Moduł D5

Diagnostyka szyn

Warunki techniczne utrzymania nawierzchni na liniach kolejowych

Id-1

SPIS TREŚCI

§ 1. Postanowienia ogólne 4
§ 2. Wady szyn – klasyfikacje 4
§ 3. Wady wewnętrzne 10
§ 4. Wady powierzchniowe – katalog 11
§ 5. Zużycie szyn 29
§ 6. Zużycie profilu poprzecznego 30
§ 7. Zużycie profilu podłużnego (zużycie faliste) 33
§ 8. Pochylenie poprzeczne szyn 37
§ 9. Ekwiwalentna stożkowatość 37
§ 10. Działania prewencyjne i naprawcze 39
§ 11. Prognozowana trwałość szyn 41
§ 12. Dokumentacja diagnostyki szyn 43
§ 13. Przepisy końcowe 44
Załącznik nr 1 Lista wad w szynach wg katalogu IRS 70712 45
Załącznik nr 2 Schemat obiegu dokumentacji w procesie diagnostyki szyn 47
Załącznik nr 3 Wzór arkusza badań defektoskopowych szyn wózkiem ręcznym D5_1[UT1] 48
Załącznik nr 4 Wzór arkusza badań defektoskopowych pojazdem pomiarowym D5_2[UT2] 49

SPIS RYSUNKÓW

Rysunek 1 Podział szyny na: a) orientacje umiejscowienia wady oraz b) strefy przekroju poprzecznego, stosowane do identyfikacji wad 8
Rysunek 2 Typowa klasyfikacja wad powierzchniowych 9
Rysunek 3 Przykład umiejscowienia i orientacji wad wewnętrznych 11
Rysunek 4 Przykładowe formy zużycia falistego 20
Rysunek 5 Przykładowe wykresy zmierzonych zużyć profili poprzecznych główki szyny 20
Rysunek 6 Zasady pomiaru profilu poprzecznego: zużycie pionowe (W_v), zużycie boczne (W_h), kąt zużycia (α) 31
Rysunek 7 Współczynnik wzrostu zużycia bocznego w funkcji promienia łuku (dla stali R260) 31
Rysunek 8 Charakterystyka zużycia falistego oraz zasady determinujące jego skuteczne usunięcie 34
Rysunek 9 Przykładowe fale poślizgowe (jedna z form zużycia profilu podłużnego) 35
Rysunek 10 Podstawowe wymiary geometrii zestawów kołowych 38

Rysunek 11 Rozwój wady Head Checks w funkcji przeniesionego obciążenia [źródło: INNOTRACK] 41
Rysunek 12 Prognozowana trwałość szyn 49E1 i 60E1 w funkcji promienia łuku oraz ze względu na zużycie i wady kontaktowo-zmęczeniowe 42
Rysunek 13 Kryteria doboru gatunku stali szynowej w ramach utrzymania 43

SPIS TABEL

Tabela 1 Terminy usunięcia wady zabezpieczonej łubkami tymczasowymi 6
Tabela 2 Dominujący mechanizm degradacji szyny w zależności od promienia łuku.....10
Tabela 3 Spalling.....12
Tabela 4 Belgrospi 13
Tabela 5 Squat.....14
Tabela 6 Shelling/Flaking 16
Tabela 7 Head Checks.....18
Tabela 8 Zużycie profilu podłużnego (zużycie faliste).....20
Tabela 9 Zużycie poprzeczne.....20
Tabela 10 Wybuksowania 21
Tabela 11 Odkształcenia plastyczne 23
Tabela 12 Miejscowe obniżenie twardości.....25
Tabela 13 Skaleczenia 26
Tabela 14 Niewłaściwa obróbka mechaniczna 27
Tabela 15 Trwałe odkształcenie szyn.....28
Tabela 16 Korozja 29
Tabela 17 Klasyfikacja zużycia profilu poprzecznego szyn.....32
Tabela 18 Klasyfikacja nierówności profilu podłużnego szyny (zużycie faliste).....36
Tabela 19 Klasyfikacja pochylenia poprzecznego toków szynowych 37
Tabela 20 Dopuszczalne średnie wartości ekwiwalentnej stożkowatości.....39
Tabela 21 Prognozowana trwałość szyn w zależności od typu i gatunku szyny.....42

§ 1.
Postanowienia ogólne

1. Moduł D5 do warunków technicznych utrzymania Id-1 zawiera wytyczne oceny stanu technicznego (diagnostyki) szyn kolejowych oraz innych elementów toru kolejowego spełniających funkcję toczno-prowadzącą[1)] jak również wskazuje zalecenia w odniesieniu do sposobu postępowania ze stwierdzonymi w szynach wadami oraz innymi rodzajami uszkodzeń, w szczególności różnymi formami ich zużycia.
2. W celu ułatwienia procesu diagnostyki szyn kolejowych, w Module D5 zawarto informacje dotyczące prawdopodobnych przyczyn powstawania wad/uszkodzeń oraz następstwa (skutki) z jakimi może wiązać się dalsza eksploatacja szyn z tymi wadami/uszkodzeniami.
3. Postanowienia Modułu D5 obowiązują wszystkich pracowników zatrudnionych w komórkach i jednostkach organizacyjnych odpowiedzialnych za diagnostykę oraz utrzymanie drogi kolejowej.
4. Diagnostyka szyn ma na celu określenie ich stanu technicznego oraz ustalenie zakresu zadań naprawczych.
5. Wykaz użytych skrótów:
   1) [D1.TR] – Karta oceny toru;
   2) D5_1[UT1], ABD – Arkusz badania defektoskopowego szyn;
   3) D5_2[UT2] – Arkusz badania defektoskopowego szyn pojazdem pomiarowym;
   4) D5_3[TP] – Raport z pomiaru zużycia szyn i ekwiwalentnej stożkowatości;
   5) D5_4[LP] – Raport z pomiaru zużycia falistego;
   6) D5_5[RS] – Wyniki z wideo-inspekcji powierzchni tocznej szyny;
   7) [TP], [LP], [ET] – Raporty z pomiarów po reprofilacji szyn;
   8) BDD – Baza Danych Diagnostycznych;
   9) POS – Prowadzenie Opisu Sieci;
   10) VT – badania wizualne;
   11) UT – badania ultradźwiękowe;
   12) ET – badania wiroprądowe;
   13) PT – badania penetracyjne;
   14) RT – badania radiograficzne.

§ 2.
Wady szyn – klasyfikacje

1. W procesie utrzymania pod pojęciem „wady” należy rozumieć wszelkie wewnętrzne oraz zewnętrzne (powierzchniowe) defekty szyny powstałe podczas produkcji, zabudowy lub eksploatacji, ujawnione w toku eksploatacji linii kolejowej, które wpływają na:

[1] Funkcja toczno-prowadząca – patrz [ST-T1-A8]

1) trwałość szyny (skrócenie oczekiwanego czasu jej eksploatacji);
2) przyśpieszoną degradację pozostałych elementów nawierzchni kolejowej (na skutek zwiększonych oddziaływań dynamicznych generowanych podczas przejazdu po wadzie);
3) komfort jazdy (zwiększony hałas, oddziaływania dynamiczne zaburzające spokojność jazdy);
4) bezpieczeństwo jazdy (ryzyko wykolejenia na skutek złamania szyn pod przejeżdżającym pociągiem).

2. Dla potrzeb procesu utrzymania wyróżnia się następujące ogólne klasyfikacje wad w szynach:
   1) ze względu na ryzyko złamania/pęknięcia szyny (rysunek 2):
      a) U1 (wady niewymagające usunięcia – oznaczenie na szynie „O") – stosuje się w przypadku, gdy wady nie stanowią jeszcze istotnego zagrożenia pod kątem wystąpienia złamania/pęknięcia szyny. Wady sklasyfikowane jako U1 nie wymagają interwencji, ale powinny być zarejestrowane i obserwowane, aby można było monitorować jej rozwój,
      b) U2 (wady do usunięcia w ramach planowania – oznaczenie na szynie „W") – stosuje się w przypadku wad, które w aktualnym stadium rozwoju nie stanowią zagrożenia, przy czym wady te mogą w późniejszym czasie przejść w stan będący potencjalnym zagrożeniem, jeżeli nie zostaną usunięte. Wady sklasyfikowane jako U2 należy usunąć w ramach planowanych działań w terminach nie przekraczających:
         - 6 m-cy dla linii o V > 80 km/h,
         - 12 m-cy dla linii o V ≤ 80 km/h,

         liczonych od daty wykrycia wady lub wcześniej, jeżeli podczas kolejnych kontroli stwierdzono dalszy rozwój wady lub zakwalifikowano ją do wyższej klasy,
      c) U3 (wady do usunięcia w trybie pilnym – oznaczenie na szynie „N") – stosuje się w przypadku wad, które mogą doprowadzić do złamania szyny, wobec czego bezwzględnie muszą zostać usunięte w ciągu 14 dni od dnia powzięcia informacji o jej wykryciu,
      d) U4 (wady powodujące wstrzymanie ruchu – oznaczenie na szynie „Z") – stosuje się w przypadku wad, które do czasu ich usunięcia lub zabezpieczenia nie pozwalają na eksploatację toru.

         Uwaga 1: Dla wybranych typów wad, mają zastosowanie bardziej szczegółowe wytyczne klasyfikacji omówione w dalszej części Modułu D5.

Uwaga 2: Terminy, o których mowa w ust. 2, mogą zostać wydłużone w przypadku zabezpieczenia szyn łubkami tymczasowymi posiadającymi dopuszczenie wydane wg procedury SMS-PW-17. Ww. tymczasowe zabezpieczenie może być stosowane w przypadku wad których długość (L) i głębokość (T) nie przekraczają odpowiednio L ≤ 50 i T ≤ 25 mm. Warunki zastosowania łubków, w tym dopuszczalną prędkość zabezpieczeń łubkowanych tymczasowych wskazano w dopuszczeniu właściwym dla wyrobu udzielonego w ramach procedury SMS-PW-17.

Zabezpieczenie z wykorzystaniem łubków tymczasowych nie powinno być stosowane dłużej niż wskazano to w tabeli 1.

Tabela 1 Terminy usunięcia wady zabezpieczonej łubkami tymczasowymi

	Q ≤ 5 Tg/rok	**Q > 5 Tg/rok**
V ≤ 80 km/h	do 12 m-cy	do 6 m-cy
V > 80 km/h	do 6 m-cy	do 2 m-cy

Uwaga 3: Po przeprowadzeniu oceny ryzyka zgodnie z SMS-PR-03 i/lub SMS-PR-02 dopuszcza się wprowadzenie innych środków ograniczających możliwość wystąpienia złamania szyny i/lub zwiększających prawdopodobieństwo wykrycia zagrożenia we właściwym czasie i/lub wprowadzenie obostrzeń eksploatacyjnych minimalizujących potencjalne skutki wystąpienia złamania szyny.

2) ze względu na krotność występowania:
   a) wady pojedyncze – występujące pojedynczo lub w skupiskach (w liczbie) mniejszych od 5 szt. na odcinku toku szynowego o długości 30 m,
   b) wady wielokrotne – wady jednorodne występujące w skupisku równym lub większym od 5 szt. na długości 30 m.

Uwaga 4: Klasyfikacja wad wskazana w lit. a, odnosi się do pojedynczych wad. W przypadku wad wielokrotnych, w uzasadnionych przypadkach, klasę wad należy zwiększyć w stosunku do klasy wady pojedynczej, m.in., jeżeli:

- występuje ryzyko wystąpienia wielokrotnego złamania szyny,
- układ/charakter wad występujących w skupisku może wpływać na przyśpieszone tempo propagacji co najmniej jednej z nich.

Za nadanie odpowiedniej klasy zarówno pojedynczej wadzie jak i grupom wad odpowiada jednostka organizacyjna Spółki odpowiedzialna za realizację badań defektoskopowych.

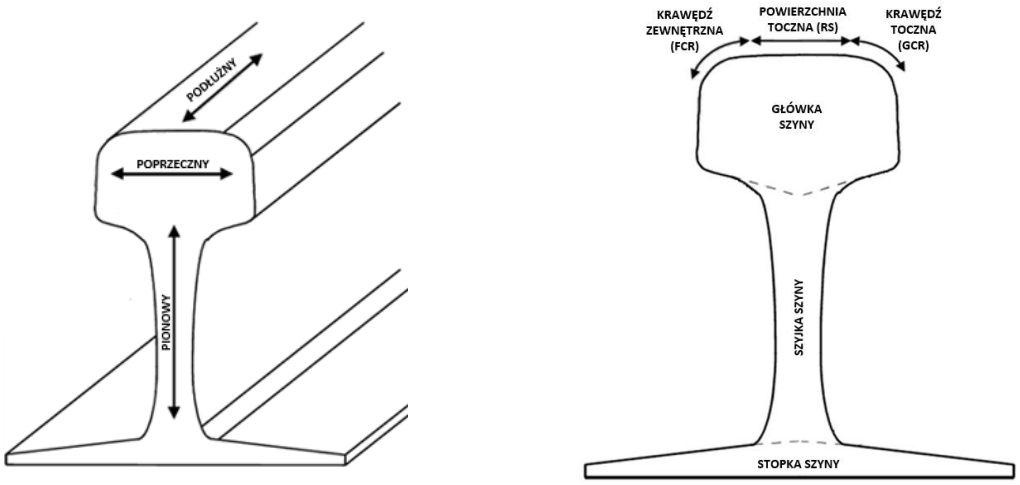
3) ze względu na miejsce występowania:
   a) wady wewnętrzne szyn (defekty) – wady stanowiące nieciągłość lub niejednorodność struktury materiałowej szyny. Wady tego rodzaju z reguły dopiero w zaawansowanym stadium rozwoju mogą (nie muszą) propagować na powierzchnię szyny. Identyfikacja i klasyfikacja wad wewnętrznych realizowana jest w ramach badań defektoskopowych szyn przeprowadzanych przez właściwe do tego celu jednostki PLK SA[2],
   b) wady powierzchniowe – w szczególności wady o charakterze kontaktowo-zmęczeniowym, deformacje, korozja oraz inne uszkodzenia szyn mogące zostać wykryte w ramach oględzin (badań wizualnych).

   Uwaga 5: Wady umiejscowione na końcach szyn oraz występujące w lokalizacjach niezapewniających właściwego przytwierdzenia szyn uznaje się za generujące większe ryzyka w przypadku wystąpienia potencjalnego złamania szyny.

   Uwaga 6: W celu dokładnego zdefiniowania położenia wady w szynie stosuje się następujące zasady klasyfikacji:
   – w płaszczyźnie poprzecznej szyny, stosuje się następujący podział: cały przekrój szyny (x0x), stopka (wady o numerze x5x), szyjka (x3x) oraz w główce szyny (x1x). Przy czym odrębnym numerem opisywana jest powierzchnia główki szyny (wady o numerze x2x), którą to dodatkowo można podzielić na strefy: powierzchni tocznej (RS), krawędzi tocznej (GCR) oraz krawędzi zewnętrznej (FCR) – rysunek 1,
   – w płaszczyźnie podłużnej szyny: strefa końca szyny (wady o numerze **1**xx), strefa poza końcami szyn (wady o numerze **2**xx), strefa złącza (wady o numerze **4**xx). Wszystkie zapisy ujęte w Module D5 odnoszące się do wad o numerach 2xx należy odnosić również do wad o numerach 1xx,
   – ze względu na położenie w torze: rozjazd, strefa złącza spajanego.

