

## WPŁYW ZASTOSOWANIA WIBROIZOLACJI W PODROZJAZDNICACH NA ROZJAZD

---

Ewelina Kwiatkowska

mgr inż., asystent, Katedra Mostów i Kolei, Wydział Budownictwa Lądowego i Wodnego, Politechnika Wroclawska,  
Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław

---

*Streszczenie. Praca poświęcona jest możliwości zastosowania podkładek na spodniej powierzchni podrozjazdnic. W opracowaniu zamieszczono wytyczne stosowania wibroizolacji na spodniej powierzchni podrozjazdnic strunobetonowych na liniach kolejowych stosowanych na kolejach austriackich i niemieckich. W pracy przedstawiono wstępne wyniki analizy wpływu zastosowania wibroizolacji w podrozjazdnicach strunobetonowych na rozjazd.*

**Słowa kluczowe:** rozjazd, wibroizolacja, USP

### 1. Wstęp

Rozjazdy kolejowe stosowane na liniach nowobudowanych i modernizowanych w około 80% zabudowane są na podrozjazdnicach strunobetonowych. Ze względu na sztywne mocowanie elementów rozjazdów do podrozjazdnic strunobetonowych występuje nierównomierne zużywanie się elementów stalowych rozjazdów, powodując nieprecyzyjną pracę rozjazdu między innymi w części zwrotnicy, takie jak nie odbijanie lub nie dociskanie iglicy, stanowiące niebezpieczeństwo w prowadzeniu ruchu po rozjeździe. Jednym ze sposobów poprawy parametrów eksploatacyjnych rozjazdów jest zastosowanie podkładek wibroizolacyjnych na spodniej powierzchni podrozjazdnic strunobetonowych.

Sprężyste podkładowki na podrozjazdnicach wpływają na zwiększenie powierzchni kontaktu podrozjazdnicy z podsypką tłuczniovą w wyniku zagłębienia się ziaren tłuczniwa w warstwę wibroizolacji. Zagłębienie się ziaren podsypki tłuczniowej w wibroizolację zwiększa opór na przesuw poprzeczny rozjazdu, utrzymanie geometrycznej niezmienności rozjazdu i ograniczenie uszkodzeń podrozjazdnic [4, 5, 6].

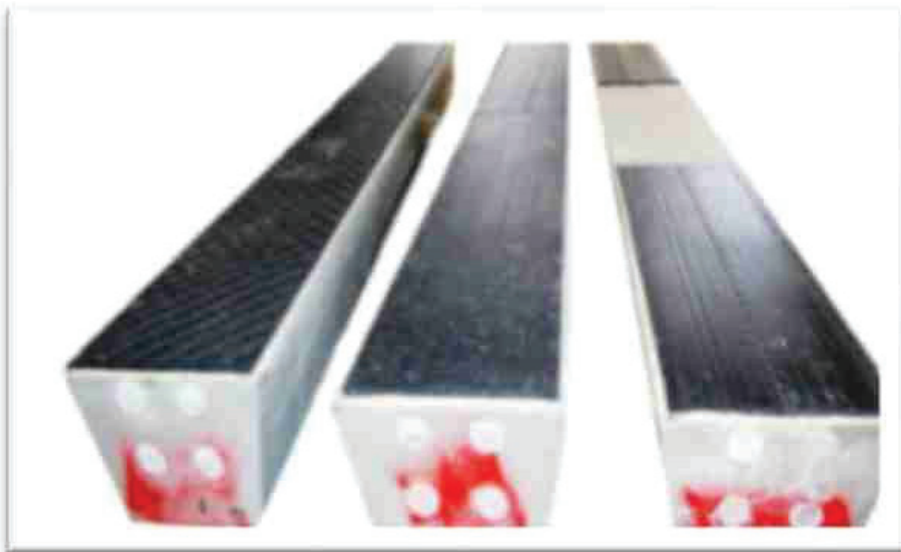
W celu oceny wpływu zastosowania wibroizolacji na spodniej powierzchni podrozjazdnic strunobetonowych (USP- Under Sleepers Pad) na pracę rozjazdu kolejowego firma Getzner opracowała model numeryczny rozjazdu z wibroizolacją [6]. Opracowany model rozjazdu na podrozjazdnicach z USP umożliwia przeprowadzenie analizy rozkładu deformacji pionowych w elementach rozjazdu w wyniku zastosowania podkładek pod podrozjazdnicami o różnej sztywności USP.

