Moduł D4

Pomiary i ocena jakości geometrycznej toru

Warunki techniczne utrzymania nawierzchni na liniach kolejowych Id-1

SPIS TREŚCI

§ 1. Postanowienia wprowadzające 3
§ 2. Ogólne zasady oceny geometrii toru 4
§ 3. Parametry podstawowe 6
§ 4. Ocena progowa jakości geometrycznej toru 10
§ 5. Koincydencja parametrów podstawowych 11
§ 6. Działania konieczne w przypadku przekroczenia progu U3 lub U4 14
§ 7. Monitorowanie zmian stanu toru – próg U1 15
§ 8. Częstotliwość pomiarów 16
§ 9. Dokumentacja oceny jakości geometrycznej toru 17
§ 10. Przepisy końcowe 18

§ 1.

Postanowienia wprowadzające

1. W module zostały podane podstawowe parametry wykorzystywane do oceny położenia toków szynowych oraz wartości odchyłek dopuszczalnych dla tych parametrów stosowane w ramach standardowego cyklu utrzymania linii kolejowych.
2. Przy ich opracowaniu, uwzględniono następujące uregulowania:
   [1] Rozporządzenie Komisji (UE) Nr 1299/2014 z dnia 18 listopada 2014 r. dotyczące technicznych specyfikacji interoperacyjności podsystemu „Infrastruktura” systemu kolei w Unii Europejskiej (Dz.U. L 356 z 12.12.2014, s. 1, ze zm.);
   [2] PN-EN 13848 – 1:2019 Kolejnictwo – Tor. Jakość geometryczna toru – Część 1: Charakterystyka geometrii toru;
   [3] PN-EN 13848 – 2:2006 Kolejnictwo – Tor. Jakość geometryczna toru – Część 2: Systemy pomiarowe. Pojazdy do pomiarów toru;
   [4] PN-EN 13848 – 3:2009 Kolejnictwo – Tor. Jakość geometryczna toru – Część 3: Systemy pomiarowe. Maszyny do budowy i utrzymania toru;
   [5] PN-EN 13848 – 4:2012 Kolejnictwo – Tor. Jakość geometryczna toru – Część 4: Systemy pomiarowe. Urządzenia lekkie i ręczne;
   [6] PN-EN 13848 – 5:2017 Kolejnictwo – Tor. Jakość geometryczna toru – Część 5: Poziomy jakości geometrycznej. Szlak;
   [7] PN-EN 13848 – 6:2014 Kolejnictwo – Tor. Jakość geometryczna toru – Część 6: Charakterystyka jakości geometrycznej toru;
   [8] PN-EN 14363:2019 Kolejnictwo – Badania właściwości dynamicznych pojazdów szynowych przed dopuszczeniem do ruchu. Badanie właściwości biegowych i próby stacjonarne.
3. Prawidłowe położenie toków szynowych (w granicach odchyłek dopuszczalnych) jest istotne dla ruchu kolejowego w szczególności z uwagi na zapewnienie:
   1) wymaganego poziomu bezpieczeństwa (próg U4);
   2) trwałości elementów nawierzchni kolejowej;
   3) komfortu pasażerów;
   4) ograniczonych oddziaływań na przewożone ładunki.
4. Wymagany poziom bezpieczeństwa osiągany jest poprzez:
   1) zminimalizowanie prawdopodobieństwa wystąpienia zdarzenia niebezpiecznego – poprzez usuwanie wadliwości lub zastosowanie innych dostępnych środków;
   2) zminimalizowanie skutków wystąpienia zdarzenia niebezpiecznego – poprzez wprowadzanie ograniczeń eksploatacyjnych lub zastosowanie innych dostępnych środków.

§ 2.

Ogólne zasady oceny geometrii toru

1. Ocena położenia toków szynowych wykonywana jest w celu sprawdzenia dokładności geometrycznej toru – tzw. „jakości geometrycznej toru” (ang. *track geometry quality*).
2. Do oceny położenia toków szynowych wykorzystuje się:
   1) pomiary i obliczenia podstawowych parametrów charakteryzujących położenie toków szynowych:
      a) szerokości toru,
      b) średniej szerokości toru,
      c) różnic wysokości toków szynowych (przechyłka),
      d) wichrowatości toru oraz współczynnika wichrowatości bazowej,
      e) nierówności poziomych toków szynowych,
      f) nierówności pionowych toków szynowych;
   2) wartości odchyleń standardowych oraz syntetycznego wskaźnika stanu toru „J”;
   3) pomiary parametrów dodatkowych:
      a) położenie toru w płaszczyźnie poziomej i pionowej w odniesieniu do znaków regulacji osi toru,
      b) pomiar strzałek na 10 metrowej cięciwie wraz z obliczeniem różnic sąsiednich strzałek.
3. Pomiary parametrów podstawowych dla torów szlakowych i głównych zasadniczych należy przeprowadzać w sposób ciągły[1]: pojazdami pomiarowymi, toromierzami mikroprocesorowymi lub innym sprzętem pomiarowym dopuszczonym do stosowania przez zarządcę infrastruktury.
4. Zaleca się wykonywać pomiary pod obciążeniem, z zastrzeżeniem wskazanym w § 4 ust. 7 oraz § 8 tabela 6.
5. Przez pomiar pod obciążeniem rozumie się pomiar z wykorzystaniem pojazdu pomiarowego o nacisku osi większym bądź równym 5 t/oś (~ 49 kN/oś), bądź inną metodę zapewniającą obciążenie toru nie mniejsze od wyżej wymienionego.
6. Oceny stanu toru dokonuje się poprzez porównanie zarejestrowanych wyników pomiarów poszczególnych parametrów z wartościami nominalnymi.
7. Ocenę stanu toru wykonuje się dla maksymalnej prędkości z jaką może poruszać się pojazd szynowy na danym odcinku linii kolejowej (określonej w bazie POS),

[1] Pomiar ciągły – pomiar, w którym kolejne wartości mierzonego parametru rejestrowane są w stałym odstępie drogi (krok pomiarowy) nieprzekraczającym 0,5 m.

przy czym odchyłki dopuszczalne kontrolowalnych parametrów zostały podzielone wg klas prędkości wskazanych w tabeli 1.