[2] Na dzień publikacji Modułu D5 funkcję tę pełni PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. Centrum Diagnostyki (IG)

a) b)



Rysunek 1 Podział szyny na: a) orientacje umiejscowienia wady oraz b) strefy przekroju poprzecznego, stosowane do identyfikacji wad

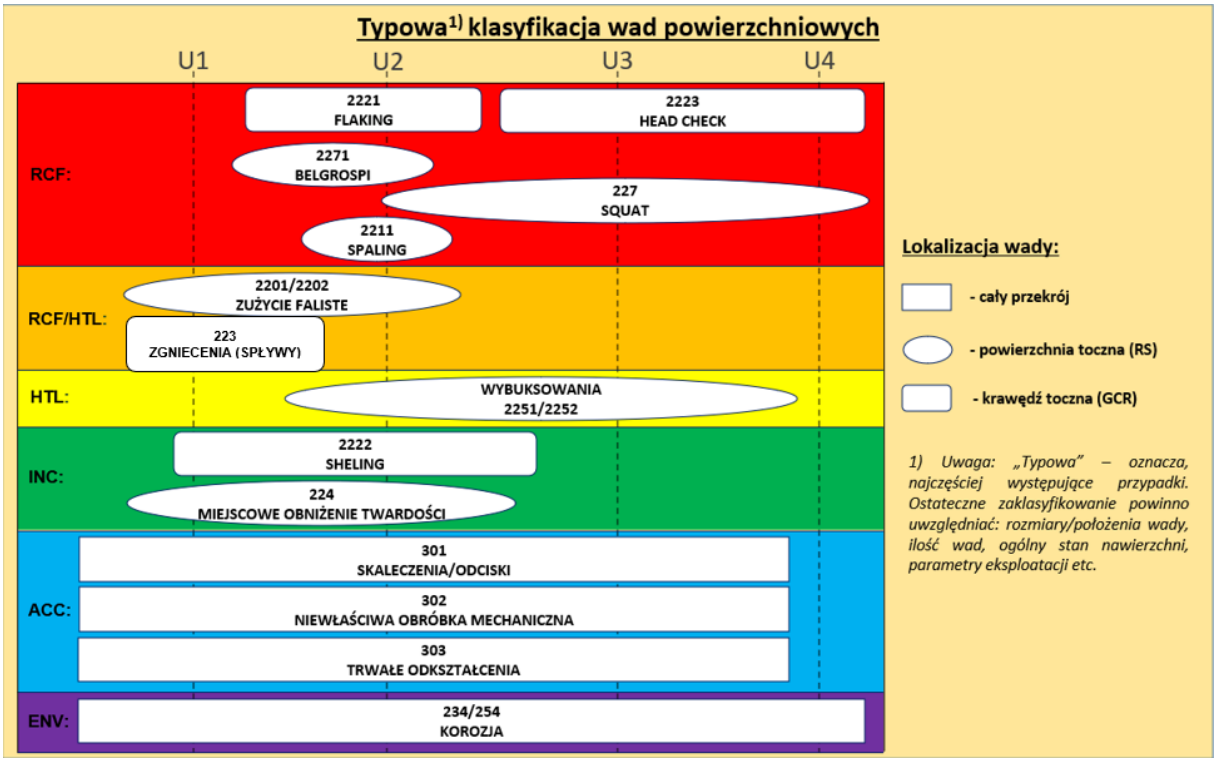
4) <u>ze względu na mechanizm powstania wad można wyróżnić:</u>
   a) RCF: wady wynikające z procesów zmęczeniowych, tzw. wady kontaktowo zmęczeniowe (RCF – Rolling contact fatigue) stanowiące ogólną nazwę grupy wad powstałych na skutek dużych naprężeń kontaktowych pomiędzy kołem a szyną. Charakterystyczną cechą tego rodzaju wad jest ich rozwój (propagacja) wraz z przeniesionym obciążeniem, czego następstwem może być oddzielenie się części materiału i powstanie ubytku na powierzchni tocznej główki szyny lub całkowite złamanie szyny. Do tej grupy zalicza się wiele wad powierzchniowych, np. Head Checks (2223), Flaking (2221), Belgrospi (2271), Spalling (2211), Squats (227) oraz zużycia faliste o fali krótkiej (2201) – grupa ta została oznaczona na rysunku 2 jako RCF,
   b) HTL: wady powstałe w wyniku przemian strukturalnych materiału w warstwie powierzchniowej. Do tej grupy zalicza się przede wszystkim: wybuksowania (2251, 2252) oraz zużycie faliste o fali długiej (2202) – grupa ta została oznaczona na rysunku 2 jako HTL,
   c) INC: wady powstałe w procesie produkcji, np. w wyniku wtrąceń niemetalicznych. Do tej grupy należy zaliczyć większość wad wewnętrznych oraz wady powierzchniowe typu: Shelling (2222) – grupa ta została oznaczona na rysunku 2 jako INC,
   d) ACC: wady powstałe jako następstwo działania czynników niepochodzących od ruchu kolejowego, np. uszkodzenia mechaniczne, odciski tłucznia

np. skaleczenia (301), trwałe odkształcenia (303) – grupa ta została oznaczona na rysunku 2 jako ACC,

e) ENV: wady będące następstwem oddziaływań środowiskowych, np. korozja stopki szyny (254) – grupa ta została oznaczona na rysunku 2 jako ENV,

f) WEL: wady będące wynikiem procesów spawalniczych, w tym wady powstałe w złączach zgrzewanych (oznaczenie 41x), w złączach spawanych termitowo (42x), wady napoin (47x) oraz wady od przyłączeń łączników szynowych (48x).

3. W Module D5 scharakteryzowane zostały tylko wybrane typy wad, wskazane na rysunku 2. Pełny katalog wad wraz z jednolitym systemem ich klasyfikacji ujęto w katalogu wad w szynach kolejowych IRS 70712 (poza wadą Belgrospi, nr 2271, ujętą w normie PN-EN 16729-3:2018). Listę wad wg ww. katalogu przedstawiono w załączniku nr 1 do Modułu D5.



Rysunek 2 Typowa klasyfikacja wad powierzchniowych

4. Klasy wad przypisane poszczególnym wadom na rysunku 2, wskazują na najczęściej spotykane przypadki. Każda z tych wad w zależności od stopnia rozwoju może generować ryzyko pęknięcia/złamania uprawniające do przypisania innej klasy niż wskazano to na ww. rysunku.

5. Pomijając wady szyn powstałe na skutek niedoskonałości procesu produkcji (wady struktury materiałowej) lub złego obchodzeniu się z szynami w procesie zabudowy (transport, rozładunek, przemieszczanie po placu budowy, etc.) lub eksploatacji (płaskie miejsca), mechanizm degradacji szyn jest często skorelowany z ukształtowaniem

geometrycznym toru w płaszczyźnie poziomej. W tabeli 2 wskazano dominujący mechanizm degradacji w zależności od promienia łuku.

Tabela 2 Dominujący mechanizm degradacji szyny w zależności od promienia łuku

Promień łuku	Dominujący mechanizm degradacji szyny
R < 300 m	zużycie boczne i odkształcenia plastyczne
300 m ≤ R < 800 m	zużycie boczne, odkształcenia plastyczne, wady kontaktowo-zmęczeniowe
800 m ≤ R < 3000 m	wady kontaktowo-zmęczeniowe
3000 m ≤ R	zużycie pionowe

§ 3.

Wady wewnętrzne

1. Szyny eksploatowane na sieci PLK SA podlegają cyklicznym badaniom defektoskopowym (ultradźwiękowym [UT], wiroprądowym [ET] lub innym) realizowanym przez dedykowaną do tego celu jednostkę organizacyjną PKP Polskie Linie Kolejowe S.A.
2. Badania, o których mowa w ust. 1 przeprowadzane są w sposób ręczny (defektoskopy szynowe) lub w sposób zautomatyzowany (pojazdy pomiarowe), a każdorazowo po ich przeprowadzeniu opracowywane są Arkusze Badania Defektoskopowego (ABD): D5_1[UT1] – wzór Załącznik nr 3, D5_2[UT2] – wzór Załącznik nr 4, zawierające m.in. lokalizację wady, jej rodzaj oraz przypisanie właściwej klasy (U1, U2, U3, U4) z uwagi na ryzyko złamania/pęknięcia szyny.
3. Arkusze (ABD) opracowywane są w wersji elektronicznej. Właściwi terenowo pracownicy, o których mowa w § 1 ust. 3, odpowiedzialni za zarządzanie szynami z wadami, zobowiązani są do potwierdzenia otrzymania informacji o opublikowaniu ABD oraz wdrożeniu działań właściwych dla klasy, jaka została przypisana stwierdzonym wadom, a w przypadku wad klasy U2, U3, U4 potwierdzenia faktu jej ostatecznego usunięcia.
4. Przykład umiejscowienia i orientacji wad wewnętrznych został pokazany na rysunku 3.

1 - Pęknięcie poziome w główce [212]

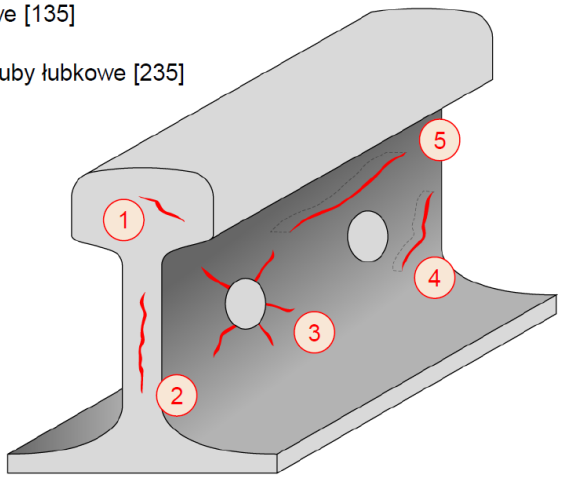
2 - Pęknięcie pionowe w szyjce [233]

3 - Pęknięcie promieniowe od otworów na śruby łubkowe [135]

3' - Pęknięcie promieniowe od otworów innych niż na śruby łubkowe [235]

4 - Pęknięć ukośne poza otworami [236]

5 - Pęknięcie poziome w szyjce [232]



Rysunek 3 Przykład umiejscowienia i orientacji wad wewnętrznych

§ 4.

Wady powierzchniowe – katalog

1. W tabelach 3 – 16 wskazano podstawowe informacje o wadach powierzchniowych występujących na sieci PLK SA.
2. Podstawową metodą wykrywania wad powierzchniowych jest badanie wizualne [VT], jako uzupełniające mogą być stosowane badanie wiroprądowe [ET], badania penetracyjne [PT], badania magnetyczno-proszkowe [MT] lub inne. Ponadto w przypadku wad powierzchniowych propagujących w głąb powierzchni szyny zastosowanie mogą znaleźć również defektoskopowe badania ultradźwiękowe [UT].

Tabela 3 Spalling

SPALLING – uszkodzenie powierzchni tocznej z wykruszeniem	**2211**

Charakterystyka, wygląd i przyczyny





Ubytek materiału na powierzchni tocznej szyny spowodowany pękaniem i wykruszaniem materiału.

Wady występują przeważnie na szynie wewnętrznej w łukach poziomych o małych promieniach oraz mogą pojawiać się w torze, na którym występują nierówności poziome.

Powstają w wyniku dużych naprężeń kontaktowych koło-szyna (wada RCF). W początkowej fazie stanowią płytkie, równolegle, mikropęknięcia występujące w kierunku podłużnym, które rozwijając się, łączą się wzajemnie, tworząc siatkę mikropęknięć. W dalszym etapie rozwoju powodują wykruszenia materiału.

Wykrywanie poprzez badania wizualne

Skutki

Wykruszenia powierzchni tocznej powodują zwiększone oddziaływania dynamiczne i w konsekwencji dalszy rozwój wady lub powstanie innych wad (np. SQUAT 227) oraz możliwe uszkodzenia innych elementów nawierzchni. SPALLING bez wad towarzyszących nie prowadzi do złamania szyny.

Działanie i zapobieganie

W zależności od fazy rozwoju (głębokości):

- w początkowej fazie rozwoju: reprofilacja,
- w kolejnych fazach: napawanie lub wymiana szyny.

Komentarz

Wada, jeżeli nie towarzyszą jej inne rodzaje wad, nie rozwija się jako pęknięcie w głąb główki szyny.

W rozjazdach najczęściej występuje na:

- opornicach w obszarze przejścia koła z iglicy na opornicę,
- krzyżownicach w obszarze przejścia koła z szyn skrzydłowych na dziób krzyżownicy.



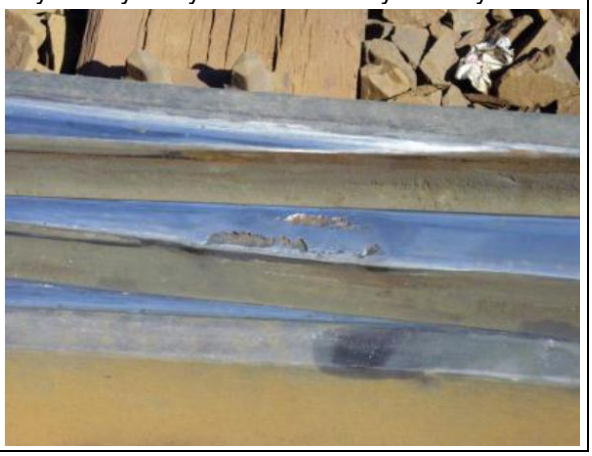


Tabela 4 Belgrospi

BELGROSPI	**2271**
Charakterystyka, wygląd i przyczyny	
a)  b) 	
Wada typu RCF o długości zazwyczaj 5 – 15 mm, pojawiająca się cyklicznie na powierzchni tocznej szyny, występuje razem ze zużyciem falistym o krótkiej fali i tworzy się najczęściej na grzbietach fal. Wada ta może powstawać na liniach o prędkościach większych lub równych 200 km/h, z reguły na szynie zewnętrznej w łukach o dużym promieniu oraz na odcinkach prostych na obu tokach szynowych na przemian. Pęknięcia są usytuowane na powierzchni tocznej pomiędzy osią a wewnętrzną krawędzią szyny. Nieusuwane wady propagują pod niewielkim kątem pod powierzchnię szyny. Wykrywana poprzez badania wizualne lub badanie defektoskopowe prowadzone metodą ET, a w zaawansowanym stadium rozwoju również metodą UT.	
Skutki	
Wada powoduje zwiększone oddziaływania dynamiczne (z uwagi na charakter wady, występują cyklicznie), co w konsekwencji prowadzi do dalszej propagacji wady oraz powstawania uszkodzeń innych elementów nawierzchni. W skrajnych przypadkach jest przyczyną złamania szyny.	
Działanie i zapobieganie	
Zaleca się stosować działania prewencyjne w postaci reprofilacji szyn. W zależności od fazy rozwoju (głębokości): – w początkowej fazie rozwoju: reprofilacja, – w kolejnych fazach: napawanie, HWR/THR, spoina – szeroki luz, wymiana szyny (rysunki a-b).	
Komentarz	
Wady z widoczną siatką mikropęknięć zaleca się klasyfikować analogicznie jak wada SQUAT (tabela 5), przy czym zaleca się stosować terminy usunięcia wad zgodne z §2 ust. 2.	

