

Jan Adamczyk, Dorota Szałyga-Osypanka

## Systemowe rozwiązanie ograniczenia oddziaływań dynamicznych na podtorze pojazdów kolejowych o prędkościach powyżej 250 km/h

**Zagadnienia szkodliwego oddziaływania środków transportu kolejowego na środowisko są powszechnie znane. Generują one drgania i hałas oddziałujące w sposób szkodliwy nie tylko na człowieka, wpływając niekorzystnie na jego zdrowie. Drgania również oddziałują w sposób destrukcyjny na konstrukcje budynków. Na skutek propagacji drgań w gruncie ograniczają możliwości funkcjonowania budynków w sąsiedztwie linii kolejowej. Zjawiska te potęgują się zwłaszcza na przejazdach, gdzie krzyżują się transport drogowy z transportem szynowym (kolejowym lub tramwajowym). W miejscach tych występuje bowiem oddziaływanie dynamiczne pojazdów na otoczenie.**

Ogromny postęp technologiczny, którego jesteśmy świadkami w ostatnich czasach powoduje, że oprócz coraz nowocześniejszych i szybszych środków transportu musimy zmagać się z nowymi problemami i zagrożeniami, które są efektem ubocznym tego postępu. Istnieje wiele możliwych środków obniżenia poziomu aktywności wibroakustycznej komunikacji szynowej, lecz wszystkie one zakwalifikować można do dwóch grup działań. Jedna polega na ograniczeniu drgań i hałasu źródeł pojazdu, uwzględniając w tym styk koła z szyną, natomiast druga grupa działań sprowadza się do eliminacji dróg propagacji drgań jedynie w podtorze szynowym i jego otoczeniu.

Ponieważ szeroko rozumianemu transportowi nieodłącznie towarzyszy oddziaływanie dynamiczne, które wywołują drgania różnego typu konstrukcji inżynierskich ( w tym infrastruktury kolejowej), dążenie do minimalizacji ich szkodliwego działania jest koniecznością i w konsekwencji doprowadziło do powstania nowych rozwiązań elementów konstrukcyjnych biorących udział w transporcie kolejowym o ograniczonej emisji wibroakustycznej, a co z tym nierozłącznie jest związane, złożonych układów wibroizolacji stanowiących przeszkodę w rozprzestrzenianiu się drgań do otoczenia.

Ponadto, poza negatywnym wpływem oddziaływań dynamicznych na środowisko, wraz ze zwiększeniem prędkości pociągu nasilają się zjawiska niekorzystne, które mogą stanowić zagrożenie dla prawidłowej eksploatacji infrastruktury kolejowej (tory, pojazdy szynowe).

Najistotniejsze z tych zjawisk to:

- przedwczesne zużywanie się bieżni kół jezdnych,
- zużycie falistej powierzchni tocznych szyn,
- uszkodzenia zmęczeniowe elementów szyn,
- uszkodzenia zmęczeniowe elementów pojazdów,
- efekty wibroakustyczne.

Biorąc pod uwagę między innymi te zjawiska, należy przyjąć, że torowisko powinno spełniać następujące wymagania:

- bezpieczeństwo jazdy,
- ograniczone oddziaływania dynamiczne na środowisko,
- mała emisja energii wibroakustycznej (hałas, drgania materiałowe itp.),
- równomierne rozłożenie obciążeń statycznych i dynamicznych na dużych powierzchniach,
- przedłużenie żywotności torowisk (wydłużenie czasu cykli międzyremontowych i remontowych),
- łatwy montaż i demontaż elementów składowych przejazdu,
- zabezpieczenie przed penetracją przejazdu przez wodę,
- małe wymagania dotyczące gruntu, na którym posadowiony ma być przejazd,
- obniżone koszty konserwacji i utrzymania,
- efektywność ekonomiczna,
- perspektywa możliwości stosowania rozwiązania po niewielkich modyfikacjach w innych dziedzinach przemysłu.