Tabela 1 Klasy prędkości dla pojazdów szynowych

Klasa prędkości	**Maksymalna prędkość pociągu [km/h]**
P7	200 < V ≤ 250
P6	160 < V ≤ 200
P5	120 < V ≤ 160
P4	80 < V ≤ 120
P3	60 < V ≤ 80
P2	40 < V ≤ 60
P1	V ≤ 40

Uwaga: Przy ocenie stanu toru nie uwzględnia się czasowych ograniczeń prędkości.

8. Wynik różnicy dwóch wartości mierzonych (np. wichrowatości toru), wartości średnie (np. średnia szerokość toru) oraz odchylenia standardowe (np. odchylenie standardowe nierówności pionowych), obliczane dla odcinków o określonej długości, należy podawać w punkcie stanowiącym środek bazy pomiarowej lub środek odcinka przyjętego do obliczeń (rysunek 1).



Rysunek 1 Punkt umieszczenia pomiaru wykonywanego na bazie lub odcinku o określonej długości

9. Dla ustalenia dopuszczalnych prędkości oraz nacisków osi na określonych odcinkach eksploatowanego toru, można posługiwać się systemami wspomagania decyzji.

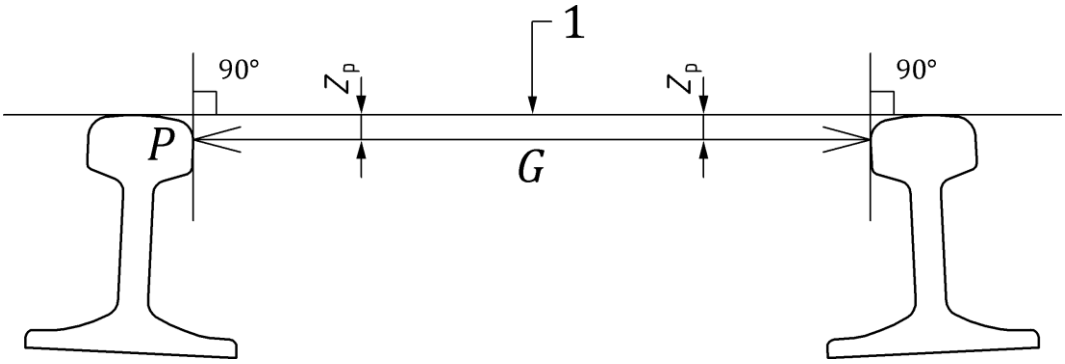
10. Oprócz przedstawionych zasad i metod ocen parametrów pomiarowych zawartych w niniejszym Module, zamieszczane są również w ramach wsparcia i doskonalenia materiały informacyjne na Forum diagnostycznym w Bazie Danych Diagnostycznych (BDD).

11. Wszelkie błędy dotyczące prawidłowego wgrania danych pomiarowych i działania wszystkich funkcjonalności oprogramowania w BDD należy bezzwłocznie zgłaszać na Forum w bazie BDD.

§ 3.

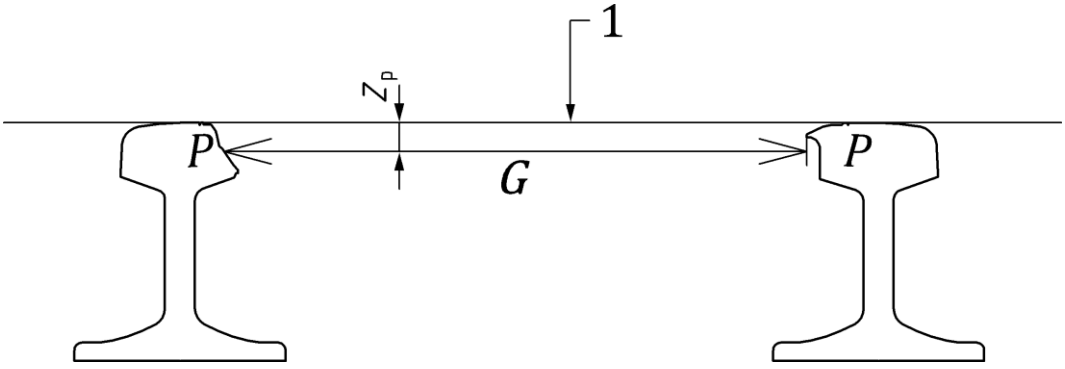
Parametry podstawowe

1. Parametry podstawowe określające położenie toków szynowych w płaszczyźnie poziomej to:
   1) **Szerokość toru „G”** – rysunek 2 – jest to najmniejsza odległość (G) pomiędzy tokami szynowymi, znajdująca się pomiędzy powierzchnią toru (1), a punktem (P) położonym 14 mm poniżej tej powierzchni (z_p). Szerokość toru jest zawsze określana równolegle do powierzchni toru;



Rysunek 2 Graficzna interpretacja pomiaru szerokości toru [2]

Uwaga 1: W przypadku występowania zużycia szyn, punkty pomiaru (P) mogą znajdować się na różnych wysokościach, mieszczących się w zakresie od 0 do 14 mm poniżej powierzchni toru (1) (rysunek 3).



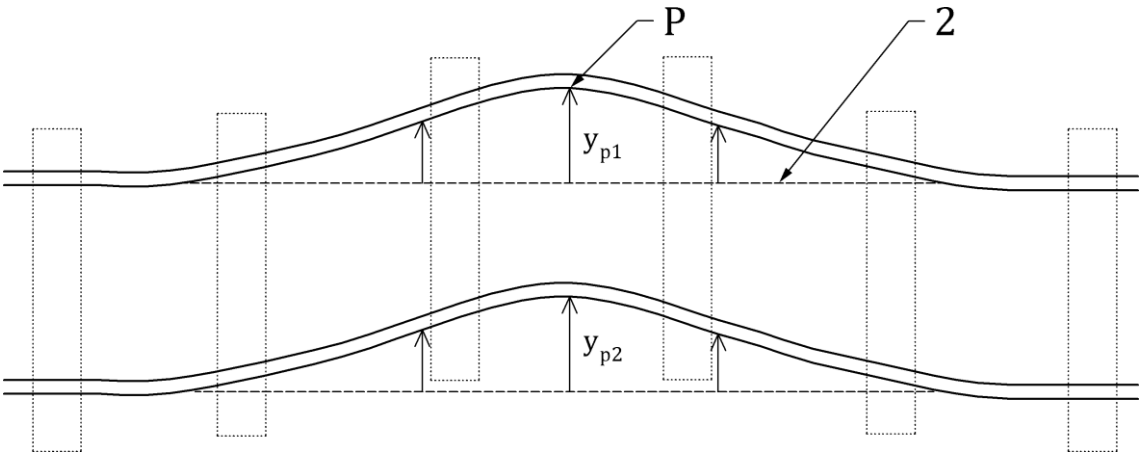
Rysunek 3 Graficzna interpretacja pomiaru szerokości toru, przy występującym zużyciu szyn [2]