## 2. Sprężyste podpory podkładów i podrozjazdnic strunobetonowych

Materiał wibroizolacyjny stosowany na spodniej powierzchni podkładów i podrozjazdnic strunobetonowych na sieci PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. można podzielić na dwie grupy. Do pierwszej grupy należy wibroizolacja wykonana z poliuretanu (rys. 1), a do drugiej materiały z granulatu gumowego (rys. 2). Wibroizolacja stosowana na spodniej powierzchni podrozjazdnic i podkładów strunobetonowych poddana jest badaniom materiałowym zgodnie z normami: DIN 45673-1, DIN 18134.



Rys. 1. USP z poliuretanu firmy Getzner {6}



Rys. 2. USP z granulatu gumowego firmy CDM {5}

Wibroizolacja na spodniej powierzchni podkładów i podrozjazdnic strunobetonowych wpływa na [1-6]:

- zwiększenie powierzchni kontaktu podkładu i podrozjazdnic z ziarnami podsypki tłuczniowej,

- redukcje naprężeń w podkładzie i podrozzjazdnic,;
- zmniejszenie deformacji pionowych toru i rozjazdu,;
- zmniejszenie deformacji poziomych (na łukach),;
- wydłużenie okresów międzynaaprawczych w wyniku zmniejszenia deformacji pionowych i poziomych,;
- redukcję emisji hałasu w otoczeniu linii kolejowej,;
- redukcję propagacji drgań w podtorzu kolejowym,;
- zmniejszenie przyspieszeń drgań w podtorzu kolejowym,;
- redukcję naprężenia w rozjeździe zmniejszając zużycie elementów rozjazdu

Wibroizolacja stosowana na spodniej powierzchni podkładów i podrozzjazdnic strunobetonowych wg zaleceń producentów [5 i 6] może być układana w czasie produkcji podkładów i podrozzjazdnic w wytwórni na „mokry”, lubna „suchy” beton, bezpośrednio przez zabudowaniem w tor. W Polsce aktualnie firma Track-Tec S.A. jako producent podkładów i podrozzjazdnic strunobetonowych posiada linię produkcyjną dostosowaną do zautomatyzowanego procesu układania wibroizolacji na „mokry” beton zapewniając powtarzalność i precyzję wykonania połączenia wibroizolacji z podrozzjazdnicami i podkładami (rys. 3). Układanie wibroizolacji na „suchy” beton może odbywać się na terenie wytwórni podrozzjazdnic lub na budowie, jednak wymaga każdorazowo obracania podrozzjazdnic i przyklejania wibroizolacji za pomocą kleju.



Rys. 3. Podrozzjazdnic i podkład strunobetonowy z wibroizolacją [7]

### 3. Zakres zastosowania wibroizolacji na spodniej powierzchni podrozdnic strunobetonowych

Powszechne wprowadzenie podrozdnic strunobetonowych w miejsce drewnianych niesie ze sobą usztywnienie konstrukcji rozjazdu kolejowego. Sztywność konstrukcji rozjazdu wpływa na wzrost zużycia stalowych elementów rozjazdu. Na kolejach niemieckich i austriackich w celu poprawy parametrów eksploatacyjnych rozjazdów stosowane są powszechnie rozjazdy na podrozdnicach z USP. Zakres stosowania na kolejach niemieckich i austriackich rozjazdów na podrozdnicach z wibroizolacją (zelówkami) jest uregulowany prawnie. W przepisach DB i OBB wskazano zakres stosowania wibroizolacji na spodniej powierzchni podrozdnic oraz parametry techniczne stosowanego materiału izolacji antywibracyjnej. Przykładowo na kolejach austriackich wibroizolacja na spodniej powierzchni podrozdnic stosowana jest dla rozjazdów o promieniu łuków większym niż 250 m oraz:

- przy obciążeniu  $> 30.000$  GBT/dzień lub
- dla prędkości  $V > 160$  km/h lub
- przy promieniu łuku  $R < 600$  m (na torze) lub
- przy prędkości  $V > 200$  km/h i krzyżownicy z ruchomym dziobem.

Zgodnie z wskazaniami zawartymi w przepisach DB i OBB [6] wibroizolacja na spodniej powierzchni podkładów i podrozdnic strunobetonowych stosowana jest jako materiał wpływający na wydłużenie trwałości rozjazdu, zwiększenie prędkości przejazdu na torze zwrotnym oraz redukującym emisję hałasu generowanego przez przejeżdżający pociąg.