Tabela 5 Squat

SQUAT – pęknięcie i miejscowe zagłębienie powierzchni tocznej	**227**

Charakterystyka, wygląd i przyczyny

a)



b)



c)



d)



Powstaje na powierzchni tocznej w strefie styku koła z szyną. Wadę można rozpoznać wizualnie po następujących cechach:

- występuje wgłębienie na powierzchni tocznej,
- najczęściej towarzyszy jej miejscowe zaciemnienie powierzchni wzdłuż pęknięcia,
- występuje pęknięcie na powierzchni tocznej, typowo w kształcie litery V lub U, przy czym w przypadku defektów w zaawansowanym stadium rozwoju, pęknięcie może przybierać również inne kształty,
- w odróżnieniu od wybuksowań najczęściej występuje tylko na jednym toku szynowym.

W przypadku zaawansowanego stadium rozwoju wady te wykrywane są również metodą UT.

Wady SQUAT powstają najczęściej na odcinkach prostych lub łukach o dużym promieniu, w miejscach najbardziej obciążonych, między linią środkową i krawędzią szyny. Ponadto często pojawiają się w obszarze złączy spawanych/zgrzewanych.

W odróżnieniu od wielu innych rodzajów wad, squaty z uwagi na kontaktowo-zmęczeniowy charakter powstawania (wada RCF), stale zwiększają swój rozmiar (propagują) prowadząc ostatecznie do złamania szyny. Wady te często występują w skupiskach (wady wielokrotne), wobec czego należy je uznać za powodujące szczególnie duże ryzyko wystąpienia wielokrotnego złamania szyny (rysunek e).

e)



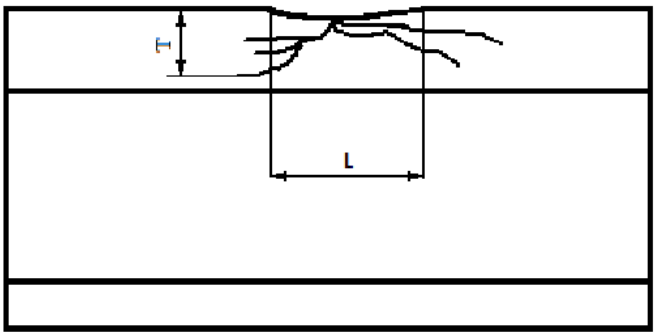
Skutki

Początkowo pęknięcie to rozwija się pod małym kątem i przebiega blisko powierzchni tocznej, następnie na głębokości około 3-5 mm, zmianie ulega kierunek propagacji i dalej pęknięcie postępuje praktycznie pionowo, powodując złamanie szyny lub wykruszenia na powierzchni szyny (SPALLING).

Wady te powodują zwiększone oddziaływania dynamiczne podczas przejazdu taboru, co skutkuje możliwością powstania innych wad jak również uszkodzeń nawierzchni (zużycie faliste, wykruszenia podkładów betonowych w strefie podszynowej, uszkodzenia węzłów przytwierdzeń itp.).

Działanie i zapobieganie

Środkami zapobiegawczymi powstawaniu wad typu SQUAT jest przede wszystkim szlifowanie prewencyjne szyn. Ponadto odpowiednie utrzymanie nawierzchni, szybkie eliminowanie innych wad (wybuksowania, skaleczenia, zużycie faliste), od których wady SQUAT mogą powstać.



f)

W przypadku pojedynczych wad zaleca się stosować klasyfikację oraz metody i terminy ich usunięcia zgodnie z poniższą tabelą. Przy czym w tabeli stosuje się oznaczenia charakterystycznych wymiarów wady squat: długość i głębokość, zgodnie z rysunkiem f.

Klasyfikacja wady SQUAT

Działania		U1	U2	U3		U4	
Metoda wykrycia	VT, UT (długość)	L < 50 mm	L ≥ 50 mm	----			
	UT (głębokość)	brak wskazania	T ≤ 10 mm	10 mm < T ≤ 25 mm		T > 25 mm	
Zalecane zabezpieczenie do czasu usunięcia wady		---	---	łubki tymczasowe	---	łubki tymczasowe	V ≤ 10 km/h
Zalecany termin usunięcia [dni]		---	90	90	30	30	niezwłocznie
Zalecana metoda naprawy	wady pojedyncze	napawanie HWR/THR	HWR/THR	HWR/THR szeroki luz		szeroki luz wstawka	
	wady wielokrotne	wstawka					

Komentarz

Za generujące szczególne ryzyko uznaje się wady wielokrotne – w zależności od ich rozmiarów, ilości oraz lokalnych uwarunkowań zaleca się je klasyfikować do progu U3 lub U4.

Wada SQUAT jest jedną z najczęściej spotykanych wad na sieci PLK SA.

Wady 127, 417 i 427 klasyfikować zgodnie z klasyfikacją jak dla 227.

Tabela 6 Shelling/Flaking

FLAKING/SHELLING – łuszczenie powierzchni/krawędzi tocznej	**2221/2222**
Charakterystyka, wygląd i przyczyny	

a)



b)



c)



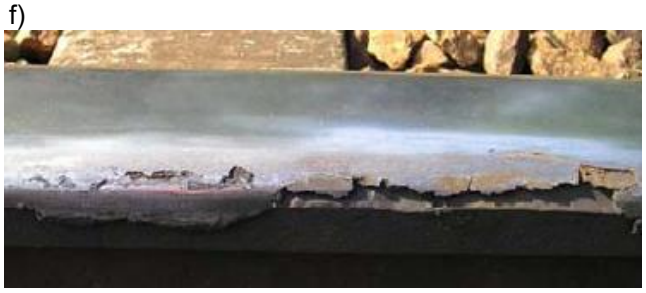
d)



e)



f)



Łuszczenie, rozdzielenie i ubytek materiału w postaci płatów na powierzchni tocznej w pobliżu krawędzi tocznej (GCR) najczęściej występujący na szynie zewnętrznej w łukach poziomych.

FLAKING (rysunki a-d) – 2221/1221 – powstaje wskutek naprężeń generowanych na styku koło-szyna (wada RCF), wada często jest stowarzyszona z wadą HEAD CHECKS.

Natomiast za powstanie wady SHELLING (rysunki e-f) – 2222, odpowiadają wady materiałowe (wada INC), np. wtrącenia niemetaliczne. W odróżnieniu od FLAKING wada ta cechuje się z reguły większą głębokością. W początkowym stadium objawia się jako ciemniejsze plamy rozłożone losowo na krawędzi tocznej GCR. Plamy te stanowią oznakę wystąpienia pod powierzchnią rozdzielania materiału i w dalszym etapie krawędź toczna może charakteryzować się spływami i pęknięciami. Dalszy rozwój wady prowadzi do łuszczenia się i odprysków materiału na krawędzi tocznej. Wada SHELLING występuje najczęściej wielokrotnie na krawędzi tocznej szyny zewnętrznej w łuku – smarowanej w celu zmniejszenia zużycia bocznego.

W następstwie jej rozwoju na krawędzi tocznej szyny powstają odpryski i oddzielają się od szyny małe płaty materiału. Pojedyncze odpryski wzajemnie łączą się tworząc sieć podłużnych rowków.

Może być wykryta poprzez badanie wizualne, a w przypadku kiedy występują pęknięcia, również metodami defektoskopowymi UT, ET.

Skutki
Wykruszenia powierzchni tocznej powodują zwiększone oddziaływania dynamiczne i w konsekwencji dalszy rozwój wady. W skrajnych przypadkach może prowadzić to do złamania szyny.

Działanie i zapobieganie
– Obserwacja – Jeżeli wada nie jest zbyt głęboka (początkowa faza rozwoju) możliwe jest jej usunięcie w wyniku reprofilacji (zalecane stosowanie profili specjalnych AHCP/AHCC). – W pozostałych przypadkach: napawanie, wymiana szyny

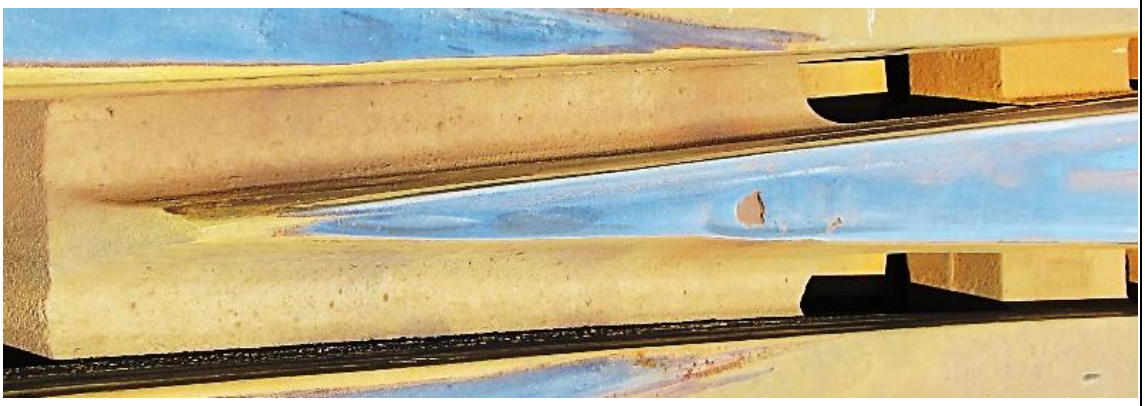
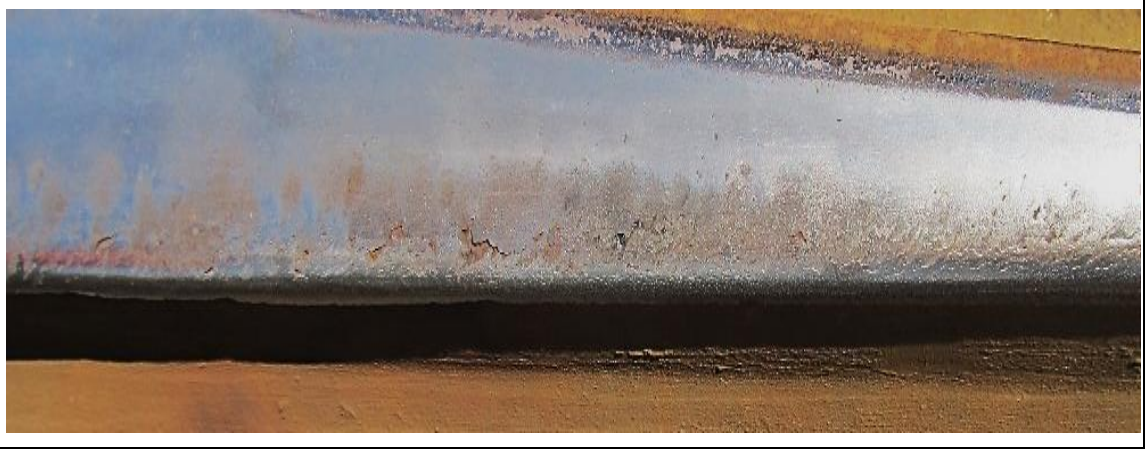
Komentarz
Pozostawienie po szlifowaniu mocno widocznych faset sprzyja powstawaniu FLAKING, w szczególności przy stosowaniu modyfikatorów tarcia (smarownic). Wady te często są spotykane w obszarze rozjazdów, w szczególności na dziobach krzyżownic zwyczajnych (rysunki g-i).
g) 
h) 
i) 

Tabela 7 Head Checks

HEAD CHECKS – pęknięcia na powierzchni tocznej główki szyny	**2223**

Charakterystyka, wygląd i przyczyny

a)



b)



c)



d)



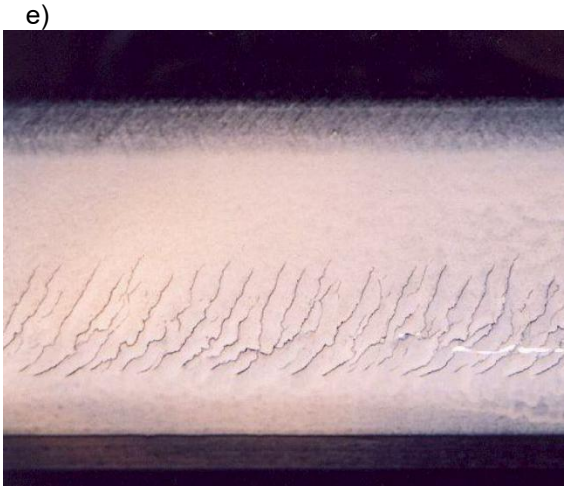
Drobne równoległe rysy lub szczeliny o rozstawie od 0,5 – 10 mm. Są typową wadą powstającą w wyniku zmęczenia materiału wskutek kontaktu koło-szyna (wada RCF). Pojawiają się na krawędzi powierzchni tocznej główki szyny (obszar GCR), w miejscach, gdzie występują największe dynamiczne naprężenia szyny, najczęściej w zewnętrznym toku szynowym na długości łuków poziomych i krzywych przejściowych.

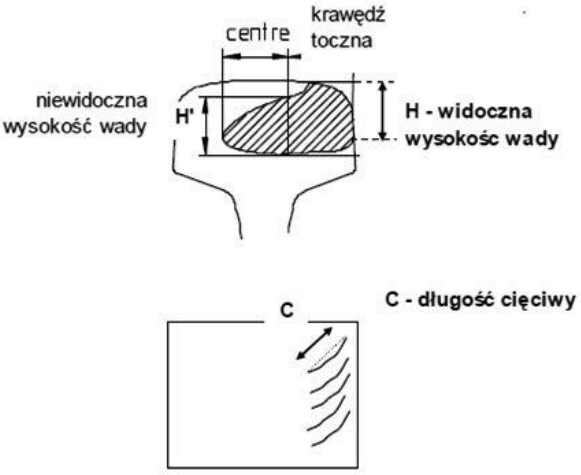
Wada ta propaguje przeciwnie do kierunku jazdy pociągów. Pęknięcia biegnące po przekątnej szyny mogą się łączyć doprowadzając do łuszczenia lub wykruszenia na krawędzi tocznej (FLAKING) lub propagować w głąb, aż do złamania szyny.

Najskuteczniejszą metodą wykrywania tych wad jest metoda ET – przy czym jej skuteczność ogranicza się do wad o głębokości maksymalnej do 2,5 ÷ 3,0 mm. Wady te w zaawansowanym stadium rozwoju mogą zostać wykryte również metodą UT.

Orientacyjne rozmiary wad można ustalić poprzez określenie długości cięciwy „c” – rysunek e.

e)





Skutki
Propagacja pęknięć może prowadzić do złamania szyny. Z uwagi, że wady te z reguły występują na długich odcinkach, w konsekwencji mogą być przyczyną wielokrotnego złamania szyny, wobec czego uznaje się je za generujące szczególne ryzyko.

Działanie i zapobieganie

Środkiem zapobiegawczym przeciw powstawaniu wad typu HEAD CHECKS jest przede wszystkim szlifowanie prewencyjne szyn. Przy czym w lokalizacjach w których wady nie występują, ale doświadczenie wskazuje, że są to miejsca podatne na ich powstawania zaleca się stosować profil AHCP.

Występowania wady na długich odcinkach ogranicza możliwość naprawy szyny poprzez napawanie.

Zaleca się stosować klasyfikację oraz metody i terminy ich usunięcia zgodnie z poniższą tabelą.