Uwaga 2: Wartość szerokości toru uzyskana podczas pomiaru uwzględnia nominalne poszerzenie toru występujące na łukach o promieniu R < 250 m oraz zużycie boczne szyn.

Uwaga 3: Dla pomiaru szerokości toru przyjęto następującą konwencję znaków:

a) minus (-) oznacza zwężenie toru,
b) plus (+) oznacza poszerzenie toru.

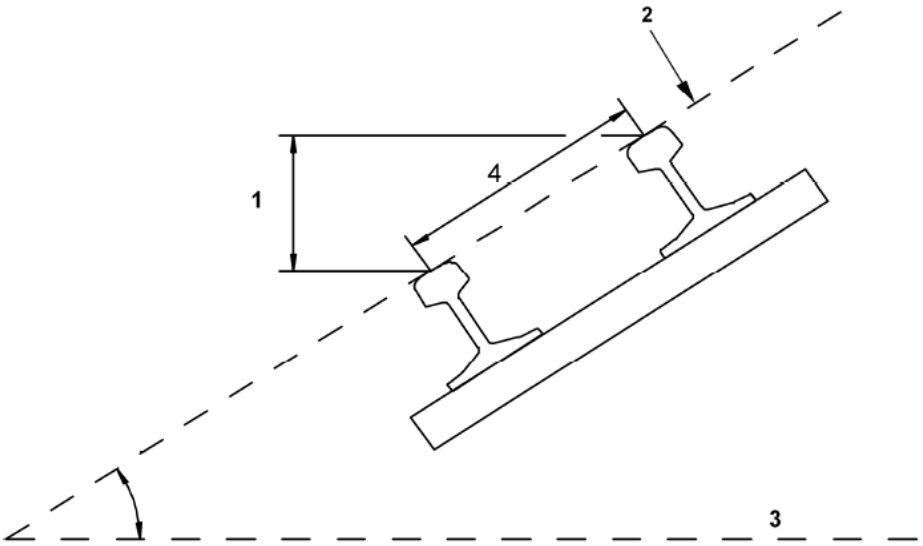
2) **Średnia szerokość toru „$\widehat{G}$”** – wtórny (obliczany) parametr toru kolejowego. Określa minimalną średnią wartość szerokości (zwężenie) toru na odcinku o długości 100 m;
3) **Nierówności poziome toku szynowego „A”** – rysunek 4 – jest to mierzone, w punkcie (P) znajdującym się w odległości 14 mm poniżej powierzchni toru, odchylenie poziome szyn (y_{p1}, y_{p2}) od przyjętej linii odniesienia (2). Nierówności poziome określane są niezależnie dla lewego (AL) i prawego toku szynowego (AP).



Rysunek 4 Graficzna interpretacja pomiaru nierówności poziomych toków szynowych [2]

Uwaga: Metody pomiaru nierówności poziomych opisano w załączniku nr 3.

2. Parametry podstawowe określające położenie toków szynowych w płaszczyźnie pionowej to:
   1) **Przechyłka „D”** – rysunek 5 – określana jako różnica wysokości toków szynowych w jednym przekroju toru, w płaszczyźnie pionowej (1). Przechyłkę oblicza się z relacji występującej w trójkącie prostokątnym pomiędzy kątem utworzonym przez powierzchnię toru (2) i poziomą płaszczyznę odniesienia (3), a przeciwprostokątną stanowiącą rozstaw szyn (4) wynoszący 1500 mm dla torów o nominalnej szerokości 1435 mm;



Rysunek 5 Graficzna interpretacja pomiaru przechyłki [2]

Uwaga 1: Wartości dopuszczalne odchyłek należy odnosić do wartości nominalnej przechyłki (pomiar względny), tzn. wartości odchyłek nie uwzględniają projektowanej różnicy wysokości toków szynowych występującej w łukach oraz na rampach przechyłkowych.

Uwaga 2: W torach położonych na prostej, z wyjątkiem przypadków szczególnych (np. rampa przechyłkowa na prostej, przechyłka na krótkim elemencie pośrednim pomiędzy łukami) nominalna wartość przechyłki wynosi 0, natomiast w łukach zazwyczaj występuje jej stała wartość różna od 0.

Uwaga 3: Dla pomiaru przechyłki przyjęto następującą konwencję znaków:

a) plus (+) – jeżeli prawy tok szynowy leży powyżej lewego,
b) minus (-) – jeżeli lewy tok szynowy leży powyżej prawego.

Powyższa konwencja obowiązuje dla pomiaru wykonywanego zgodnie z kilometrażem linii.