### 4. Dopuszczenie stosowania wibroizolacji na spodniej powierzchni podrozdnic strunobetonowych

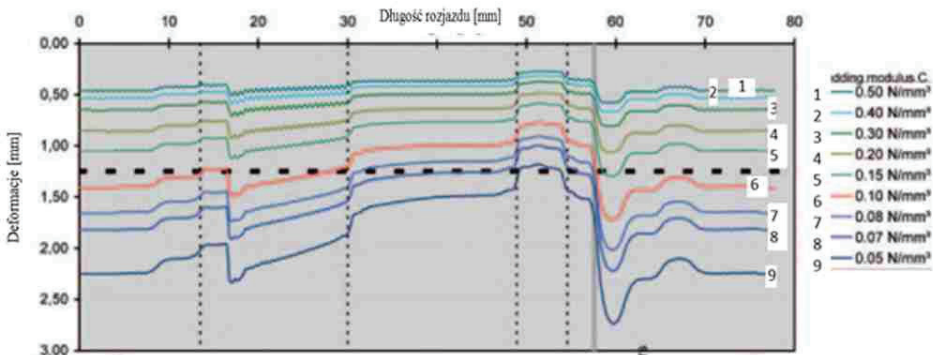
Podkłady strunobetonowe i podrozdnicze muszą spełniać wymogi badań normowych takich jak: PN – EN 13230-1: 2009: Kolejnictwo. Tor. Podkłady i podrozdnicze betonowe. Część 1: Wymagania ogólne oraz PN-EN 13230-2-2009: Kolejnictwo. Tor. Podkłady i podrozdnicze betonowe. Część 2: Podkłady monoblokowe z betonu sprężonego.

Materiał zastosowany na spodniej powierzchni wibroizolacji musi posiadać badania zgodności z normą BN 918 071-1, EN 13 146, DIN 45673-1. Według opinii Urzędu Transportu Kolejowego nie ma konieczności posiadania świadectwa dopuszczenia do eksploatacji typu budowli przeznaczonych do prowadzenia ruchu kolejowego w zakresie zastosowania wibroizolacji na spodniej powierzchni podrozdnic [6].

## 5. Analiza teoretyczna zastosowania wibroizolacji na spodniej powierzchni podrozjazdnic

Firma Getzner przeprowadziła analizę teoretyczną wpływu zastosowania wibroizolacji na spodniej powierzchni podrozjazdnic na pracę rozjazdu. Analizie numerycznej poddano wielkość deformacji pionowych na długości rozjazdu w kierunku zasadniczym [4, 6]. Analiza obejmowała ocenę wpływu zastosowania wibroizolacji o różnej sztywności na spodniej powierzchni podrozjazdnic na przyrost deformacji pionowych szyn w rozjeździe.

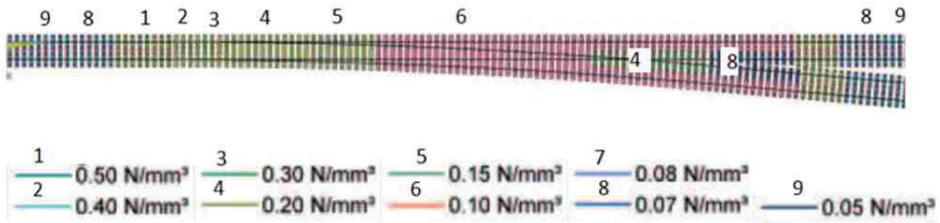
Analizie [6] poddano dziewięć typów izolacji antywibracyjnej o różnej sztywności (USP) dobranej wg zaleceń do stosowania na liniach kolei niemieckich zgodnie z normą BN 918 145-01. Zaprezentowano na rys. 4 wielkości deformacji pionowych w szynach na długości rozjazdu w zależności od sztywności wibroizolacji na spodniej powierzchni podrozjazdnic, analizowano dziewięć typów materiałów z poliuretanu o sztywności w zakresie 0.05-0.50 N/mm<sup>3</sup>. Wyniki analizy deformacji pionowych szyn w rozjeździe w wyniku zastosowania USP przedstawiono na rys. 4.