Klasyfikacja wady HEAD CHECKS

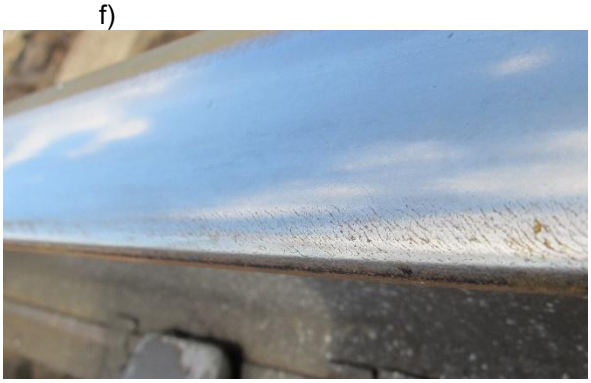
Działania		**U1** *(lekkie)*	**U2** *(średnie)*	**U3** *(ciężkie)*	**U4** *(niebezpieczne)*
Metoda wykrycia	VT, PT (długość)	widoczne rysy (rys.1) c ≤ 10 mm	widoczne rysy (rys.1) c ≤ 20 mm	widoczne rysy (rys.1) c ≤ 30 mm	widoczne rysy (rys.1) c > 30 mm lub wykruszenia
	ET (głębokość)	T ≤ 0,5 mm	T ≤ 1,5 mm	T ≤ 2,5 mm	T > 2,5 mm
	UT (głębokość)	brak wskazania	brak wskazania	brak wskazania	echo wady
Zalecane zabezpieczenie do czasu usunięcia wady		---	---	---	V ≤ 10 km/h
Zalecany termin usunięcia [dni]		---	90	30	niezwłocznie
Zalecana metoda naprawy		szlifowanie	szlifowanie frezowanie	wymiana	wymiana

Komentarz

W celu efektywniejszego usuwania wad podczas reprofilacji zaleca się stosować profile AHCC.

HEAD CHECKS oprócz występowania w łukach poziomych i krzywych przejściowych, często spotykany jest również w rozjazdach na iglicach łukowych (rysunki f-g), szynach łączących oraz na krzyżownicach z ruchomym dziobem.

f)

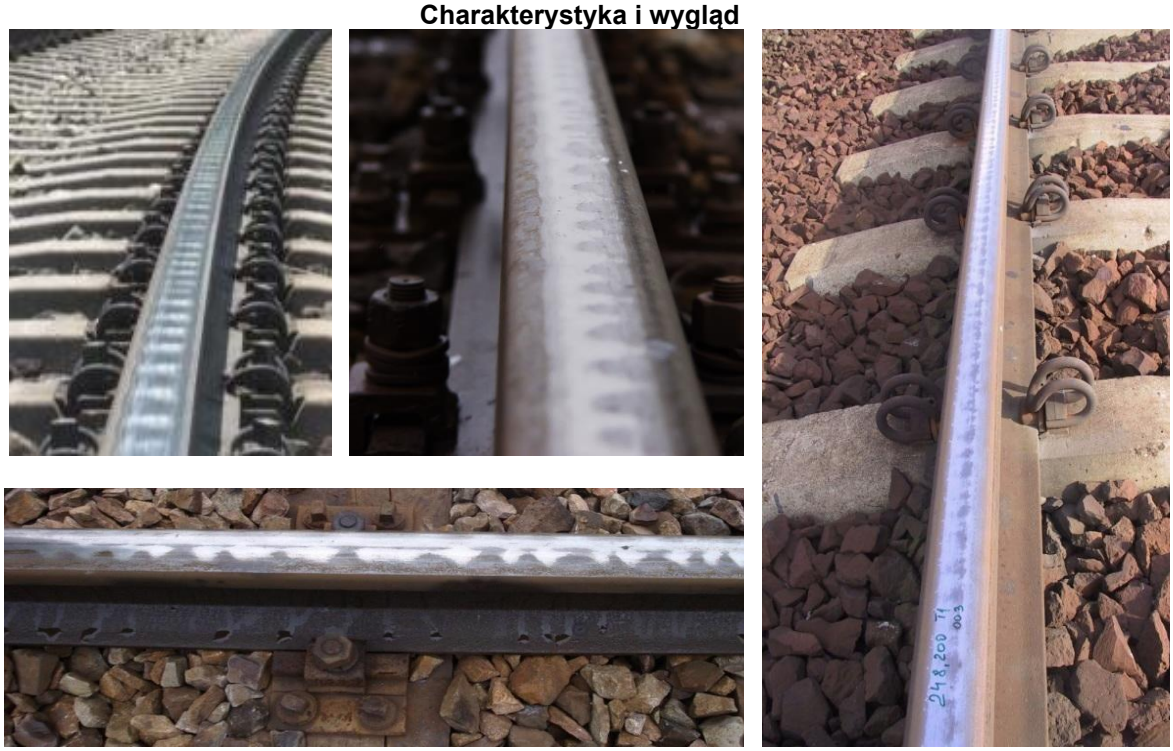


g)



Tabela 8 Zużycie profilu podłużnego (zużycie faliste)

ZUŻYCIE PROFILU PODŁUŻNEGO (ZUŻYCIE FALISTE)	2201/2202
Charakterystyka i wygląd	

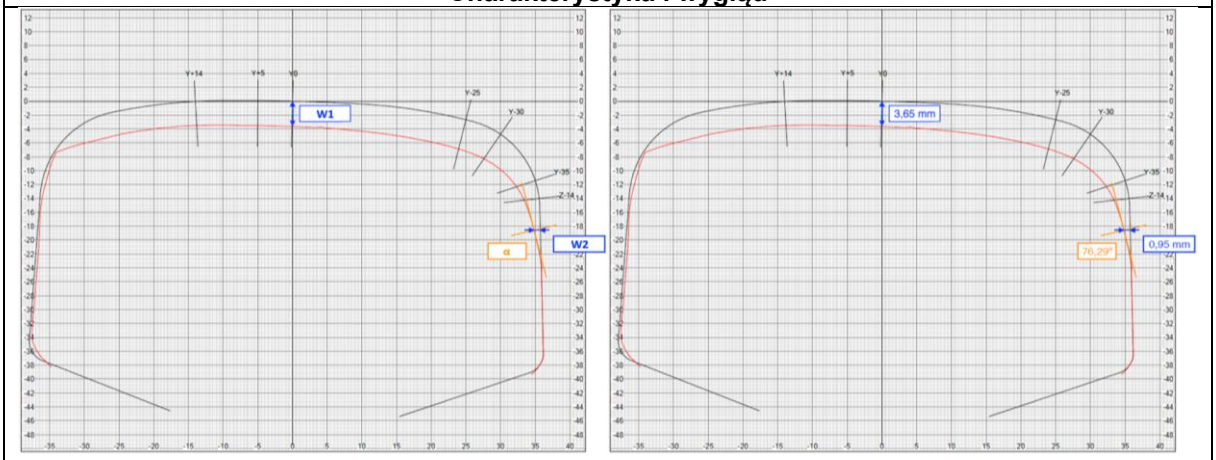


Rysunek 4 Przykładowe formy zużycia falistego

Komentarz
Patrz § 7

Tabela 9 Zużycie poprzeczne

ZUŻYCIE PROFILU POPRZECZNEGO (ZUŻYCIE PIONOWE/BOCZNE)	2203/2204
Charakterystyka i wygląd	



Rysunek 5 Przykładowe wykresy zmierzonych zużyć profili poprzecznych główki szyny

Komentarz
Patrz § 6

Tabela 10 Wybuksowania

WYBUKSOWANIA	**2251/2252**
Charakterystyka, wygląd i przyczyny	

a)



b)



c)



d)



e)



Uszkodzenie główki szyny powstające na skutek poślizgu osi napędnych w pojazdach trakcyjnych, przybiera postać miejscowego „wytarcia”, najczęściej o kształcie eliptycznym (rysunki a, b). Wada powstaje na skutek działania mechanizmu HTL, tj. zmiany struktury stali pod wpływem temperatury.

WYBUKSOWANIA zgodnie z katalogiem wad dzieli się na:

- pojedyncze (2251) – (rysunek d),
- wielokrotne (2252) – powstające podczas wielokrotnego poślizgu kół (rysunki e, f).

Najskuteczniejszą metodą ich wykrycia są badania wizualne. W przypadku występowania pęknięcia poprzecznego wykrywane są również metodą UT.

Skutki
Małe wady mogą ulegać samoistnemu zatarciu, większe natomiast w zależności od kierunku propagacji powodują: ubytek materiału na powierzchni tocznej oraz jej obniżenie (rysunki b, e) lub rozwój pęknięcia poprzecznego (rysunek c).

Wybuksowania ze względu na miejscowe obniżenie powierzchni tocznej zwiększają oddziaływania dynamiczne koło-szyna, co prowadzi do przyśpieszonej degradacji nawierzchni kolejowej (czego następstwem są np. uszkodzenia podkładów), degradacji podtorza (wychlapy).

Nieusuwane WYBUKSOWANIA bardzo często stanowią ognisko rozwoju wady SQUAT oraz wpływają na przyśpieszenie powstawania zużycia falistego.

Działanie i zapobieganie

Zaleca się stosować klasyfikację oraz metody ich usunięcia zgodnie z poniższą tabelą.

Klasyfikacja WYBUKSOWAŃ

Działania		**U1** *(lekkie)*	**U2** *(średnie)*	**U3** *(ciężkie)*	**U4** *(ciężkie)*
Metoda wykrycia	VT (długość)	L ≤ 50 mm	50 < L ≤ 150 mm	L > 150 mm	**----**
	UT (głębokość)	brak wskazania	T ≤ 10 mm	10 mm < T ≤ 25 mm	T > 25 mm
Zalecana metoda zabezpieczenia do czasu usunięcia wady		---	---	łubki tymczasowe	
Zalecane metody naprawy		napawanie HWR/THR	HWR/THR szeroki luz wstawka	wstawka	

Komentarz

WYBUKSOWANIE jest jedną z najczęściej spotykanych wad na sieci PLK SA.

Wady te powstają najczęściej w strefach częstego hamowania i rozruchu pojazdów, jednocześnie na obu tokach szynowych (rysunek f).

f)

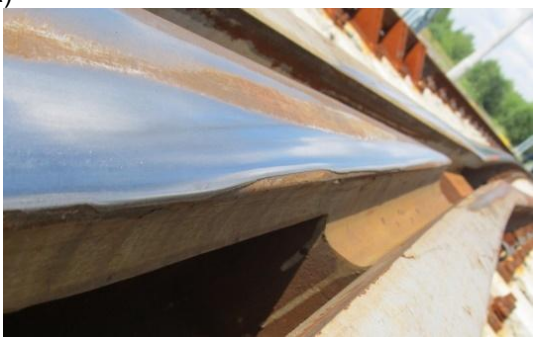


Tabela 11 Odkształcenia plastyczne

ZGNIECENIA (SPŁYWY) – odkształcenie plastyczne	**223**

Charakterystyka, wygląd i przyczyny

a)



b)



c)



d)



e)



Wada występuje głównie w rozjazdach, przede wszystkim w strefie przejścia koła iglica/opornica (rysunek e) oraz dziób krzyżownicy/szyny skrzydłowe (rysunki a-b, d). Niemniej mogą pojawiać się również w innych lokalizacjach (rysunek c).

ZGNIECENIA (SPŁYWY) stanowią formę odkształcenia plastycznego, powstającego na skutek działania naprężeń przekraczających granicę sprężystości stali szynowej. Przyczyną ich powstawania jest z reguły:

a) w pierwszym okresie eksploatacji (około 3 m-cy): proces utwardzania się materiału, w szczególności staliwa manganowego;
b) w normalnej eksploatacji: niewłaściwa geometria styku koło/szyna

ZGNIECENIA (SPŁYWY) wykrywane są za pomocą badań wizualnych VT.

Skutki

Nieusuwanie ZGNIECEŃ (SPŁYWÓW) powoduje pękanie i wykruszanie materiału na powierzchni tocznej (RS) oraz krawędzi tocznej szyny (GCR), co w konsekwencji skutkuje koniecznością wymiany elementów z uwagi na np.:

- wyszczerbienia iglic,
- pęknięcia iglic/krzyżownic,
- występowanie zaawansowanych form wad typu: SPALLING, FLAKING, SHELLING.

Działanie i zapobieganie

Zaleca się stosować klasyfikację oraz metody i terminy ich usunięcia zgodnie z poniższą tabelą.

Klasa		**Iglice**	**Pozostałe**
U1	Metoda wykrycia	VT	
	Wartość dopuszczalna (wypływ materiału)	$\leqslant$ 2,0 mm	
	Termin usunięcia [dni]	14 dni	
	Metoda naprawy	szlifowanie	
U2 – U4	Następstwa	wyszczerbienie	inne formy, wady: SPALLING FLAKING SHELING
	Termin usunięcia [dni]	wg Id-4 (przymiary kontrolne L2)	Postępować zgodnie z kryteriami ustalonymi dla wykrytej wady **Uwaga:** w rozjazdach termin usunięcia zaleca się przyjąć jak dla klasy wyższej niż wskazana klasa wady (np. jeżeli wada U2 to termin usunięcia przyjąć jak dla U3)
	Metoda naprawy		- napawanie - wymiana

Komentarz

Tabela 12 Miejscowe obniżenie twardości

MIEJSCOWE OBNIŻENIE TWARDOŚCI	224
Charakterystyka, wygląd i przyczyny	
a)  b)  c)  d)  e) 	
Wada występuje głównie w okolicy przekucia iglicy (rysunki a-c) lub w pobliżu zgrzein technologicznych w krzyżownicach ze stałym (rysunek d) lub ruchomym dziobem (rysunek e). Charakteryzuje się miejscowym obniżeniem powierzchni tocznej spowodowanym przez obniżenie twardości wytrzymałości materiału. Wynika z nieprawidłowości powstałych podczas procesu: przekuwania lub obróbki termicznej lub zgrzewania.	
Skutki	
Występowanie miejscowego obniżenia twardości może prowadzić do obniżenia powierzchni tocznej i zwiększonych oddziaływań dynamicznych, uszkodzeń elementów rozjazdu. W wyniku dalszego rozwoju wady, występują wykruszenia materiału oraz występuje ryzyko pęknięcia elementu.	
Działanie i zapobieganie	
– obserwacja – wymiana	
Komentarz	
Zaleca się szczególny nadzór nad nowo zabudowywanymi elementami.	

Tabela 13 Skaleczenia

SKALECZENIA/ODCISKI	3011
Charakterystyka, wygląd i przyczyny	

a)



b)



c)



d)



Skaleczenia są powodowane poprzez czynniki zewnętrzne (ACC) różnego pochodzenia, np.: uszkodzone koła (rysunek a), ciała obce (rysunek b), odciski tłucznia (rysunki c-d). Skaleczenia generowane przez uszkodzenia kół (bieżnia, obrzeża) z reguły występują cyklicznie w stałej odległości, zbliżonej do obwodu koła, często na długim odcinku. Takie wady mogą z czasem rozwijać się w pęknięcia poziome oraz prowadzą do miejscowego obniżenia powierzchni tocznej.

Skutki

Stanowią miejsce zwiększonych oddziaływań dynamicznych, z czasem mogą stanowić ognisko rozwoju wady SQUAT. SKALECZENIA o ostrych krawędziach mogą również propagować w głąb szyny prowadząc do jej złamania.

Działanie i zapobieganie

Typowe działania to:

- obserwacja (ocena rozmiaru, kształtu, ilości wad),
- jeżeli wada nie jest zbyt głęboka możliwe jest jej usunięcie poprzez reprofilację,
- w pozostałych przypadkach w zależności od rozmiaru i rozległości wady: napawanie, HWR/THR lub wymiana szyny.