2) **Wichrowatość toru „W”** – rysunek 6 – jest to stosunek różnic wysokości toków szynowych w dwóch sąsiednich przekrojach, do odległości między tymi przekrojami (baza pomiarowa), wyrażony w [mm/m] lub [‰];

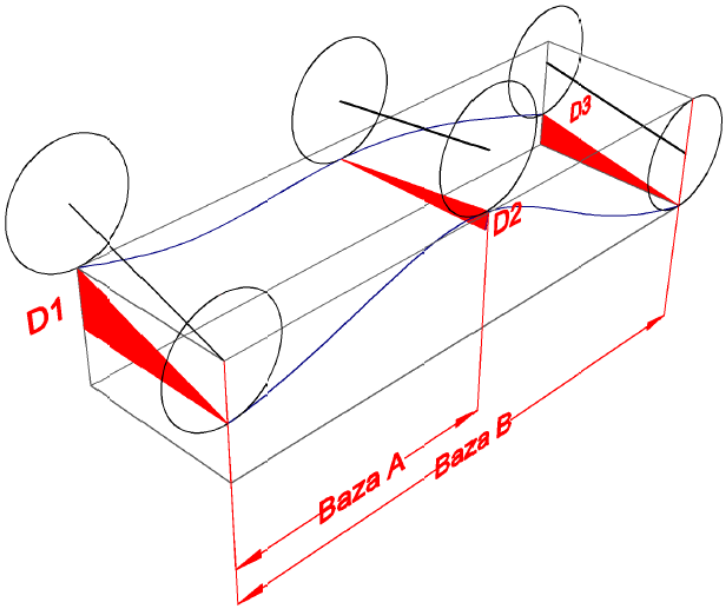
Uwaga 1: Wichrowatość toru dla potrzeb utrzymania mierzona jest:

a) w przypadku pomiarów urządzeniami ręcznymi oraz w sposób zautomatyzowany przez wybrane pojazdy pomiarowe – w przekrojach oddalonych od siebie o długość bazy pomiarowej wynoszącej 3 metry. W przypadku pomiarów urządzeniami ręcznymi dopuszcza się stosowanie bazy pomiarowej wynoszącej 3 lub 5 metrów,
b) w przypadku pomiarów wykonywanych w sposób zautomatyzowany

przez wybrane pojazdy pomiarowe – oceniany jest wskaźnik wichrowatości bazowej obliczany dla trzynastu baz pomiarowych z zakresu od 1,5 do 19,5 m.

Uwaga 2: Zmierzona wartość wichrowatości w wybranych systemach pomiarowych może być przedstawiana w milimetrach [mm]. W celu wyrażenia jej wartości w promilach [‰], należy podzielić wielkość pomierzonej wichrowatości wyrażoną w milimetrach [mm], przez długość bazy pomiarowej, wyrażoną w metrach [m]. Wartość wskaźnika wichrowatości bazowej wyraża się w [%].

Uwaga 3: Wartość wichrowatości uzyskana podczas pomiaru uwzględnia pochylenie ramp przechyłkowych.

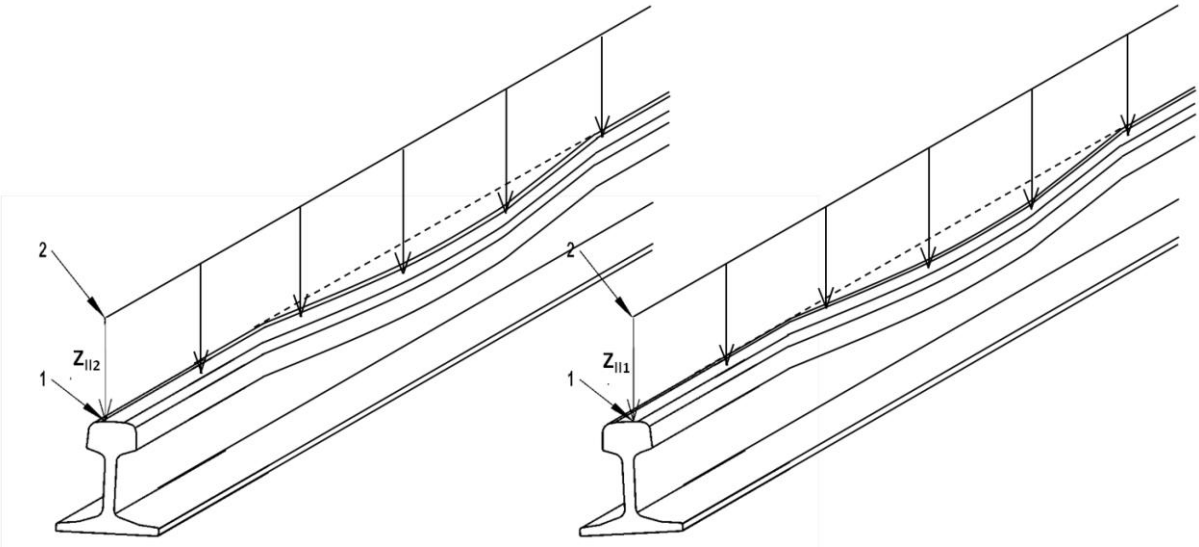


Rysunek 6 Graficzna interpretacja pomiaru wichrowatości toru (dla dwóch baz pomiarowych)

Uwaga 4: Wartość wichrowatości toru uzależniona jest od przyjętej bazy pomiarowej, np. jeżeli zgodnie z Rysunek 6 przyjąć, że przechyłka w punktach D1, D2, D3 wynosi odpowiednio: 15, -3, 10 mm, a bazy pomiarowe A i B mają długość 3 i 6 m, to wichrowatość obliczona dla bazy A ma wartość W_A = 6,0 mm/m, a dla bazy B, W_B = 0,8 mm/m.

3) **Nierówności pionowe toku szynowego „P”** – rysunek 7 – jest to mierzone, na powierzchni tocznej (1), odchylenie pionowe szyn ($Z_{II'1}$, $Z_{II'2}$) od przyjętej linii odniesienia (2). Nierówności pionowe określane są niezależnie dla lewego (PL) i prawego toku szynowego (PP).

Uwaga: Metody pomiaru nierówności poziomych opisano w załączniku nr 3.



Rysunek 7 Graficzna interpretacja pomiaru nierówności pionowych toków szynowych [2]

§ 4.