Rys. 4. Deformacje szyny na długości rozjazdu w zależności od sztywności USP [1, 6]

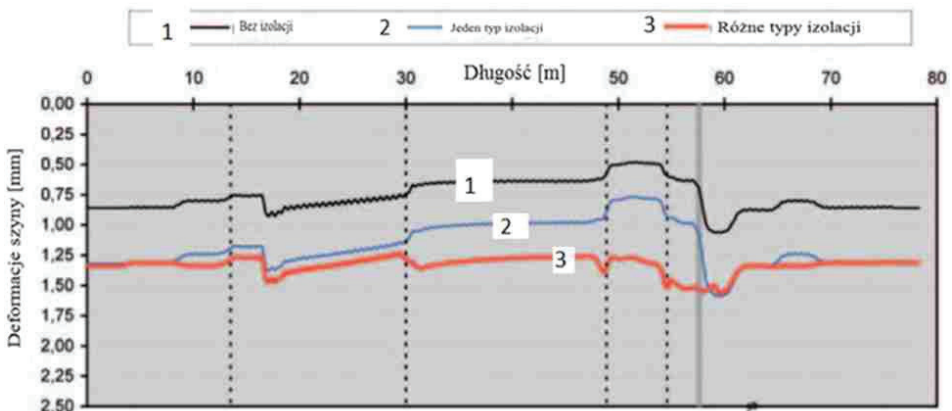
Zaprezentowane wyniki badań numerycznych wykazują nieliniową zmienność pracy rozjazdu przy zastosowaniu wibroizolacji. Dla sztywności podkładki wibroizolacyjnej pod podrozjazdnicami wynoszącej 0,5 N/mm<sup>3</sup> (sztywnej) przyrost deformacji na całej długości jest jednorodny i wynosi 0,35-0,62 mm. W przypadku podkładek o sztywności 0,05 N/mm<sup>3</sup> (miękkich) deformacje oscylują w zakresie 1,23-2,70 mm.

Następnie przeprowadzono symulacje komputerowe mające na celu opracowanie rozwiązania lokalizacji podkładek pod podrozjazdnicami o różnej sztywności, optymalizujące deformacje pionowe w rozjeździe. W wyniku analiz opracowano model lokalizacji wibroizolacji na spodniej powierzchni podrozjazdnic z podziałem na strefy o różnej sztywności USP. W modelu przyjęto sztywności wibroizolacji wynoszące od 0.05 do 0.5 N/mm<sup>3</sup>. Na rys. 5 przedstawiono lokalizację podkładek pod podrozjazdnicami na długości analizowanego rozjazdu.



Rys. 5. Lokalizacja różnych typów USPw podrozejzdnicach na długości rozjazdów {6}

Następnym etapem było porównanie wyników analiz deformacji pionowych szyn dla trzech rozjazdów. Na rys. 6 przedstawiono wyniki analiz, numerem jeden oznaczono model rozjazdu bez wibroizolacji na spodniej powierzchni podrozejzdnic, jako drugi analizowano rozjazd z jednym typem USP o sztywności 0.1 N/mm<sup>3</sup>, jako trzeci badano rozjazd o różnych sztywnościach materiału wibroizolacyjnego na spodniej powierzchni podrozejzdnic (lokalizacja i sztywności USP na długości rozjazdu jak na rys. 5). Wyniki przeprowadzonych analiz dla trzech badanych rozwiązań przedstawiono na rys. 6.



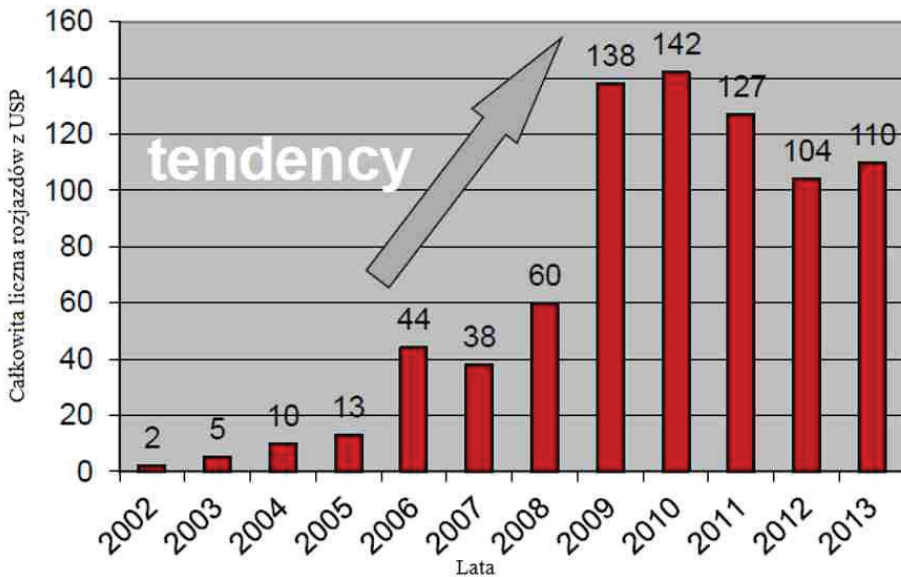
Rys. 6. Wyniki badań numerycznych deformacji pionowych szyn w wyniku zastosowania USP w podrozejzdnicach na długości {6}

