 9.3. Sprzęt pomiarowy

Do wykonywania pomiarów właściwości oznakowania poziomego dróg wykonywanych w ramach DSN na drogach krajowych klasy A, S i GP należy stosować mobilne urządzenia pomiarowe RMT (Road Marking Tester), w których system pomiarowy składa się z następujących elementów głównych:

- retroreflektometr – umożliwiający pomiar współczynnika  $R_L$  w sposób ciągły w trakcie jazdy w zakresie od 0 do co najmniej 2000 [mcd\*m<sup>-2</sup>\*lx<sup>-1</sup>] na polu pomiarowym 1x1[m],
- czujnik laserowy do pomiaru tekstury oznakowania, umożliwiający pomiar parametru MPD oznakowania poziomego zgodnie z [40],
- miernik odbicia światła o częstotliwości co najmniej 15 [kHz],
- frontowa kamera cyfrowa umożliwiająca uzyskanie obrazów w formacie JPG,
- dystansomierz zamontowany na kole pojazdu pomiarowego,
- system prowadzenia operatora dla zapewnienia prawidłowej pozycji bocznej na drodze, bazujący na zewnętrznej bocznej kamerze z wyświetlaczem ekranowym. System umożliwiający wykrywanie pomiarów na i poza linią oznakowania poziomego,
- odbiornik GNSS (Global Navigation Satellite System) umożliwiający określenie lokalizacji pomiaru,
- system komputerowy wraz z oprogramowaniem – komputerowa jednostka rejestrująca i przetwarzająca dane ze wszystkich urządzeń i czujników systemu o parametrach podzespołów i mocy obliczeniowej zapewniających płynne przetwarzanie wszelkich danych pomiarowych.





Rysunek A.14. Elementy składowe systemu pomiarowego [14]



Fot. A.6. Samochód pomiarowy z zamontowanymi elementami składowymi systemu typu RMT 2.0.

Dopuszcza się stosowanie równoważnej wiarygodnej aparatury pomiarowej jeśli dysponuje ona świadectwem walidacji dla mierzonych parametrów (cechy geometryczne przyrządu pomiarowego wykorzystywanego do pomiaru odbłaskowości powinny być zgodne z normą PN-EN 1436:2008) oraz posiada możliwość do jednoczesnego określania trzech wartości właściwości fizycznych oznakowania poziomego:  $R_L$ ,  $Q_d$  i SRT.

Pojazd, z którego wykonywany jest pomiar powinien być wyposażony w niezbędne oznakowanie zgodnie z obowiązującym zarządzeniem.

Opis struktury plików z niezbędnymi danymi do przetwarzania wyników pomiarów wartości właściwości fizycznych oznakowania poziomego nawierzchni został szczegółowo opisany w załączniku H.

#### 9.4. Częstotliwość i terminy wykonywania badań weryfikacyjnych

W ramach programu zapewnienia jakości należy wykonywać:

- sprawdzenie bieżące sprawności technicznej elementów pomiarowych systemu RMT;
- kalibracje podstawowych elementów pomiarowych systemu RMT;
- pomiary porównawcze przedsezonowe;
- okresowe kontrolne pomiary na własnych odcinkach testowych;

Sprawdzenie bieżące elementów pomiarowych systemu RMT należy wykonywać codziennie - przed serią pomiarów w trakcie trwania kampanii pomiarowej DSN.

Kalibracje podstawowych elementów pomiarowych systemu RMT (reflektometr, lampa błyskowa) należy przeprowadzać zgodnie z odpowiednimi procedurami producenta zawartymi w instrukcji obsługi zawartej w załączniku nr D5.

Pomiary porównawcze przedsezonowe należy przeprowadzić w oparciu o procedurę zawartą w załączniku E5.

Okresowe kontrolne pomiary na własnych odcinkach testowych należy przeprowadzić w trakcie kampanii pomiarowej w oparciu o procedurę zawartą w załączniku nr F5, a ich ilość należy uzależnić od między innymi czasu trwania kampanii pomiarowej oraz długości odcinków pomiarowych – jednak nie mniej jak jeden raz w trakcie trwania kampanii pomiarowej DSN.