Ocena progowa jakości geometrycznej toru

1. Dla potrzeb oceny położenia toków szynowych stosuje się wieloprogową ocenę, przedstawioną w tabeli 2.

Tabela 2 Ocena progowa jakości geometrycznej toru

Próg	**Opis progu**	**Odniesienie do [2]**
U1	Próg czujności - po przekroczeniu progu U1 zaleca się wykonać analizę stanu toru oraz zaplanować środki na przeprowadzenie prac utrzymaniowych.	AL (ang. *Alert Limit)*
U2	Próg działań prewencyjnych – odchyłki przekraczające próg U2 zaleca się usunąć w najbliższym cyklu utrzymaniowym oraz przed osiągnięciem progu U3. Jeżeli jest to wymagane, szczegółowe zalecenia dot. usunięcia wadliwości określa inspektor diagnosta, biorąc pod uwagę wielkości przekroczenia odchyłek dopuszczalnych oraz stopień rozwoju wadliwości.	IL (ang. *Interventional Limit*)
U3	Próg działań interwencyjnych – po przekroczeniu progu U3, należy usunąć wadliwości w najkrótszym możliwym terminie.	IAL-1 (ang. *Immediate Action Limit*)
U4	Wartości graniczne – przekroczenie progu U4 powinno skutkować wstrzymaniem ruchu do czasu usunięcia wadliwości.	IAL-2 (ang. *Immediate Action Limit*)

2. Wartości dopuszczalne odchyłek dla pomiarów wykonywanych pod obciążeniem zostały przedstawione w załączniku nr 1.
3. Warunki pomiaru oraz wartości dopuszczalne odchyłek dla pomiarów, wykonywanych urządzeniami przenośnymi (pomiar bez obciążenia), zostały przedstawione w załączniku nr 2.

4. Wartości dopuszczalne położenia toków szynowych dla progów U1, U2 oraz U3 zostały określone z uwagi na zapewnienie: niezawodności, dostępności oraz podatności utrzymaniowej (RAM). Wartości te nie definiują kryterium bezpieczeństwa jazdy, a wystąpienie przekroczeń pojedynczych wartości nie powinno być interpretowane jako bezpośrednia przyczyna wypadku kolejowego.
5. Wartości dopuszczalne położenia toków szynowych nie zostały zdefiniowane dla wszystkich progów oceny (U1, U2, U3, U4). Jeżeli dla parametru nie określono wartości dopuszczalnej w danym progu, to parametr ten nie podlega ocenie w odniesieniu do tego progu.
6. W szczególnych przypadkach wartości nominalne (projektowane) wybranych parametrów, mogą być większe od wartości dopuszczalnych ustalonych dla progów U1 i U2. W takich przypadkach dopuszcza się niewykonywanie działań wskazanych dla progu U1 lub U2.
7. Ocena jakości geometrycznej toru wykonana na podstawie pomiaru bez obciążenia zasadniczo może stanowić podstawę do eksploatacji linii z prędkością nie większą niż 120 km/h. W uzasadnionych sytuacjach ocena na podstawie pomiaru bez obciążenia może stanowić podstawę do eksploatacji linii z prędkością nie większą niż 160 km/h, przy czym w takich przypadkach należy w sposób udokumentowany wykonać analizę zasadności wprowadzenia szczególnych warunków nadzoru linii (np. poprzez wprowadzenie dodatkowych środków kontroli ryzyka) oraz w przypadkach uzasadnionych wdrożyć je do stosowania.
8. W badaniu przyczyn wypadków kolejowych należy uwzględnić:
   1) przekroczenie wartości progu U4 – przy czym przekroczenie wartości dopuszczalnej nie zawsze stanowi przyczynę wypadku;
   2) analizę koincydencji parametrów określających położenie toków szynowych oraz stanu nawierzchni.
9. Położenie toru w płaszczyźnie poziomej i pionowej w odniesieniu do znaków regulacji osi toru, uznaje się za prawidłowe (próg U2), jeżeli różnica w położeniu osi toru w planie oraz profilu w stosunku do położenia projektowanego nie przekracza wartości ±35 mm, pod warunkiem zachowania dopuszczalnej skrajni budowli oraz szerokości międzytorza.

§ 5.

Koincydencja parametrów podstawowych

1. Wartości dopuszczalne odchyłek, przedstawione w załączniku nr 1 i 2, zostały określone dla pojedynczych wadliwości (ang. *isolated defect*) i nie uwzględniają wystąpienia ich koincydencji.

2. Pod pojęciem koincydencji należy rozumieć nakładanie się nierówności toru występujących na tym samym (krótkim) odcinku toru.
3. Przy analizie parametrów charakteryzujących położenie toków szynowych, należy zwracać uwagę na koincydencję podstawowych parametrów położenia toru oraz na stan elementów nawierzchni kolejowej.
4. Wpływ podstawowych parametrów położenia toru na zachowanie pojazdu podczas jazdy, został przedstawiony w tabeli 3.

Tabela 3 Wpływ nierówności układu geometrycznego na zachowania pojazdu podczas jazdy

Zachowania pojazdu (siły i przyśpieszenia)	Parametry układu geometrycznego			
	Szerokość toru	Nierówności pionowe	Wichrowatość/ Przechyłka	Nierówności poziome
Suma sił prowadzących (∑Y)	X		X	X
Siły pionowe (Q)		X	X	X
Współczynnik wykolejenia (Y/Q)	X	X	X	X
Przyśpieszenie poprzeczne pudła wagonu ($ÿ^*$)			X	X
Przyśpieszenie pionowe pudła wagonu (z^*)		X		

gdzie: „X” – oznaczono istnienie wpływu danego parametru układu geometrycznego.

5. Opis wzajemnych relacji zachodzących pomiędzy wybranymi parametrami podstawowymi, a zachowaniem pojazdu został przedstawiony w tabeli 4 oraz tabeli 5.
6. Dla przypadków wystąpienia koincydencji dwóch lub więcej parametrów położenia toków, gdzie przynajmniej wartość dwóch z nich jest na poziomie granicznym progu U2, należy przeprowadzić sprawdzenie w postaci:
   1) objazdu – w pojeździe w celu weryfikacji wpływu jakości geometrycznej toru na zachowania pojazdu podczas jazdy,
   2) pomiarów bezpośrednich – w przypadku stwierdzenia podczas objazdu nieprawidłowego zachowania się pojazdu.
7. W przypadku zgłoszeń od przewoźników lub personelu przeprowadzającego dozorowania, konieczne jest przeprowadzenie pomiarów bezpośrednich oraz oceny wizualnej.
8. Objazd, o którym mowa w ust. 6, powinien być zasadniczo realizowany w pojeździe, który porusza się z najwyższą prędkością. W przypadku klasycznych składów wagonowych, zaleca się realizować objazd z ostatniego wagonu, w przypadku elektrycznych zespołów trakcyjnych z kabiny maszynisty, a w przypadku braku takiej możliwości z miejsca pasażera usytuowanego nad wózkiem.
9. W przypadku braku możliwości dokonania objazdu, o którym mowa w ust. 6, dopuszcza się wykonanie weryfikacji jak wskazano w ust. 7.