Komentarz

Wada często spotykana w lokalizacjach, stanowiących punkt początkowy przewozu materiałów sypkich: kruszywo, rudy żelaza, etc. (rysunek e)

e)



Tabela 14 Niewłaściwa obróbka mechaniczna

NIEWŁAŚCIWA OBRÓBKA MECHANICZNA	302
Charakterystyka, wygląd i przyczyny	
a) b)  c)  Niewłaściwe cięcie, wykorzystanie nieodpowiedniej metody (np. cięcie palnikiem – rysunki b i c) lub inna nieakceptowalna obróbka mechaniczna mogąca doprowadzić do pękania i złamania szyny przez powstanie karbu bądź zmniejszenie profilu szyny.	
Skutki	
Wzrost naprężeń w szynie i niebezpieczeństwo pęknięć lub złamań.	
Działanie i zapobieganie	
– obserwacja (w przypadku karbu lub zmniejszenia profilu bez widocznego pęknięcia), – wymiana (w przypadku pęknięcia spowodowanego niewłaściwą obróbką mechaniczną).	
Komentarz	

Tabela 15 Trwałe odkształcenie szyn

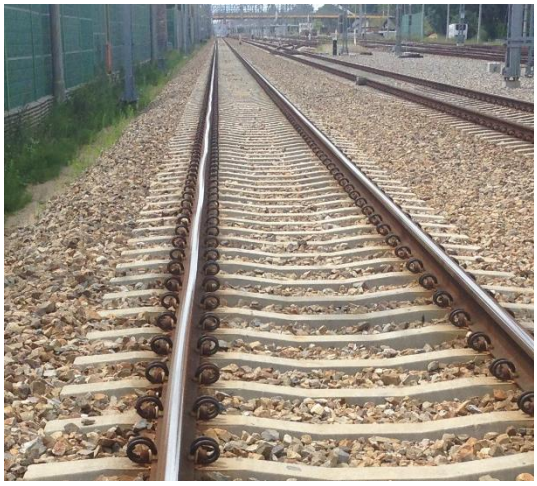
TRWAŁE ODKSZTAŁCENIE SZYN	**303**
Charakterystyka, wygląd i przyczyny	
a)  b)  c)  d)  Trwałe odkształcenie szyn (rysunki a-c) stanowi wadę obserwowaną najczęściej bezpośrednio po zabudowie szyn lub w przypadku wykolejenia. Przyczynę jej powstania stanowią czynniki zewnętrzne (ACC), w szczególności: uderzenia, niewłaściwe obchodzenie się z szynami podczas rozładunku, składowania (rysunek d), przemieszczania po placu budowy, etc. W eksploatacji najłatwiej zaobserwować je po występującym niejednorodnym śladzie toczenia koła na powierzchni tocznej szyny (rysunek c).	
Skutki	
Trwałe odkształcenia szyn generują powstanie w torze nierówności poziomych i/lub prowadzą do braku zachowania prostoliniowości szyny (obserwowanej z reguły na długiej bazie pomiarowej). Deformacje te zmieniają zachowanie się pojazdu na torze. Ponadto może być przyczyną przyśpieszonego narastania zużycia jak również prowadzić do powstawania innych wad wskutek zwiększonych naprężeń w szynie. Może również przyczyniać się do powstania szkodliwych naprężeń szczątkowych.	
Działanie i zapobieganie	
– odpowiednie składowanie szyn – wymiana szyny.	
Komentarz	
W przypadku tego rodzaju wad, zaleca się podejmować działania przed zabudową szyn, tj. reklamować każdy przypadek niewłaściwego składowania lub wykorzystywania niewłaściwych narzędzi do przemieszczania i zabudowy szyn.	

Tabela 16 Korozja

<table>
<tr><th>KOROZJA</th><th>234 – szyjka szyny
2541/2542/2543 – stopka szyny</th></tr>
<tr><td colspan="2">Charakterystyka, wygląd i przyczyny</td></tr>
<tr><td colspan="2">a)

b)

c)

d)
</td></tr>
<tr><td colspan="2">Postępujące zjawisko korozji charakteryzuje się odłamywaniem kawałków/płatów rdzy od szyny, w wyniku czego znacznie zmniejsza się pole przekroju szyny i jej wytrzymałość.
KOROZJA występuje w szczególności na liniach zelektryfikowanych w lokalizacjach narażonych na działania wody i substancji chemicznych, w szczególności:
– w tunelach,
– na przejazdach kolejowo-drogowych,
– nad obiektami inżynieryjnymi,
– w lokalizacjach z dużym zanieczyszczeniem podsypki.
KOROZJA wykrywana jest za pomocą badań wizualnych VT i badań ultradźwiękowych UT.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Skutki</td></tr>
<tr><td colspan="2">Ubytek materiału spowodowany rdzewieniem prowadzi do obniżenia wskaźnika wytrzymałości szyny i może prowadzić do jej złamania. Zaleca się szczególną ostrożność w przypadku wystąpienia korozji w stopce szyny (strefa naprężeń rozciągających).</td></tr>
<tr><td colspan="2">Działanie i zapobieganie</td></tr>
<tr><td colspan="2">Wymiana szyny, jeżeli na skutek KOROZJI zachodzi ryzyko niezapewnienia przez szynę wymaganej wytrzymałości.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Komentarz</td></tr>
<tr><td colspan="2">---</td></tr>
</table>

§ 5.

Zużycie szyn

1. Zużycie powstaje w efekcie eksploatacji szyn oraz skutkuje zmianą jej profilu podłużnego i/lub poprzecznego. W zależności od formy oraz wielkości zużycia, wpływać może ono

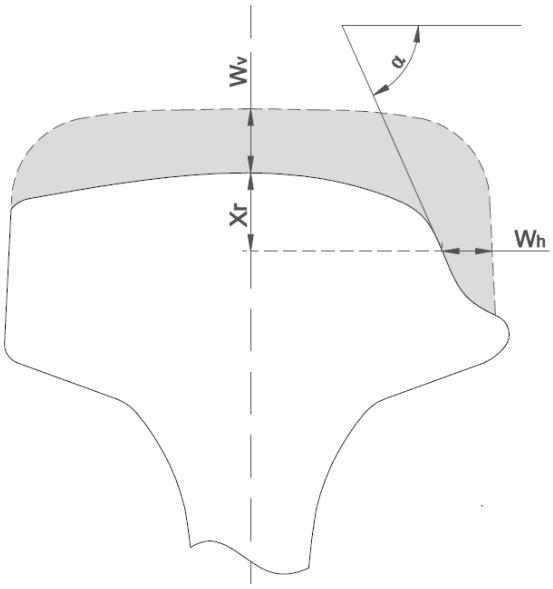
na tempo degradacji wszystkich elementów nawierzchni kolejowej, komfort i bezpieczeństwo.

2. Wyróżnia się następujące formy zużycia:
   a) zużycie profilu poprzecznego (zużycie pionowe/boczne) – określane jako różnica pomiędzy profilem nominalnym szyny, a profilem rzeczywistym określane w ustalonym na przekroju szyny punkcie (zgodnie z katalogiem wad w szynach kolejowych IRS 70712 zużycie boczne klasyfikowane jest jako wada o numerze 2203, natomiast zużycie pionowe stanowi wadę o numerze 2204),
   b) zużycie profilu podłużnego (zużycie faliste) – zużycie w postaci mniej lub bardziej regularnych nierówności, możliwych do zaobserwowania nieuzbrojonym okiem.

§ 6.

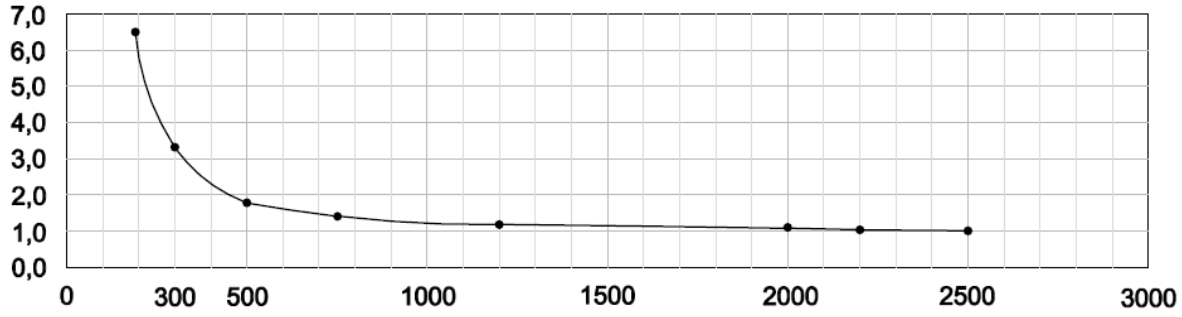
Zużycie profilu poprzecznego

1. Zużycie profilu poprzecznego wiąże się ze zmniejszeniem pola przekroju poprzecznego szyny, co powoduje zmniejszenie wytrzymałości szyny (zmniejszenie wskaźnika wytrzymałości).
2. Zużycie pionowe (rysunek 6 – Wv) – wada 2204 – różnica wysokości pomiędzy profilem nominalnym, a profilem rzeczywistym, mierzona w osi szyny (Y-0).
3. Na tempo zużycia pionowego wpływają przede wszystkim:
   1) natężenie przewozów (Tg/rok),
   2) rodzaj prowadzonego ruchu (nacisk osi, siły trakcyjne),
   3) zastosowany gatunek stali szynowej (R350HT, R260),
   4) profil podłużny linii (pochylenia),
   5) warunki atmosferyczne (współczynnik tarcia),
   6) współpraca koło-szyna (siły trakcyjne, odcinki hamowania/rozruchu).



Rysunek 6 Zasady pomiaru profilu poprzecznego: zużycie pionowe (W_v), zużycie boczne (W_h), kąt zużycia (α)

4. Zużycie boczne (rysunek 6 W_h) – wada 2203 – różnica pomiędzy szerokością profilu nominalnego i profilu rzeczywistego, mierzona 15 mm poniżej najwyższego punktu profilu (szyny) rzeczywistego.
5. Dotychczasowe doświadczenia wskazują, że zużycie boczne najczęściej występuje w szynach położonych w:
   1) toku zewnętrznym na łukach o małych promieniach (R < 300 m),



Rysunek 7 Współczynnik wzrostu zużycia bocznego w funkcji promienia łuku (dla stali R260)

   2) toku zewnętrznym na łukach o promieniach większych niż wskazano w pkt. 1, na których występują znaczne wartości niedomiaru przechyłki[3)]
   3) torach prostych – miejscowo na długości kilku metrów, naprzemianlegle w obu tokach szynowych, co może być spowodowane usterkami toru (np. uszkodzeniami przekładek podszynowych – zmiana pochylenia), błędami w obróbce końcowej połączeń spawanych, jakością toru (nierówności poziome/pionowe, zmiany szerokości toru), etc.

[3] Niedomiar przechyłki (I) – odpowiednik przyśpieszenia niezrównoważonego (a), patrz [ST-T1-A6

6. Na tempo zużycia bocznego wpływają przede wszystkim:
   1) czynniki torowe:
      a) nieregularność krzywizn w łukach,
      b) nieodpowiednie podbicie toru,
      c) nieodpowiedni stan podsypki,
      d) zły stan złączek.
   2) czynniki taborowe:
      a) obsługa linii przez ciężkie pociągi,
      b) występowanie ruchu mieszanego,
      c) duże siły poprzeczne wywierane na szyny oraz nabieganie kół pod większym kątem (zwłaszcza układ osi Co-Co).
7. Dopuszczalne wartości zużyć profilu poprzecznego przedstawiono w tabeli 17.

Tabela 17 Klasyfikacja zużycia profilu poprzecznego szyn

<table>
<tr><th colspan="9">Klasyfikacja nierówności profilu poprzecznego (zużycie szyn)</th></tr>
<tr><td colspan="2">Działania</td><td colspan="2">U1
(lekkie)</td><td colspan="2">U2
(średnie)</td><td colspan="3">U3
(ciężkie)</td></tr>
<tr><td>Prędkość</td><td>Profil</td><td>Pionowe</td><td>Boczne[1)]</td><td>Pionowe</td><td>Boczne[1)]</td><td>Pionowe</td><td>Boczne[1)]</td><td>Całkowite[2)]</td></tr>
<tr><td>V ≤ 80</td><td rowspan="4">60E1
60E2
R65</td><td>16</td><td>18</td><td colspan="2" rowspan="4">nie określa się</td><td>18</td><td>20</td><td>32</td></tr>
<tr><td>80 < V ≤ 120</td><td>14</td><td>16</td><td>16</td><td>18</td><td>28</td></tr>
<tr><td>120 < V ≤ 160</td><td>12</td><td>14</td><td>14</td><td>16</td><td>28</td></tr>
<tr><td>160 < V ≤ 250</td><td>10</td><td>10</td><td>12</td><td>12</td><td>--</td></tr>
<tr><td>V ≤ 80</td><td rowspan="3">49E1</td><td>12</td><td>16</td><td colspan="2" rowspan="4">nie określa się</td><td>14</td><td>18</td><td>--</td></tr>
<tr><td>80 < V ≤ 120</td><td>10</td><td>14</td><td>12</td><td>16</td><td>--</td></tr>
<tr><td>120 < V ≤ 160</td><td>7</td><td>10</td><td>8</td><td>12</td><td>--</td></tr>
<tr><td>V ≤ 80</td><td>inne</td><td>8</td><td>10</td><td>10</td><td>14</td><td>--</td></tr>
<tr><td colspan="2">Termin usunięcia [dni]</td><td colspan="2">zaplanować wymianę</td><td colspan="2">---</td><td colspan="3">45</td></tr>
<tr><td colspan="2">Metoda naprawy</td><td colspan="7">Wymiana szyn</td></tr>
<tr><td colspan="9">Uwaga:
1) Pomiar zużycia bocznego na wysokości 15 mm poniżej powierzchni tocznej
2) Zużycia całkowite obliczać wg wzoru: $W_\Sigma = W_v + {}^{W_h}/_2$, gdzie: W_Σ – zużycie całkowite, W_v – zużycie pionowe, W_h – zużycie boczne
3) Kąt zużycia niezależnie od występującego zużycia bocznego i pionowego nie może być mniejszy niż α=55°</td></tr>
</table>

8. Zasadniczo pomiary zużycia powinny być wykonywane w sposób zautomatyzowany, tj. pociągiem pomiarowym lub toromierzem samorejestrującym z przystawką umożliwiającą pomiar profilu poprzecznego szyny.

9. Jeżeli z jakichś powodów nie jest możliwe wykonanie pomiaru ciągłego, wówczas należy wykonywać pomiary w sposób punktowy:
   1) zużycie boczne – w lokalizacjach, w których występuje widoczne zużycie boczne, pomiar należy prowadzić w sposób zapewniający poprawne wskazanie odcinków toru, na których szyny kwalifikują się do wymiany,
   2) zużycie pionowe – co najmniej raz na kilometr pomiar zużycia lewego oraz prawego toku szynowego, oraz każdorazowo w lokalizacjach, w których może wystąpić nadmierne zużycie pionowe.

§ 7.