Zgodnie z wymogami obowiązującymi np. w Niemczech lub Francji, linie kolejowe można podzielić pod kątem prędkości przejazdu pociągu na:

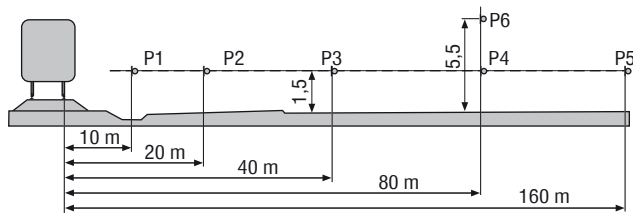
- linie kolejowe na prędkości od 160 km/h do 350 km/h i powyżej, na których nie można budować, poza końcowymi przystankami, skrzyżowań, przejazdów, rozjazdów itp; w terenie niezabudowanym powinny być odgródzone, bez możliwości kolizji z czymkolwiek; torowiska o nowoczesnej konstrukcji, zapewniające wszystkie parametry bezpieczeństwa jazdy z tak dużymi prędkościami;
- linie kolejowe na prędkości od 100 km/h do 160 km/h, na których dopuszcza się strzeżone przejazdy kolejowe, ale nowej generacji, tzn. wibroizolowane; nowoczesne konstrukcje torowisk, w szczególności na konstrukcjach inżynierskich, mostach, wiaduktach;
- linie kolejowe na prędkości do 100 km/h.

W przypadku linii kolejowych na prędkości od 160 km/h do 350 km/h i większych, zabezpieczenia wibroakustyczne nabierają szczególnie istotnego znaczenia na całej długości trasy. Dlatego istotną rzeczą jest umiejętność oceny klimatu akustycznego w pobliżu istniejących lub nowo projektowanych linii kolejowych. Przewodzi się wiele badań dotyczących analizy tego problemu.

### Pomiary hałasu

Przykładowym rozwiązaniem jest metoda analizy, która opiera się na zależności między emisją dźwięku scharakteryzowaną ekwiwalentnym poziomem mocy akustycznej poszczególnych źródeł hałasu i poziomem dźwięku w obszarze oddziaływania hałasu.

Modelując linię kolejową warto oprzeć się na wynikach badań propagacji hałasu w warunkach rzeczywistych w wybranych przekrojach pomiarowych charakterystycznych dla danej linii. Uzyskanie obszernej informacji o parametrach hałasu wzdłuż trasy linii kolejowej umożliwi pomiary poziomu dźwięku A podczas przejazdu pociągu ( $LA_{max}$ ,  $LA_{eq}$ ,  $LA_e$ ) jednocześnie we wszystkich punktach pomiarowych w danym przekroju, a także widma hałasu mierzone w odległości 10 m i 80 m od linii kolejowej. Przekroje pomiarowe należy lokalizować tak, by uzyskać profil propagacji hałasu od przejeżdżających pojazdów szynowych w różnych warunkach terenowych (geometria terenu – płaski, nasyp, wykop; rodzaj terenu – leśny, otwarty; itp.), a jednocześnie zminimalizować wpływ zakłóceń zewnętrznych otoczenia linii.



Rys. 1. Przykładowe rozmieszczenie punktów pomiarowych

Następnie program obliczeniowy realizuje w każdym punkcie określonym współrzędnymi  $x, y, z$ , obliczenia poziomu równoważnego. Na rysunku 2 zaprezentowano przykład prognozowanego rozkładu równoważnego poziomu emisji dźwięku A.

Na podstawie tak opracowanej mapy można zaproponować rozmieszczenie ekranów akustycznych wzdłuż przebiegu linii kolejowej (rys. 3).