10. Wyniki analizy oraz zalecenia, wynikające z realizacji wymagań wskazanych w ust. 6 i 7, należy wpisać do odrębnego Arkusza Oceny Geometrii (AOG).
11. Zaleca się aby dla przypadków wystąpienia koincydencji gdzie występuje wzajemna relacja dwóch lub więcej parametrów, zgodnie z ust. 5, weryfikację np. na poziomie granicznym progu U2, oceniać w AOG jak dla progu wyższego, w tym wypadku progu U3.
12. Dla przypadków wystąpienia koincydencji, o których mowa w ust. 6 należy przeprowadzić analizę stanu toru i w przypadkach uzasadnionych przeprowadzić niezbędne korekty w geometrii toru, niezależnie od wielkości występujących pojedynczych wadliwości.

Tabela 4 Parametry położenia toków szynowych w płaszczyźnie poziomej

Położenie toków szynowych w płaszczyźnie poziomej	
Szerokość toru	Wpływ odchyłek szerokości toru na spokojność jazdy pociągu należy rozpatrywać łącznie z nierównościami poziomymi toków szynowych. Jest to parametr, który jako wadliwość izolowana (niewystępująca w powiązaniu z innymi wadliwościami) niezwykle rzadko może doprowadzić do przejścia w stan niezdatności eksploatacyjnej nawierzchni. Na szerokość toru wpływa przede wszystkim: rodzaj oraz stan systemu przytwierdzenia, a także: stopień zużycia szyn, stan otworów na wkręty w podkładkach (ich wyrobienie), stan wkrętów, stan podkładów. – poszerzenie toru – powoduje zwiększenie kątów nabiegania koła na szynę oraz zwiększenie sił prowadzących, co prowadzi do przyśpieszenia tempa degradacji nawierzchni kolejowej, w szczególności szyn oraz systemu przytwierdzenia. – zwężenie toru – w szczególności przy dużych prędkościach pociągów powoduje pogorszenie właściwości dynamicznych pojazdów na skutek zmiany geometrii styku koło – szyna.
Nierówności poziome	Wpływają na zwiększenie sił prowadzących (podobnie jak szerokość toru) oraz zwiększenie kątów nabiegania kół na szynę. Jest to parametr, którego znaczne odchyłki generują powstawanie przyśpieszeń poprzecznych pojazdu, co w negatywny sposób wpływa na spokojność jazdy. Ponadto znaczny wzrost nierówności poziomych wpływa na obniżenie poziomu bezpieczeństwa, w szczególności na odcinkach o dużym stopniu degradacji podkładów, na których z reguły występują również duże wartości odchyłek szerokości toru.

Tabela 5 Parametry położenia toków szynowych w płaszczyźnie pionowej

Położenie toków szynowych w płaszczyźnie pionowej	
Przechyłka	W małym stopniu wpływa na wielkość oddziaływań dynamicznych generowanych przez pojazdy kolejowe oraz w nieznaczny sposób zmienia wartość niedomiaru przechyłki (przyśpieszenia niezrównoważonego), co powoduje nierównomierny rozkład nacisków osi pojazdu na toki szynowe. Jest to parametr, który jako pojedyncza wadliwość niezwykle rzadko może doprowadzić do przejścia w stan niezdatności eksploatacyjnej nawierzchni.
Wichrowatość	Ma bezpośrednie znaczenie dla bezpieczeństwa jazdy, wpływa na zmianę rozkładu nacisków pionowych pojazdu, przez co pogarsza stosunek siły prowadzącej (Y), przekazywanej przez obrzeże koła na boczną powierzchnię szyny, do pionowego nacisku koła (Q). Stosunek (Y/Q) nazywany jest współczynnikiem wykolejenia. Na parametr ten należy zwracać szczególną uwagę na liniach, po których odbywa się ruch pociągów towarowych, w szczególności wagonów o dużej sztywności poprzecznej na skręcanie, np. wagony cysterny. Zmiana wartości wichrowatości toru jest ściśle powiązana ze zmianą nierówności pionowych oraz przechyłki.
Nierówności pionowe	Mają decydujący wpływ na wielkość oddziaływań dynamicznych generowanych przez pojazdy kolejowe, a więc wpływają one zarówno na spokojność jazdy jak również na trwałość nawierzchni. Tempo narastania nierówności pionowych uzależnione jest m.in. od: rodzaju, stanu oraz rozstawu podkładów, stanu systemu przytwierdzenia, rodzaju, grubości, stopnia zanieczyszczenia oraz zagęszczenia podsypki i stanu podtorza.

§ 6.

Działania konieczne w przypadku przekroczenia progu U3 lub U4

1. Stwierdzone w czasie pomiarów i badań odchyłki przekraczające wartość progu U4 mogą mieć wpływ na bezpieczeństwo ruchu pociągów, dlatego należy je niezwłocznie usunąć, a do czasu ich usunięcia należy wstrzymać ruch.
2. Stwierdzone w czasie pomiarów i badań odchyłki przekraczające wartość progu U3 należy, w przypadku wadliwości:
   1) wichrowatości toru lub wskaźnika wichrowatości bazowej – usunąć w terminie 7 dni, a w przypadku braku możliwości ich usunięcia wstrzymać ruch lub w przypadkach uzasadnionych, w celu minimalizacji skutków potencjalnego wykolejenia, wprowadzić ograniczenie do prędkości 20 km/h.
      Uwaga: Wprowadzenie ograniczenia prędkości w przypadku wadliwości wichrowatości toru jest środkiem ograniczającym skutki wystąpienia potencjalnego zdarzenia, niemniej działanie takie jednocześnie zwiększa prawdopodobieństwo jego wystąpienia;
   2) szerokości toru (poszerzenie, minimalna średnia szerokość toru), nierówności pionowych i poziomych – usunąć w terminie 14 dni, a w przypadku braku możliwości ich usunięcia w wyznaczonym terminie, do czasu ich usunięcia należy wprowadzić ograniczenie prędkości do klasy prędkości, dla której wielkości odchyłek są poniżej dopuszczalnego progu U3;

3) przechyłki – usunąć w terminie 14 dni, a w przypadku braku możliwości ich usunięcia w wyznaczonym terminie, do czasu ich usunięcia należy wprowadzić ograniczenie prędkości o co najmniej 10%.