Zużycie profilu podłużnego (zużycie faliste)

1. Zużycie profilu podłużnego (zużycie faliste) przybiera formę nierówności szyny w postaci „mniej lub bardziej” regularnych nierówności pionowych występujących na powierzchni tocznej szyny, które to są możliwe do zaobserwowania okiem nieuzbrojonym. Wg katalogu wad w szynach zużycie faliste klasyfikowane jest jako wada o numerze katalogowym 2201 lub 2202.
2. Zużycie faliste występujące w szynie widoczne jest w postaci charakterystycznego falistego wzoru, gdzie szczyty fal cechują się błyszczącą powierzchnią, natomiast dna fal posiadają ciemniejsze zabarwienie. Różne formy zużycia falistego zostały przedstawione w tabeli 8.
3. Występujące zużycie faliste charakteryzowane jest poprzez dwie cechy (rysunek 8):
   1) długość fali „λ” – dla potrzeb diagnostyki wyróżnia się następujące zakresy fal:
      a) ultrakrótkie (FUK): 10 – 30 mm;
      b) krótkie (FK): 30 – 100 mm;
      c) średnie (FS): 100 – 300 mm;
      d) długie (FD): 300 – 1000 mm.
   2) amplitudę „A” – tj. wysokość fali (rysunek 8) – dla potrzeb diagnostyki posługujemy się parametrami wartości międzyszczytowej (ang. *peak-to-peak* – „p2p”), tj. różnicą pomiędzy dnem a szczytem fali lub wartością skuteczną RMS (ang. *Root Mean Square*).



Rysunek 8 Charakterystyka zużycia falistego oraz zasady determinujące jego skuteczne usunięcie

4. Odcinki mające tendencje do szybszego powstawania zużycia falistego to przede wszystkim:
   1) tory, na których kursują jednakowe typy pociągów (o zbliżonych właściwościach biegowych) przy małym zróżnicowaniu prędkości – np. linie aglomeracyjne,
   2) tory o dużej sztywności – np. tory zabudowane w postaci nawierzchni bezpodsypkowej,
   3) tory, na których występują szyny z punktowymi wadami powierzchniowymi – wady te stanowią miejsca zwiększonych oddziaływań dynamicznych, na skutek których rozpoczyna się „tworzenie” zużycia falistego,
   4) tory położone w strefach częstego hamowania pojazdów – odkształcenia plastyczne powstałe na skutek hamowania powodują powstawanie wad powierzchniowych (pkt 3), a w konsekwencji prowadzi to również do powstania zużycia falistego,
   5) tory, na których po zabudowie szyn nowych nie wykonano reprofilacji – na szynach tych pozostają mikro-nierówności, będące następstwem procesu produkcji szyny (warstwa odwęglona) oraz powstałe w procesie budowy (rozładunek/dystrybucja tłucznia),
   6) tok wewnętrzny w łukach o małych promieniach (dla R < 700 m) – na skutek różnicy długości drogi jaką pokonują koła tego samego zestawu kołowego (tzw. fale poślizgowe – rysunek 9).



Rysunek 9 Przykładowe fale poślizgowe (jedna z form zużycia profilu podłużnego)

5. Dotychczasowe obserwacje wskazują, że najczęstszą formą zużycia profilu podłużnego są fale krótkie (30-100 mm), które występują przede wszystkim na odcinkach prostych oraz w łukach o dużych promieniach.
6. Występowanie zużycia falistego powoduje m.in. zwiększone oddziaływania dynamiczne generowane na styku koło-szyna oraz zwiększoną amplitudę drgań. Zjawiska te stanowią przyczynę:
   1) przyśpieszonej degradacji elementów nawierzchni kolejowej:
      a) szyna – zużycie faliste, może stanowić czynnik inicjujący powstawanie innych wad o charakterze kontaktowo-zmęczeniowym (wady SQUAT – 227),
      b) węzeł przytwierdzenia - odkręcanie się śrub i wkrętów, oraz pękanie/wypinanie elementów sprężystych,
      c) podsypka – rozluźnianie i migracja podsypki (obsypywanie się pryzmy, przemieszczanie podsypki w kierunku toku szynowego położonego niżej),
   2) degradacji podtorza – oddziaływania dynamiczne powodują przekroczenie wytrzymałości górnej warstwy podtorza, co prowadzi do powstawania wychlapów. Pierwszą oznakę ich powstawania często stanowi jaśniejsze zabarwienie tłucznia (obmywanie ziaren przez wodę) występujące przy czole podkładów.
   3) obniżenia jakości geometrii toru poprzez przyśpieszone narastanie nierówności pionowych toru,
   4) obniżenia komfortu podróży oraz wzmożonej emisji hałasu generowanego od obluzowanych elementów węzła przytwierdzenia do otoczenia. Zjawisko to jest szczególnie uciążliwe w przypadku występowania zużycia o krótkiej fali.

7. Dopuszczalne wartości nierówności profilu podłużnego zostały przedstawione w tabeli 18.

Tabela 18 Klasyfikacja nierówności profilu podłużnego szyny (zużycie faliste)

<table>
<tr><td rowspan="2">Prędkość [km/h]</td><td rowspan="2">Długość fali [mm]</td><td colspan="2">Dopuszczalna amplituda „A” (wartości międzyszczytowej – p2p)</td></tr>
<tr><td>U1</td><td>U2</td></tr>
<tr><td>V ≤ 80</td><td rowspan="4">10-30
30-100</td><td>0,15</td><td>---</td></tr>
<tr><td>80 < V ≤ 120</td><td>0,07</td><td>0,15</td></tr>
<tr><td>120 < V ≤ 160</td><td>0,05</td><td>0,10</td></tr>
<tr><td>V > 160</td><td>0,02</td><td>0,04</td></tr>
<tr><td>V < 120</td><td rowspan="2">100-300</td><td>0,20</td><td>---</td></tr>
<tr><td>120 ≤ V</td><td>0,10</td><td>0,20</td></tr>
<tr><td>120 ≤ V</td><td>300-1000</td><td>0,40</td><td>0,50</td></tr>
<tr><td colspan="2">Zalecane działania do podjęcia</td><td>planowanie szlifowania (zgłoszenie zapotrzebowania)</td><td>włączenie do obecnego harmonogramu szlifowania</td></tr>
<tr><td colspan="2">Termin usunięcia</td><td>zaplanować do reprofilacji</td><td>włączyć do (istniejącego) harmonogramu reprofilacji</td></tr>
<tr><td colspan="2">Metoda naprawy</td><td colspan="2">szlifowanie</td></tr>
</table>

8. W celu przeciwdziałania powstawaniu zużycia falistego lub wydłużenia okresu do jego powstania zaleca się stosować następujące działania:
   1) reprofilację początkową – mającą wydłużyć czas do powstania zużycia falistego,
   2) reprofilację prewencyjną – mającą na celu nie dopuścić do powstania zużycia falistego o amplitudzie równej lub większej wskazanej w tabeli 18, próg U1/U2,
   3) w łukach o promieniach R ≤ 800 m stosować szyny charakteryzujące się większą twardością np. R350HT,
   4) przed łukami poziomymi podatnymi na powstawanie zużycia falistego instalować smarownice szyn, zgodnie z wymaganiami wskazanymi w [ST-T1-A8],
   5) zmniejszenie sztywności rusztu torowego – poprzez stosowanie podkładek podpodkładowych (USP) lub zastosowanie węzła przytwierdzenia z przekładką podszynową o mniejszej sztywności, zgodnie z wymaganiami wskazanymi w [ST-T1-A8].

§ 8.

Pochylenie poprzeczne szyn

1. Nominalne pochylenie poprzeczne szyn w nawierzchni toru w płaszczyźnie pionowej powinno być zgodne z wartościami wskazanymi w [ST-T1-A8].
2. W przypadku występowania niespokojnego biegu pojazdów bądź problemów z utrzymaniem odpowiedniej szerokości toru zaleca się wykonać sprawdzenie wartości pochylenia poprzecznego szyn występującego w torze.
3. Dopuszczalne wartości pochylenia poprzecznego toru wskazano w tabeli 19.

Tabela 19 Klasyfikacja pochylenia poprzecznego toków szynowych

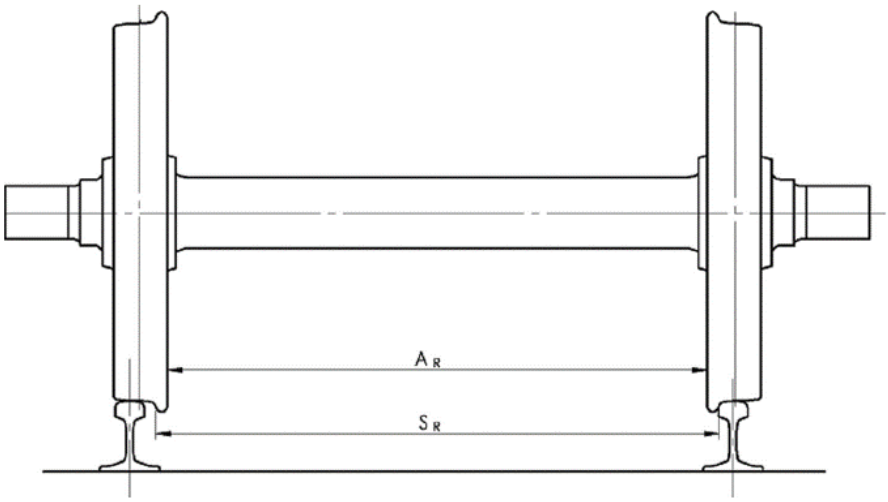
Pochylenie nominalne		U1		U2	
		[1/x]	[°]	[1/x]	[°]
1:40	„-”	1:80	0,72	1:∞	0
	„+”	1:26,7	2,15	1:20	2,86
1:20	„-”	1:30	1,9	1:60	0,95
	„+”	1:15	3,8	1:12	4,76

4. Pochylenie poprzeczne szyn stanowi dodatkowy parametr, wspierający analizy diagnostyczne, tym samym przekroczenie wartości dopuszczalnych dla tego parametru nie wymusza zaplanowania/wykonania prac, o ile nie prowadzi to do obniżenia komfortu jazdy i/lub nie wpływa negatywnie na trwałość elementów nawierzchni kolejowej.

§ 9.

Ekwiwalentna stożkowatość

1. Ekwiwalentna stożkowatość (EQ – *equivalent conicity*) – jest to wielkość określająca zależność geometryczną między przemieszczeniem poprzecznym zestawu kołowego a promieniami tocznymi koła prawego i lewego.
2. Parametr ten charakteryzuje warunki współpracy koła z szyną, a jego wartości zależą od:
   1) geometrii zestawów kołowych – profilu koła, odległości między powierzchniami czynnymi zestawu kołowego (S_R) – rysunek 10,
   2) geometrii szyny i toru – profilu i pochylenia poprzecznego szyn oraz szerokości toru.



Rysunek 10 Podstawowe wymiary geometrii zestawów kołowych

3. W przypadku zgłoszenia informacji o niespokojnym biegu pojazdu zaleca się wykonać wspólnie z przewoźnikiem czynności sprawdzające zmierzające do ustalenia przyczyn takiego zjawiska.
4. Działania jakie należy podjąć w ramach czynności, o których mowa w ust. 3, to co najmniej:
   1) analiza wstępna:
      a) przewoźnik: identyfikacja wad układu biegowego oraz innych problemów mogących powodować niespokojną jazdę, m.in. sprawdzenie stanu: kół, zestawów kołowych, tłumików wężykowania, elementów zawieszenia,
      b) PLK SA: identyfikacja usterek jakości geometrycznej toru (IZ), w przypadku braku wad skierować wniosek do IG o wykonanie analizy EQ,
      c) wspólnie: identyfikacja miejsc wystąpienia niespokojnej jazdy,
   2) obliczenia ekwiwalentnej stożkowatości:
      a) przewoźnik: obliczenie ekwiwalentnej stożkowatości dla rzeczywistego zestawu kołowego zgodnie z procedurą [TSI Tabor] i porównanie wyników z maksymalną ekwiwalentną stożkowatością, dla której pojazd został zaprojektowany i przebadany,
      b) PLK SA: IZ skierowanie wniosku do IG o analizę EQ. IG obliczenie ekwiwalentnej stożkowatości dla rzeczywistych parametrów toru (szerokość, pochylenie poprzeczne, profil poprzeczny) zgodnie z procedurą opisaną w TSI INF,
   3) usunięcie potencjalnych przyczyn:
      a) jeżeli wyniki uzyskane przez PLK SA przekraczają wartości dopuszczalne wskazane w tabeli 20, zaleca się podjąć działania, zgodnie z ust. 5,
      b) jeżeli wyniki uzyskane przez przewoźnika przekraczają wartości dopuszczalne, należy podjąć działania zmierzające do zapewnienia wymaganych parametrów zestawów kołowych,

c) jeżeli wyniki uzyskane zarówno przez przewoźnika, jak i PLK SA przekraczają wartości dopuszczalne, zaleca się podjąć działania obustronne wskazane powyżej,

d) jeżeli wyniki przedstawione przez przewoźnika, jak i PLK SA spełniają wymaganie określone względem EQ, zaleca się kontynuować wspólne dochodzenie (rozważyć ekspertyzę zewnętrzną).

Tabela 20 Dopuszczalne średnie wartości ekwiwalentnej stożkowatości

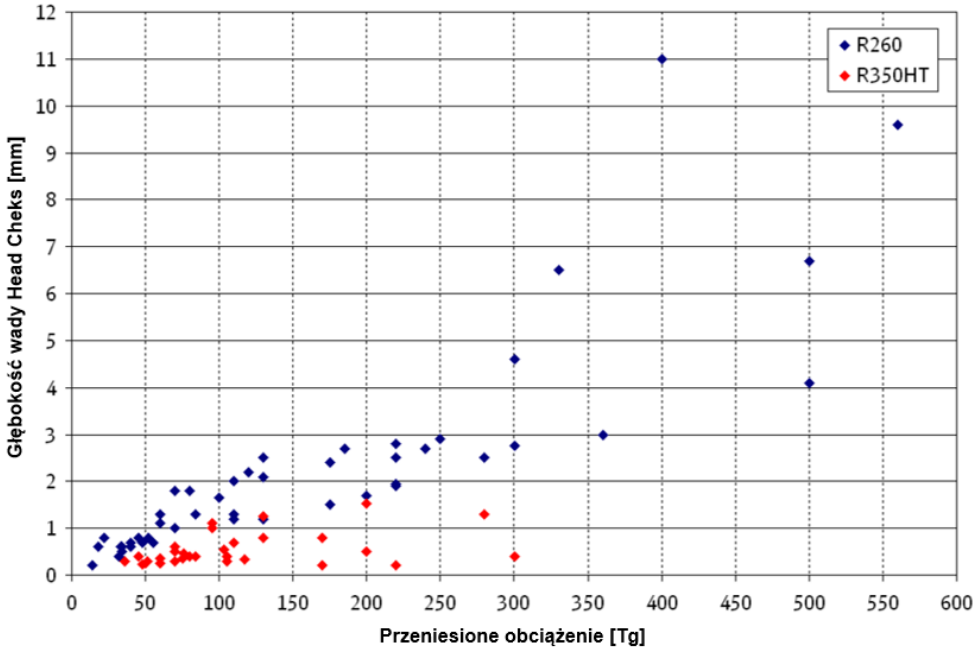
Maksymalna średnia wartość ekwiwalentnej stożkowatości na 100 m					
Prędkość [km/h]	V ≤ 80	80 < V ≤ 120	120 < V ≤ 160	160 < V ≤ 230	V > 230
U2	---	0,55	0,45	0,35	0,30

5. Działania zalecane do podjęcia w celu ograniczenia wartości EQ:
   1) zapewnienie właściwego profilu poprzecznego szyny – reprofilacja szyn (rozważyć zmianę profilu na 60E2),
   2) usunięcie zwężeń toru – regulacja węzła przytwierdzenia (jeżeli możliwa), alternatywnie wymiana podkładów (rozważyć stosowanie podkładów z węzłem przytwierdzenia zapewniającym możliwość regulacji) lub reprofilacja w celu uzyskania poszerzenia toru,
   3) zapewnienie właściwego pochylenia poprzecznego szyn – wymiana przekładek podszynowych, szlifowanie lub w przypadku podkładów drewnianych wymiana podkładów.
6. EQ nie podlega ocenie w łukach poziomych o promieniach mniejszych od 10 000 m, w rozjazdach i skrzyżowaniach torów oraz w innych lokalizacjach nieciągłości toków szynowych.