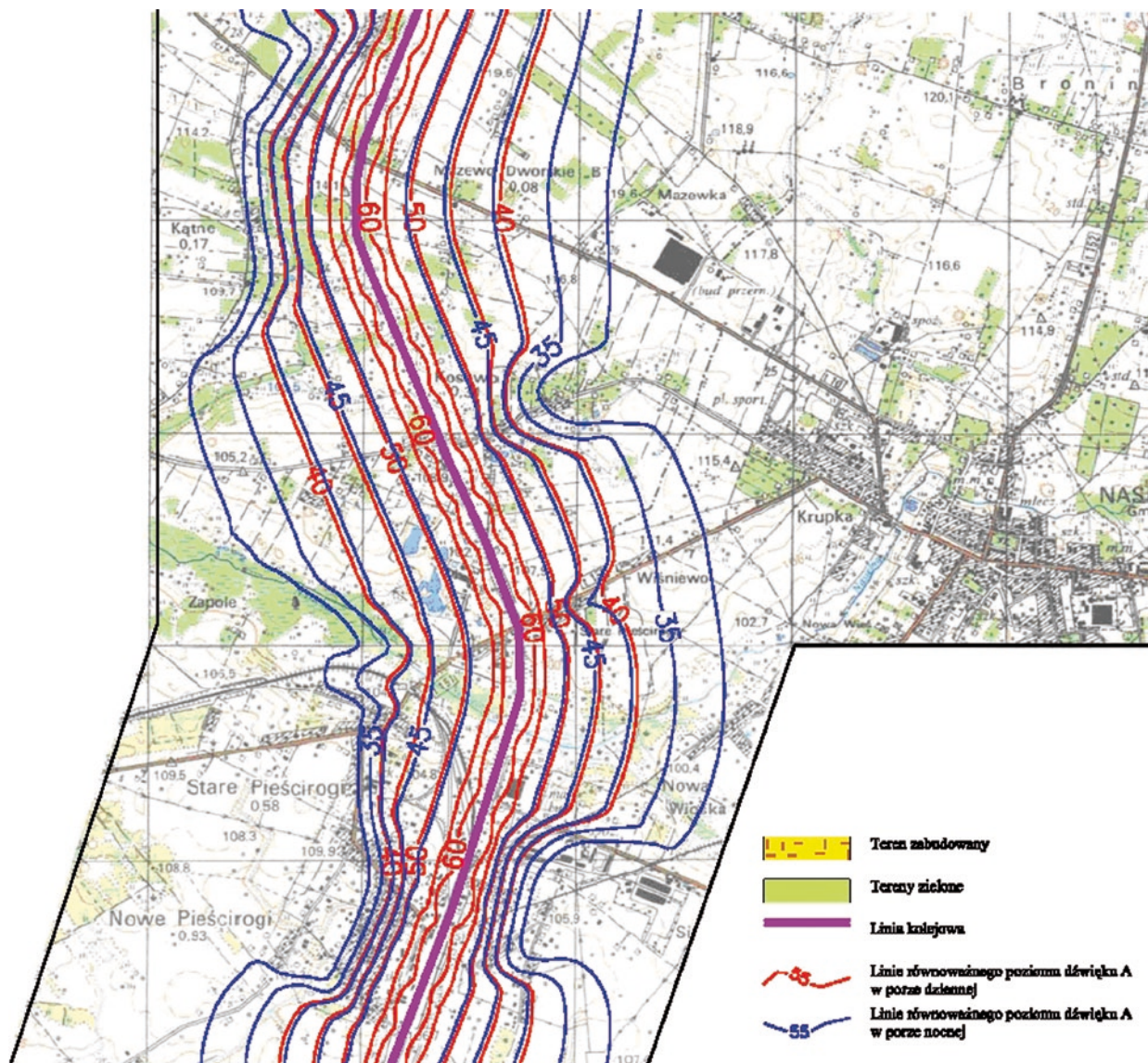
Następnie można również przeprowadzić analizę prognozy oddziaływania akustycznego linii kolejowej po zastosowaniu zabezpieczeń. Na rysunku 4 zaprezentowano prognozowany rozkład poziomu dźwięku po zastosowaniu zabezpieczeń akustycznych.

## Pomiary drgań

Pomiary te polegają na rejestracji przebiegów czasowych przyspieszenia drgań z wykorzystaniem czujników 3-osiowych.