3. Przed wprowadzeniem obostrzeń, o których mowa w ust. 1 i 2, należy wykonać weryfikację w terenie. Weryfikacja dokonywana jest przez pracownika IZ.
4. W celu zachowania wymaganego poziomu bezpieczeństwa, zamiast działań wymienionych w ust. 2, dopuszcza się podjęcie innych środków zapobiegawczych np. ograniczenie ruchu dla wybranych rodzajów pociągów, itp.
5. Wszelkie nieprawidłowości stwierdzone podczas wykonywania jazdy pomiarowej, mogące wskazywać na przekroczenia odchyłek wartości progu U3 i U4 z jednoczesnym stwierdzeniem występowania nadmiernych oddziaływań (rzuty boczne, nadmierne drgania pudła pojazdu w kierunku pionowym lub poziomym, etc.), powinny być zawsze zgłaszane przez personel realizujący jazdę do obsady posterunku ruchu.

§ 7.

Monitorowanie zmian stanu toru – próg U1

1. W zakresie progu U1, zaleca się monitorować zmiany stanu toru poprzez kontrolę wartości odchyleń standardowych (SP, SA, SD) oraz syntetycznego wskaźnika jakości stanu toru „J” po kolejnych przejazdach pojazdu pomiarowego. Zauważenie nagłego wzrostu tempa degradacji powinno skutkować zaplanowaniem robót o charakterze utrzymaniowo – naprawczym.
2. Podstawowym wskaźnikiem jakości pozwalającym ocenić ogólny stan geometrii toru na odcinku o określonej długości jest odchylenie standardowe, określone wzorem 7.1:

$$S = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \hat{x})^2} \qquad (7.1)$$

gdzie: n – liczba zarejestrowanych pomiarów na analizowanym odcinku toru,
x_i – wartość parametru w punkcie i,
$\hat{x}$ – wartość średnia parametru na określonej długości.

3. Parametry, dla których określane jest odchylenie standardowe to:
   1) przechyłka (SD) – obliczane dla odchyłek od średniej ruchomej z odcinka o długości 40 m;
   2) nierówności pionowe toków szynowych (SP) – wartość średnia dla obu toków szynowych, zgodnie ze wzorem 7.2:

$$SP = \frac{SPL+SPP}{2} \qquad (7.2)$$

gdzie: SPL – odchylenie standardowe nierówności pionowych toku lewego,
SPP – odchylenie standardowe nierówności pionowych toku prawego,
SP – średnie odchylenie standardowe dla obu toków szynowych;

3) nierówności poziome toków szynowych (SA) – wartość średnia dla obu toków szynowych, zgodnie ze wzorem 7.3:

$$SA = \frac{SAL+SAP}{2} \qquad (7.3)$$

gdzie: SAL – odchylenie standardowe nierówności poziomych toku lewego,
SAP – odchylenie standardowe nierówności poziomych toku prawego,
SA – średnie odchylenie standardowe dla obu toków szynowych.

4. Odchylenie standardowe obliczane jest przez wybrane pojazdy pomiarowe na odcinkach o długości 200 m i przedstawiane w postaci wykresu.
5. Dodatkowym wskaźnikiem pozwalającym ocenić ogólny stan geometrii toru jest wskaźnik syntetycznej oceny stanu toru „J" będący miarą bezwzględną, niezależną od prędkości, określony zgodnie ze wzorem 7.4:

$$J = \frac{SP+SA+SW+0{,}5SG}{3{,}5} \qquad (7.4)$$

gdzie: SP – średnie odchylenie standardowe nierówności pionowych,
SA – średnie odchylenie standardowe nierówności poziomych,
SW – odchylenie standardowe wichrowatości, mierzonej na bazie 3,0 m,
SG – odchylenie standardowe szerokości toru.

6. Syntetyczny wskaźnik stanu toru „J" określany jest na odcinkach o długości 1000 m.
7. Wartość odchyleń standardowych ocenianych na długości 200 m oraz syntetycznego wskaźnika stanu toru „J" podano w załączniku nr 1.

Uwaga: Wartości te nie stanowią podstawy do określenia maksymalnej prędkości pociągu, która to zależna jest od wielkości dopuszczalnych parametrów podstawowych.

§ 8.

Częstotliwość pomiarów

1. Pomiary torów należy przeprowadzać z częstotliwością wskazaną w tabeli 6.
2. Częstotliwość pomiarów uzależniona jest od rodzaju toru: szlakowe, główne zasadnicze, główne dodatkowe, pozostałe oraz od maksymalnej prędkości dopuszczalnej dla danego odcinka linii kolejowej z jaką może poruszać się pojazd szynowy (prędkość określona w bazie POS).

Tabela 6 Częstotliwość pomiarów geometrii toru

Częstotliwość pomiarów geometrii toru					
Prędkość [km/h]	**V ≤ 40**	**40 < V ≤ 80**	**80 < V ≤ 120[1)]**	**120 < V ≤ 160[2)]**	**160 < V ≤ 250[3)]**
Tory szlakowe i główne	co 12 miesięcy	co 12 miesięcy	co 6 miesięcy	co 4 miesiące	co 3 miesiące
Pozostałe	co 12 miesięcy	---	---	---	---
Tolerancja realizacji w stosunku do planu	± 90 dni	± 60 dni	± 60 dni	± 30 dni	± 30 dni

1) pomiary torów szlakowych i głównych zasadniczych należy wykonywać pod obciążeniem, w przypadkach braku możliwości jego wykonania należy wykonać pomiar z wykorzystaniem toromierza z rejestracją ciągłą;
2) pomiary torów szlakowych i głównych zasadniczych należy wykonywać pod obciążeniem, w przypadkach braku możliwości jego wykonania należy wykonać pomiar z wykorzystaniem toromierza wyposażonego w inercyjny system pomiarowy (IMU) przy zastrzeżeniu wskazanym w § 4 ust. 7;
3) dopuszcza się tylko pomiar pod obciążeniem;

3. Pomiary należy planować zgodnie z częstotliwościami wskazanymi w tabeli 6, przy czym ich faktyczne wykonanie może ulec przesunięciu względem daty planowanej o wielkość nie większą niż wskazano w wierszu „*Tolerancja realizacji w stosunku do planu*”.