§ 10.
Działania prewencyjne i naprawcze

1. W celu zapewnienia oczekiwanego cyklu życia szyn, należy na bieżąco prowadzić prace utrzymaniowe, przy czym należy wyróżnić:
   1) działania prewencyjne – mające na celu zapobieganie powstawaniu wad,
   2) działania korekcyjne (naprawcze) – mające na celu usuwanie istniejących wad.
2. Do działań prewencyjnych zalicza się:
   1) reprofilację szyn prowadzoną w trybie prewencyjnym,
   2) zabudowę smarownic szynowych,
   3) stosowanie profili specjalnych (np. 60E2-AHCP 1:40) wg [ST-T1-A8],
   4) dobór właściwego gatunku stali szynowej, patrz [ST-T1-A8],
   5) zapewnienie właściwej jakości geometrii toru, minimalizujące oddziaływania generowane na styku koło-szyna.

3. Do działań korekcyjnych zalicza się:
   1) usuwanie wad przy pomocy technologii spawalniczych, m.in.: THR/HWR, spoina na szeroki luz oraz regeneracja metodą elektrycznego napawania łukowego,
   2) reprofilację szyn prowadzoną w trybie naprawczym lub regeneracyjnym,
   3) wymianę szyn (wstawki szynowe).
4. Za najbardziej efektywne uznaje się prowadzenie utrzymania poprzez działania prewencyjne, przy czym zaleca się:
   1) prowadzić reprofilację prewencyjną w cyklach zapobiegających powstawaniu wad RCF na prostej (m.in. wady squat) oraz usunięcie wad na łukach (m.in. wady head checks) przed osiągnięciem głębokości 0,5 mm
   2) rozmieszczać smarownice szynowe, w lokalizacjach zgodnie z [ST-T1-A8]
5. Dobór właściwych cykli (częstotliwości) reprofilacji prewencyjnej uzależniony jest od uwarunkowań lokalnych (układ geometryczny w płaszczyźnie pionowej/poziomie, standard konstrukcyjny nawierzchni, natężenie przewozów, rodzaj ruchu, strefy rozruchu/hamowania, etc.), dlatego też powinien następować w oparciu o dotychczasowe doświadczenia eksploatacyjne. Początkowo, zaleca się przyjmować cykle co około 30 Tg, (rysunek 11).
6. Przed wdrożeniem strategii opartej o działania prewencyjne zaleca się na linii lub odcinku linii, który ma zostać nią objęty, przeprowadzić:
   1) prace korekcyjne w zakresie zapewniającym usunięcie wszelkich wad, które z uwagi na rozmiar nie zostaną usunięte w toku działań prewencyjnych,
   2) inne prace utrzymaniowe zapewniające stan pełnej zdatności eksploatacyjnej linii lub odcinka linii.



Rysunek 11 Rozwój wady Head Checks w funkcji przeniesionego obciążenia [źródło: INNOTRACK]

§ 11.

Prognozowana trwałość szyn

1. Prognozowana trwałość szyn jest wielkością obciążenia wyrażoną w teragramach (Tg), jakie teoretycznie szyna jest zdolna przenieść przy zachowaniu swoich właściwości użytkowych.
2. Trwałość nie stanowi kryterium determinującego konieczność podjęcia działań o charakterze korekcyjnym (naprawczym), natomiast jest ona istotną miarą statystyczną, służącą prognozowaniu potrzeb w zakresie przyszłych wymian szyn oraz obrazującą stopień zdatności eksploatacyjnej szyn w skali całej sieci.
3. Za główne czynniki obniżające trwałość szyn należy uznać:
   1) wady powierzchniowe (w szczególności wady RCF),
   2) zużycie profilu poprzecznego (w szczególności zużycie boczne),
   3) niezadowalającą jakość układu geometrycznego toru (nierówności poziome, pionowe, etc.).
4. Dla potrzeb statystycznych, jako początkową prognozowaną trwałość szyn zabudowanych na prostej lub w łukach o promieniu większym od 1500 m, należy przyjąć wartości zgodnie z tabelą 21.

Tabela 21 Prognozowana trwałość szyn w zależności od typu i gatunku szyny

Profil szyny	Prognozowana trwałość	
	R260	R350HT
49E1	570 Tg	670 Tg
60E1, 60E2, etc.	770 Tg	870 Tg

5. Prognozowana trwałość wskazana w ust. 4, w przypadku promieni łuków kołowych mniejszych od 1500 m, podlega redukcji do wartości obliczonej zgodnie ze wzorem: (1.0).

$$Q_{Gr_R} = \alpha \cdot R^{1,5324} + \beta \ (1.0)$$

gdzie: R – promień łuku kołowego [m],

α – współczynnik różnicujący wynoszący:

dla stali gatunku R260: 49E1 = 0,0077; 60E1 = 0,0104

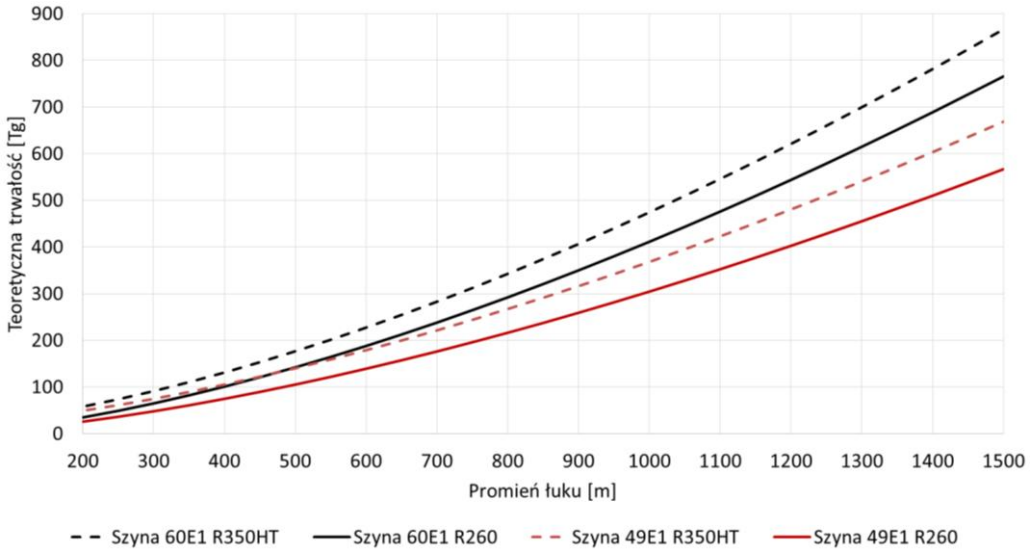
dla stali gatunku R350HT: 49E1 = 0,0088; 60E1 = 0,0115

β – stała wynosząca:

dla stali gatunku R260: 0,00

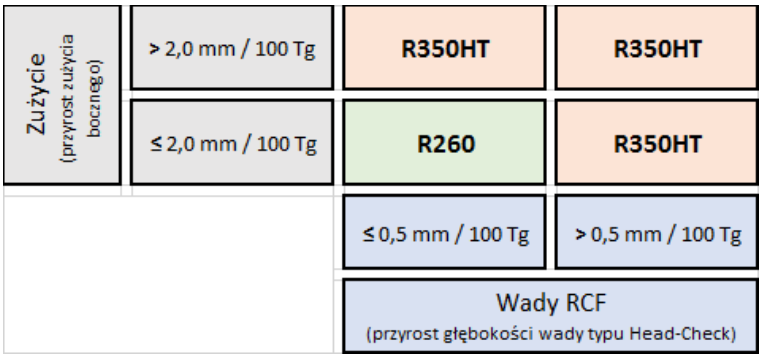
dla stali gatunku R350HT: 20,00

Poglądowo efekty tej zależności, przedstawiono na rysunku 12:



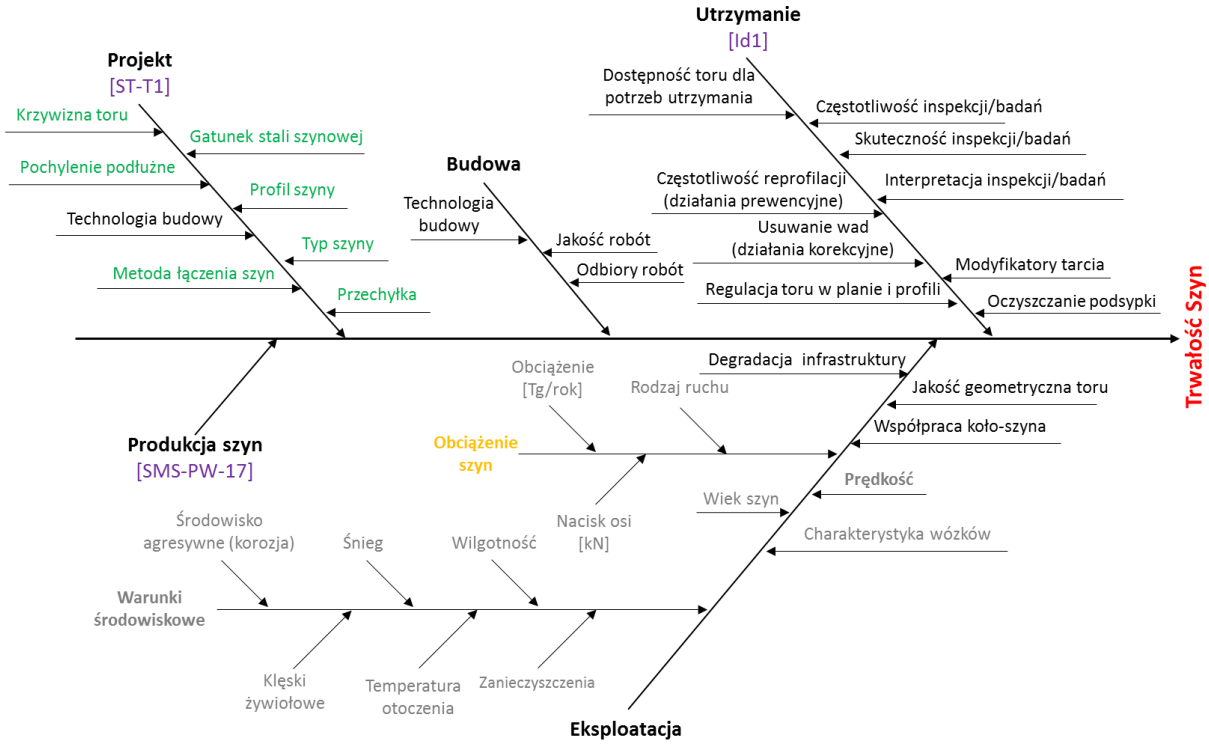
Rysunek 12 Prognozowana trwałość szyn 49E1 i 60E1 w funkcji promienia łuku oraz ze względu na zużycie i wady kontaktowo-zmęczeniowe

6. Rzeczywista osiągana trwałość szyn stanowi jeden z istotnych wskaźników oceny poziomu utrzymania linii lub odcinka linii kolejowej i jest ona ściśle zależna od prowadzonej strategii utrzymania.
7. W ramach procesów utrzymania zaleca się w możliwie największym stopniu stosować strategię opartą o działania prewencyjne (zapobiegawcze).
8. W celu podniesienia oczekiwanej trwałości szyn, dopuszcza się w ramach utrzymania zmianę gatunku stali szynowej, zgodnie z kryteriami przedstawionymi na rysunku 13.



Rysunek 13 Kryteria doboru gatunku stali szynowej w ramach utrzymania

9. Poza czynnikami wskazanymi w ust. 3, występuje szereg innych pośrednich oraz bezpośrednich czynników wpływających na ograniczenie trwałości szyn. Wybrane z nich przedstawiono na diagramie Ishikawy, rysunek 14.



Rysunek 14 Czynniki wpływające na trwałość szyn przedstawiona na diagramie Ishikawy

§ 12.

Dokumentacja diagnostyki szyn

1. Potwierdzeniem wykonania zbiorczej oceny stanu technicznego szyn jest uzupełnienie „Karty oceny toru” [D1.TR], o której mowa w Module D1.
2. W ramach diagnostyki szyn kolejowych mogą być wykorzystywane różne źródła informacji w tym m.in.:
   1) Wyniki badań defektoskopowych:
      a) Arkusz badania defektoskopowego szyn - D5_1[UT1] – Załącznik nr 3,

b) Arkusz badania defektoskopowego szyn pojazdem pomiarowym - D5_2[UT2] – Załącznik nr 4;

2) Wyniki pomiarów zużycia:
   a) Raporty z pomiaru zużycia szyn i ekwiwalentnej stożkowatości - D5_3[TP],
   b) Raporty z pomiaru zużycia falistego - D5_4[LP];
3) Obrazy pozyskane dowolną cyfrową techniką fotograficzną:
   a) Wyniki z wideoinspekcji powierzchni tocznej szyny - D5_5[RS],
   b) Dokumentacja fotograficzna obrazująca wady;
4) Inne pomiary:
   a) [TP] + [LP] + [ET],
   b) Raporty z pomiarów ręcznych;
5) Informacje uzupełniającego w zakresie:
   a) szyn (gatunek stali szynowej, profil szyny, typ szyny),
   b) konstrukcji toru kolejowego (bezstykowy/klasyczny),
   c) układu geometrycznego toru,
   d) warunków eksploatacji (natężenie przewozów, klasa obciążenia, prędkość)
   e) danych statystycznych (liczba pęknięć, wiek, przeniesione obciążenie, etc.).

3. Źródła informacji, o których mowa w ust. 2 stanowią listę otwartą, a format dostępności danych uzależniony jest od rodzaju i dostępności urządzeń pomiarowych i systemów bazodanowych, przy czym wyróżnia się dane:
   1) w postaci raportów tabelarycznych lub graficznych,
   2) w formie elektronicznej lub papierowej.
4. Proces obiegu informacji związanych z diagnostyką szyn oraz terminy dla niego ustalone wskazano w załączniku nr 2.

§ 13.

Przepisy końcowe

1. Szyny z wadami, które były przyczyną wykolejenia, każdorazowo powinny podlegać oględzinom przez IG celem wypracowania wniosków systemowych.
2. W celu sprawnego zarządzania szynami zaleca się możliwie szeroko wykorzystywać narzędzia informatyczne w Spółce:
   1) POS (moduł szyny) – informacje o posiadanych zasobach,
   2) BDD – pomiary.