Badania miały na celu takie dobranie lokalizacji i sztywności USP na długości rozjazdu, aby uzyskać równomierny przyrost odkształceń pionowych w szynach. Najkorzystniejszy efekt uzyskano przy rozwiązaniu oznaczonym jako trzy na rys. 6 w wyniku zastosowania wibroizolacji o różnej sztywności na długości rozjazdu. Zachowanie równego przyrostu deformacji pionowych w szynach na długości rozjazdu ma celu zapewnienie prawidłowej geometrii i pracy rozjazdu. Wyniki badań wpływu zastosowania wibroizolacji na spodniej powierzchni podrozejzdnic przedstawione na rys. 6 wykazują pozytywny efekt ich stosowania.



## 6. Zastosowania podrozjazdnic strunobetonowych z wibroizolacją w Austrii i Polsce

Na kolejach austriackich pierwsze zastosowanie podrozjazdnic strunobetonowych z wibroizolacją na spodniej powierzchni miało miejsce w 2001 roku. Przeprowadzono serie badań terenowych, wykazujących pozytywny wpływ zastosowania wibroizolacji na spodniej powierzchni podrozjazdnic. Pozytywne wyniki badań przyczyniły się do zabudowania około 800 rozjazdów na podrozjazdnicach strunobetonowych z wibroizolacją do 2013 roku (rys. 7).



Rys. 7. Rozjazdy z USP na kolejach austriackich (1)

W Polsce pierwsze zastosowania rozjazdów z wibroizolacją nastąpiło w 2014 roku. Do marca 2015 roku zamontowano łącznie 8 rozjazdów z wibroizolacją na rozjazdach typu R500-1:12-60E1 oraz R300-1:12-60E1. Zastosowana wibroizolacja w podrozjazdnicach na długości rozjazdu miała grubość 10 mm i stałą sztywność statyczną wynoszącą  $0,078 \text{ N/m}^3$ .

## 7. Podsumowanie

Wibroizolacja na spodniej powierzchni podrozjazdnic strunobetonowych wpływa pozytywnie na konstrukcję rozjazdu. W wyniku zastosowania wibroizolacji na spodniej powierzchni podrozjazdnic uzyskano równomierny przyrost deformacji pionowych na długości rozjazdu, przyczyniając się do równomiernego zużycia szyn w obszarze zwrotnicy, szyn łączących oraz krzyżownicy. Zastosowanie wibroizolacji na spodniej powierzchni podrozjazdnic może przyczynić się do zmniejszenia

zużycia części mechanicznych rozjazdów i wydłużyć okres eksploatacji rozjazdu, podwyższając bezpieczeństwo podróżujących koleją oraz obniżając koszty utrzymaniowe.

## Bibliografia

- [1] Knoll B., Modern technologies in design, construction and maintenance of railway turnouts - Experiences with Turnout Refinements.
- [2] Kwiatkowska E., Wibroizolacja podkładów kolejowych. Technika Transportu Szynowego, 4/2011, s.12.
- [3] Kwiatkowska E., Podkładów strunobetonowych z wibroizolacją – badania in situ. Przegląd Komunikacyjny, 9/2014, s.18.
- [4] Herald Loy h., Körperschall-/Erschütterungsschutz durch besohlte Schwellen – Wirkung und Grenzen. ETR, 12.2012, s.10.
- [5] Dokumentacja techniczna firmy CDM.
- [6] Dokumentacja techniczna firmy Getzner.
- [7] Materiały firmy TrackTec S.A.