   Uwaga: Rzeczywisty termin wykonania pomiaru nie wpływa na zmianę (wydłużenie/skrócenie) terminu kolejnych zaplanowanych pomiarów.
4. W przypadkach uzasadnionych na wniosek ISE lub zespołu IZDKN, dopuszcza się zwiększenie częstotliwości pomiarów jakości geometrycznej toru.
5. Sprawdzenie położenia toru w płaszczyźnie poziomej i pionowej w odniesieniu do znaków regulacji osi toru należy wykonywać nie rzadziej niż raz na 5 lat.
6. Zapewnienie poprawnej jakości danych pomiarowych rejestrowanych podczas pomiarów wykonywanych pod obciążeniem jest obowiązkiem personelu obsługującego pojazd.
7. Pliki pomiarowe z dokonanych pomiarów należy wgrywać do bazy BDD bez zbędnej zwłoki.

§ 9.

Dokumentacja oceny jakości geometrycznej toru

1. Dokumentem potwierdzającym wykonanie analizy jest „Arkusz oceny Geometrii (AOG)” zgodnie z Modułem D1.
2. Arkusz, o którym mowa w ust. 1, zawiera co najmniej:

1) podstawowe dane informacyjne: data pomiaru, data wykonania analizy, odcinek objęty oceną, wskazanie urządzenia realizującego pomiar;
2) prędkości maksymalne obowiązujące na ocenianym odcinku;
3) uwagi i zastrzeżenia w odniesieniu do pracy urządzeń i systemów wykorzystanych do pomiaru;
4) lokalizacje odchyłek przekraczających progi U3 i U4 oraz wskazanie dla nich:
   a) zidentyfikowanych przyczyn ich wystąpienia,
   b) podanie zaleceń w odniesieniu do terminu oraz sposobu usunięcia,
   c) wskazanie koniecznych do wprowadzenia ograniczeń eksploatacyjnych (jeżeli są wymagane) lub innych środków mitygujących ryzyko,
   d) w przypadku wystąpienia wadliwości pozornych, w polu opis (…) należy oznaczyć, że jest to wadliwość pozorna niestanowiąca wadliwości, wpisując uzasadnienie, np. dla wady – przekroczenia szerokości toru, należy wpisać strefa krzyżownicy w rozjeździe;
5) lokalizacje odchyłek przekraczających próg U2, a w przypadku stwierdzenia konieczności podjęcia działań zmierzających do ich usunięcia, wskazanie dla nich informacji jak w pkt 4);
6) odcinki torów przekraczające próg U1, które będą wymagać większych prac utrzymaniowych w kolejnym okresie budżetowania (regulacja osi toru, oczyszczenie podsypki, etc.);
7) podpis osoby wykonującej analizę.

3. W analizie pomiarów zaleca się uwzględniać:
   1) raporty tabelaryczne (raporty tekstowe) generowane w dedykowanym systemie komputerowym, wydruki wskazują tylko odchyłki przekraczające progi U3 i U4;
   2) wykresy graficzne ocenianych parametrów w funkcji drogi dostępne w dedykowanym systemie komputerowym;
   3) porównanie tempa wzrostu ocenianych parametrów oraz ich odchyleń standardowych;
   4) doświadczenia/odczucia oceniającego z objazdów linii jeżeli były wykonane;
   5) aktualną wiedzę o stanie drogi kolejowej oraz warunkach jej eksploatacji.
4. Proces obiegu informacji związanych z oceną jakości geometrycznej toru oraz terminy dla niego ustalone wskazano w załączniku nr 6.

§ 10.

Przepisy końcowe

1. Powyższe wymagania w zakresie pomiarów i oceny stanu torów określają podstawowe parametry podsystemu „Infrastruktura” w zakresie jakości geometrii toru oraz wartości

granicznych dla pojedynczych wadliwości, w rozumieniu właściwych przepisów dotyczących technicznych specyfikacji interoperacyjności dla podsystemu „Infrastruktura”[2].

2. Wszelkie zapisy umieszczone w Module D4 dotyczą oceny jakości geometrycznej toru podczas standardowego procesu utrzymania linii kolejowych. Zapisy te nie mają zastosowania do odbiorów robót eksploatacyjnych i ostatecznych, dla których należy stosować przepisy odrębne.
3. Użytkownicy powyższych zasad zobowiązani są zgłaszać wszelkie istotne zastrzeżenia, mogące mieć wpływ na spełnienie wymagań, dokonując tego w trybie wniosku pisemnego kierowanego na adres Biura Dróg Kolejowych Centrali Spółki PLK SA.
4. Jednostka odpowiedzialna za wykonanie pomiaru jakości geometrycznej toru, zobowiązana jest przechowywać pliki pomiarowe przez okres co najmniej 5 lat, z uwzględnieniem Systemu Zarządzania Bezpieczeństwem Informacji w PKP Polskie Linie Kolejowe S.A.
5. Wymagania wskazane w Module D4 obowiązują wszystkich pracowników Zakładów Linii Kolejowych i Centrum Diagnostyki zatrudnionych w komórkach organizacyjnych odpowiedzialnych za diagnostykę oraz utrzymanie drogi kolejowej, jak również podmioty zewnętrzne dokonujące oceny w zakresie Modułu D4 na sieci zarządzanej przez PKP Polskie Linie Kolejowe S.A.

[2] Na dzień publikacji instrukcji jest to: Rozporządzenie Komisji (UE) Nr 1299/2014 z dnia 18 listopada 2014 r. dotyczące technicznych specyfikacji interoperacyjności podsystemu „Infrastruktura” systemu kolei w Unii Europejskiej (Dz.U. L 356 z 12.12.2014, s. 1, ze zm.)