Załącznik nr 1 Lista wad w szynach wg katalogu IRS 70712

1. Wady końców szyn

11/12 *Główka*
- 111 Postępujące pęknięcie poprzeczne
- 112 Pęknięcie poziome
- 113 Pęknięcie podłużne
- 121 Uszkodzenie powierzchni tocznej
  - 1211 Spalling (uszkodzenie powierzchni tocznej w wykruszeniem)
  - 1212 Wyżłobienie
  - 1213 Rysa podłużna
- 122 Uszkodzenia krawędzi tocznej
  - 1221 Flaking (łuszczenie krawędzi tocznej)
  - 1222 Shelling (łuszczenie krawędzi tocznej)
  - 1223 Head Checking (pęknięcia na krawędzi tocznej główki szyny)
- 123 Spływy (odkształcenie plastyczne)
- 124 Miejscowe obniżenie twardości
- 125 Wybuksowanie
- 127 Squat (pęknięcie i miejscowe zagłębienie powierzchni tocznej)

13 *Szyjka*
- 132 Pęknięcie poziome
  - 1321 na przejściu szyjki w główkę
  - 1322 na przejściu szyjki w stopkę
- 133 Pęknięcie pionowe podłużne
- 134 Korozja szyjki
- 135 Pęknięcie promieniowe od otworów łubkowych
- 139 Zawalcowanie

15 *Stopka*
- 153 Pęknięcie podłużne pionowe w stopce
- 154 Korozja
  - 1541 Wcięcie i otwory pod stopką
  - 1542 Miejscowa korozja pod stopką
  - 1543 Skorodowana krawędź stopki

2. Wady poza końcami szyn

20 W całym przekroju
- 200 Złamanie poprzeczne bez widocznej przyczyny

21/22 Główka
- 211 Pęknięcie poprzeczne postępujące (pęknięcie zmęczeniowe)
- 212 Pęknięcie poziome
- 213 Pęknięcie pionowe podłużne
- 220 Zużycie:
  - 2201 Zużycie faliste o krótkiej fali
  - 2202 Zużycie faliste o długiej fali
  - 2203 Nadmierne zużycie boczne
  - 2204 Nadmierne zużycie pionowe
- 221 Uszkodzenie powierzchni tocznej
  - 2211 Spalling (uszkodzenie powierzchni tocznej z wykruszeniem)
  - 2212 Wyżłobienie
  - 2213 Rysa podłużna
- 222 Uszkodzenie krawędzi tocznej
  - 2221 Flaking (łuszczenie krawędzi tocznej)
  - 2222 Shelling (łuszczenie krawędzi tocznej)
  - 2223 Head Checking (pęknięcia na krawędzi tocznej główki szyny)
- 223 Spływy (odkształcenie plastyczne)
- 224 Miejscowe obniżenie twardości

225 Wybuksowanie
2251 Pojedyncze wybuksowanie
2252 Wielokrotne wybuksowanie
227 Squat (pęknięcie i miejscowe zagłębienie powierzchni tocznej)
2271 Belgrospi Pęknięcie z drobnymi zagłębieniami (numeracja pozakatalogowa)

23 Szyjka
232 Pęknięcie poziome
2321 na przejściu szyjki w główkę
233 Pęknięcia pionowe podłużne
234 Korozja szyjki
235 Pęknięcie promieniowe od otworów inne niż otwory dla śrub łubkowych
236 Pęknięcie ukośne poza otworami
239 Zawalcowania

25 Stopka
251 Pęknięcie poprzeczne szyn obrabianych mechanicznie
253 Pęknięcie pionowe podłużne
254 Korozja
2541 Wcięcie i otwory pod stopką
2542 Miejscowa korozja pod stopką
2543 Skorodowana krawędź stopki

3. Wady spowodowane uszkodzeniami szyn

30 W całym przekroju
301 Skaleczenie
3011 Skaleczenia główki
3012 Skaleczenia stopki
302 Niewłaściwa obróbka mechaniczna
303 Trwałe odkształcenie

4. Wady powstałe podczas łączenia szyn lub napawania

41 Zgrzewanie elektryczne iskrowe
411 Pęknięcie poprzeczne w zgrzeinie (FBW)
412 Pęknięcie poziome w zgrzeinie (FBW)
417 Squat - Pęknięcie i miejscowe zagłębienie powierzchni tocznej (FBW)

42 Spawanie termitowe
421 Pęknięcie poprzeczne w spoinie (AT)
422 Pęknięcie poziome w spoinie (AT)
427 Squat - Pęknięcie i miejscowe zagłębienie powierzchni tocznej (AT)

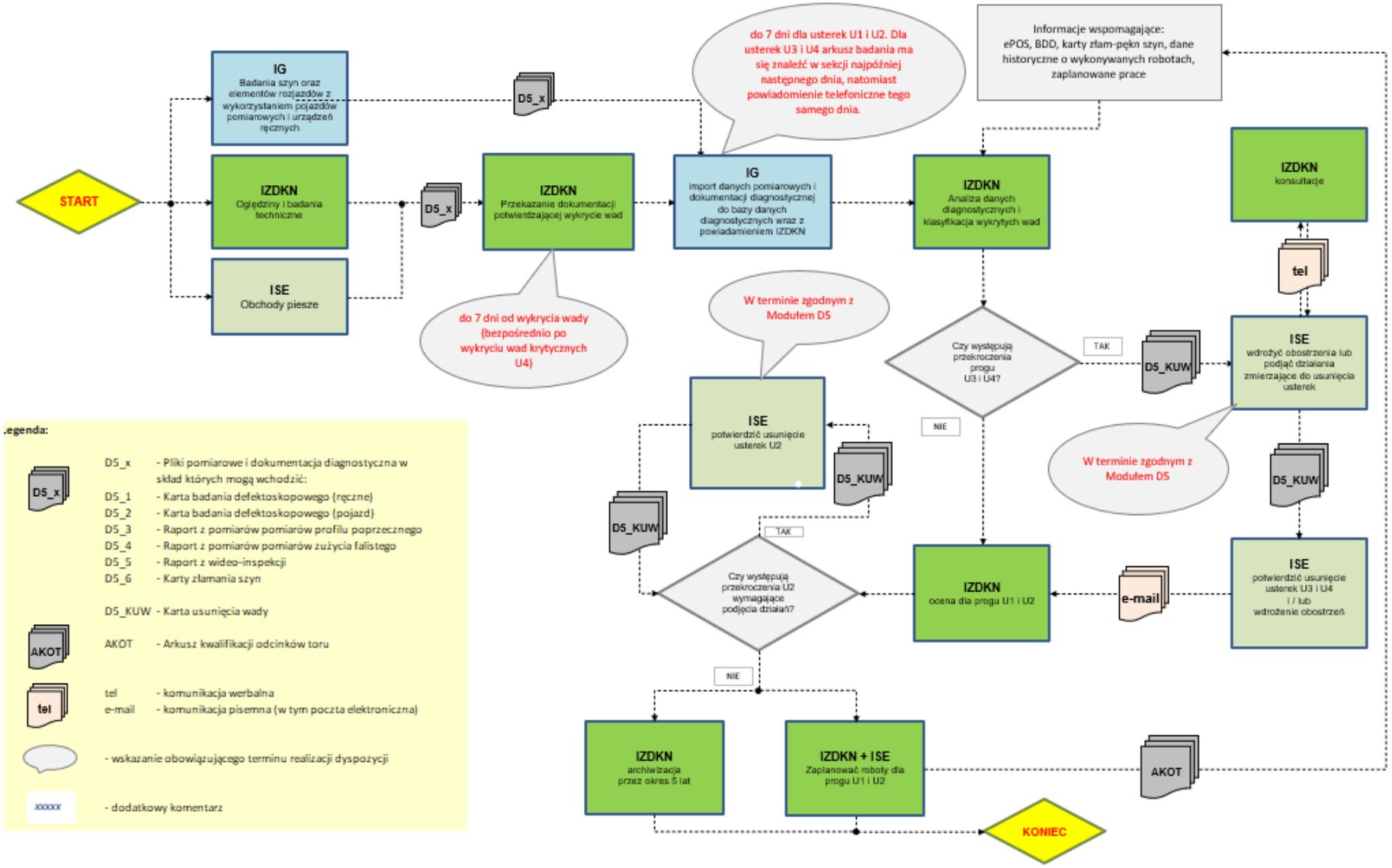
43 Spawanie łukiem elektrycznym
431 Pęknięcie poprzeczne w spoinie (EAW)
432 Pęknięcie poziome w spoinie (EAW)

47 Napawanie
471 Pęknięcie poprzeczne główki szyny (napawanej)
472 Oddzielenie lub łuszczenie materiału napawanego

48 Inne metody spajania
481 Pęknięcie poprzeczne od łączników szynowych

Legenda:
- Wady ujęte w katalogu Modułu D5
- Wady ujęte w katalogu Modułu D5 jako jedna wada
- Wady nieujęte w katalogu Modułu D5

Załącznik nr 2 Schemat obiegu dokumentacji w procesie diagnostyki szyn



Załącznik nr 3 Wzór arkusza badań defektoskopowych szyn wózkiem ręcznym D5_1[UT1]

ARKUSZ BADANIA DEFEKTOSKOPOWEGO SZYN

IGED:	**Warszawa**	Nr bad.	**IGED 1-9/999/2024/2**
IZ:	**Bydgoszcz**	od dnia:	**01-09-2024**
ISE:	**Toruń Wschodni**	do dnia:	**01-09-2024**

Linia:	**207: TORUŃ WSCHODNI - MALBORK**	szyny typu:	**UIC 60**	tor nr:	**1**
		od km:	**8.000**	Do km:	**16.000**

Tok prawy:

Badał:	Aparat:	Wzmocnienia:													
Nowak Jan	**RDM 12, 77**	W_1	**17**	W_2	**34**	W_3	**39**	W_4	**28**	W_5	**29**	W_6	**38**	W_7	**32**
		W_8	**36**	W_9	**40**	W_{11}	**17**	W_{13}	**40**	W_{16}	**41**	W_{18}	**40**	W_{19}	**41**

Tok lewy:

Badał:	Aparat:	Wzmocnienia:													
Kowalski Józef	**RDM 12, 78**	W_1	**18**	W_2	**32**	W_3	**38**	W_4	**28**	W_5	**28**	W_6	**39**	W_7	**31**
		W_8	**36**	W_9	**39**	W_{11}	**18**	W_{13}	**39**	W_{16}	**41**	W_{18}	**40**	W_{19}	**41**

Lp	Lokalizacja wady	Tok L/P	Nr wady wg katalogu	Opis oscylogramu	Szt.	Długość [m]	Krot. Wykr.	Typ szyny	Cechy szyny	Rodz. szyn	Zalecenie
1	8.340	L	2221	ŁUSZ.POW.TOCZ.	1	0.1	2	UIC 60	K, 91 V,	S	U1
s1	**9.005**	**L**	**412**	**K01_dN--_H052_dH---_dL10**	**1**	**0.2**	**1**	**UIC 60**	**999**	**S**	**U2**
2	9.570	P	3011	SKALECZENIE GŁÓWKI	10	5.0	1	UIC 60	K, 91 V,	S	U1
s2	**10.270**	**P**	**411**	**K02_dN--_H011_dH027_dL31**	**1**	**0.2**	**1**	**UIC 60**	**999**	**S**	**U3**
3	11.240	L	2211	ROWEK NA POW.TOCZ. Z WYKRUSZENIEM	1	0,1	2	UIC 60	K, 91 V,	S	U1
4	**11.260**	**P**	**227**	**K01_dN--_H012_dH---_dL51**	**1**	**0.1**	**1**	**UIC 60**	**K, 91 V,**	**S**	**U2**
5	12.500	P	2271	PĘKNIĘCIE Z DROBNYMI ZAGŁĘBIENIAMI	3	0.5	1	UIC 60	K, 91 V,	S	U1
6	**12.620**	**L**	**2223**	**HCH_28_mm**	**1**	**5.0**	**1**	**UIC 60**	**K, 91 V,**	**C**	**U2**
7	12.640	P	2251		4	3.0	2	UIC 60	K, 91 V,	S	U1
s3	**12.680**	**P**	**421**	**K01_dN--_H012_dH---_dL32**	**1**	**0.2**	**1**	**UIC 60**	**999**	**S**	**U2**
s4	12.740	P	427	MIEJSCOWE ZAGŁĘBIENIE POW. TOCZ.	1	0.2	2	UIC 60	K, 91 V,	S	U1
8	**15.640**	**P**	**200**	**K02_dN--_H012_dH051_dL50**	**1**	**0.1**	**1**	**UIC 60**	**K, 91 V,**	**U**	**U4**
9	15.650	L	2252		1	4.0	2	UIC 60	K, 91 V,	S	U1

Przedstawiciel ISE: Jan Nowak

Uwagi dotyczące badań:

*Dn. 01-09-2024 r. o godz.14:00 powiadomiono o wyżej wyszczególnionych wadach klasy **U3** i **U4** ISE Toruń Wschodni, przyjął pan Adam Nowak.*

Arkusz sporządził:

Objaśnienia skrótów:	*S - szyna odlewana z wlewka (surowa); C - szyna z odlewania ciągłego (ciągła); U - szyna obrabiana cieplnie (utwardzana)*
	Oznaczenia U1, U2, U3, U4 zgodnie z [Id-1][Moduł D5]

TAJEMNICA PRZEDSIĘBIORSTWA PKP Polskie Linie Kolejowe S.A.

Załącznik nr 4 Wzór arkusza badań defektoskopowych pojazdem pomiarowym D5_2[UT2]

ARKUSZ BADANIA DEFEKTOSKOPOWEGO SZYN POJAZDEM POMIAROWYM

IGED:	**Warszawa**	Nr bad.	**IGEA-/999/2024/2**
IZ:	**Bydgoszcz**	od dnia:	**01-09-2024**
ISE:	**Toruń Wschodni**	do dnia:	**01-09-2024**

Linia:	**207: TORUŃ WSCHODNI - MALBORK**	szyny typu:	**UIC 60**	tor nr:	**1**
		od km:	**8.000**	Do km:	**16.000**

Protokół sporządził:

Lp	Lokalizacja wady	Tok L/P	Szt.	Rozmiar [mm]		Położenie [mm]	Krot. Wykr.	Typ szyny	Zalecenie	Uwagi
				L	H					
1	8.340	L	1	173	16	23	2	UIC 60	U1	
2	**9.005**	**L**	**1**	**10**	**15**	**39**	**1**	**UIC 60**	**U2**	
3	9.570	P	10	38	22	36	1	UIC 60	U1	
4	**10.270**	**P**	**1**	**7**	**11**	**38**	**1**	**UIC 60**	**U3**	
5	11.240	L	1	17	29	28	2	UIC 60	U1	
6	**11.260**	**P**	**1**	**279**	**40**	**14**	**1**	**UIC 60**	**U2**	
7	12.500	P	3	138	32	3	1	UIC 60	U1	
8	**12.620**	**L**	**1**	**49**	**17**	**13**	**1**	**UIC 60**	**U2**	
9	12.640	P	4	55	33	19	2	UIC 60	U1	
10	**12.680**	**P**	**1**	**31**	**16**	**13**	**1**	**UIC 60**	**U2**	
11	**15.640**	**P**	**1**	**45**	**44**	**4**	**1**	**UIC 60**	**U4**	

Przedstawiciel ISE:

Uwagi dotyczące badań:

*Dn.01-09-2024 r. o godz.14:00 powiadomiono o wyżej wyszczególnionych wadach kategorii **U3** i **U4** ISE Toruń Wschodni, przyjął pan Adam Nowak.*

Arkusz sporządził:

Objaśnienia skrótów:	Oznaczenia U1, U2, U3, U4 zgodnie z [Id-1][Moduł D5]

TAJEMNICA PRZEDSIĘBIORSTWA PKP Polskie Linie Kolejowe S.A.