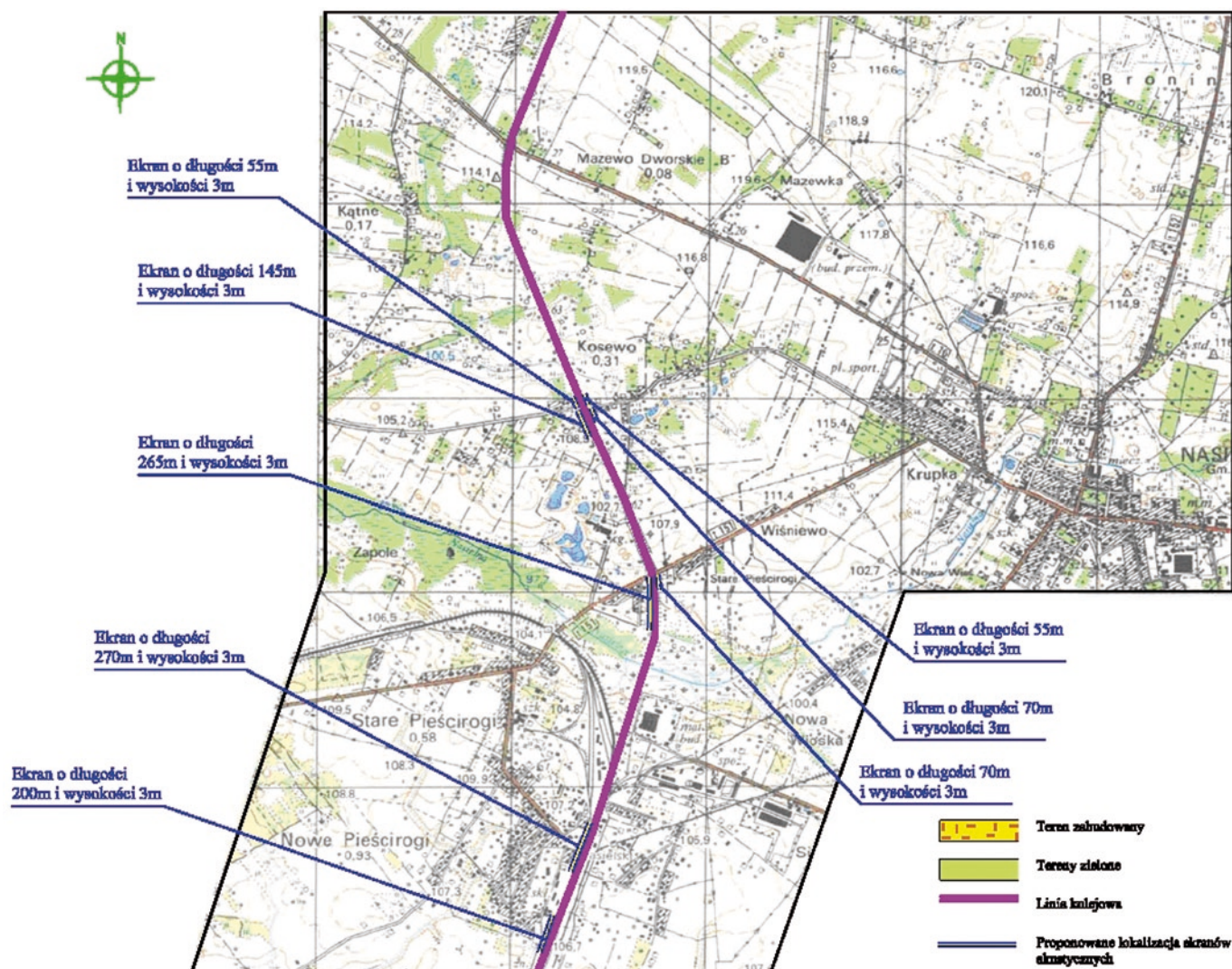
Przykładowe wyniki pomiarów przeprowadzonych w funkcji czasu oraz ich analizę przeprowadzoną w funkcji częstotliwości przedstawiono na rysunkach 5 i 6.

W całej Europie i coraz częściej także w Polsce ograniczenie wibracji od ruchu pojazdów szynowych poprzez stosowanie płyt wibroizolacyjnych, czyli tzw. system masy inercyjnej polegający



Rys. 2. Przykład prognozowanego rozkładu równoważnego poziomu emisji dźwięku A





Rys. 3. Proponowane rozmieszczenie ekranów akustycznych wzdłuż przebiegu linii kolejowej

V Konferencja Naukowo-Techniczna

## Systemy transportowe. Teoria i praktyka

23 września 2008 r.

**Tematyka** Optymalizacja systemów transportowych ■ Logistyka i rozwój systemów transportowych ■ Transport miejski i regionalny ■ Systemy transportowe w Unii Europejskiej

**Organizatorzy konferencji zapraszają** do nadsyłania referatów przedstawiających zarówno osiągnięcia badawcze, jak i wdrożeniowe w zakresie tematyki konferencji. Referaty zostaną opublikowane w materiałach konferencyjnych (z indeksem ISBN).

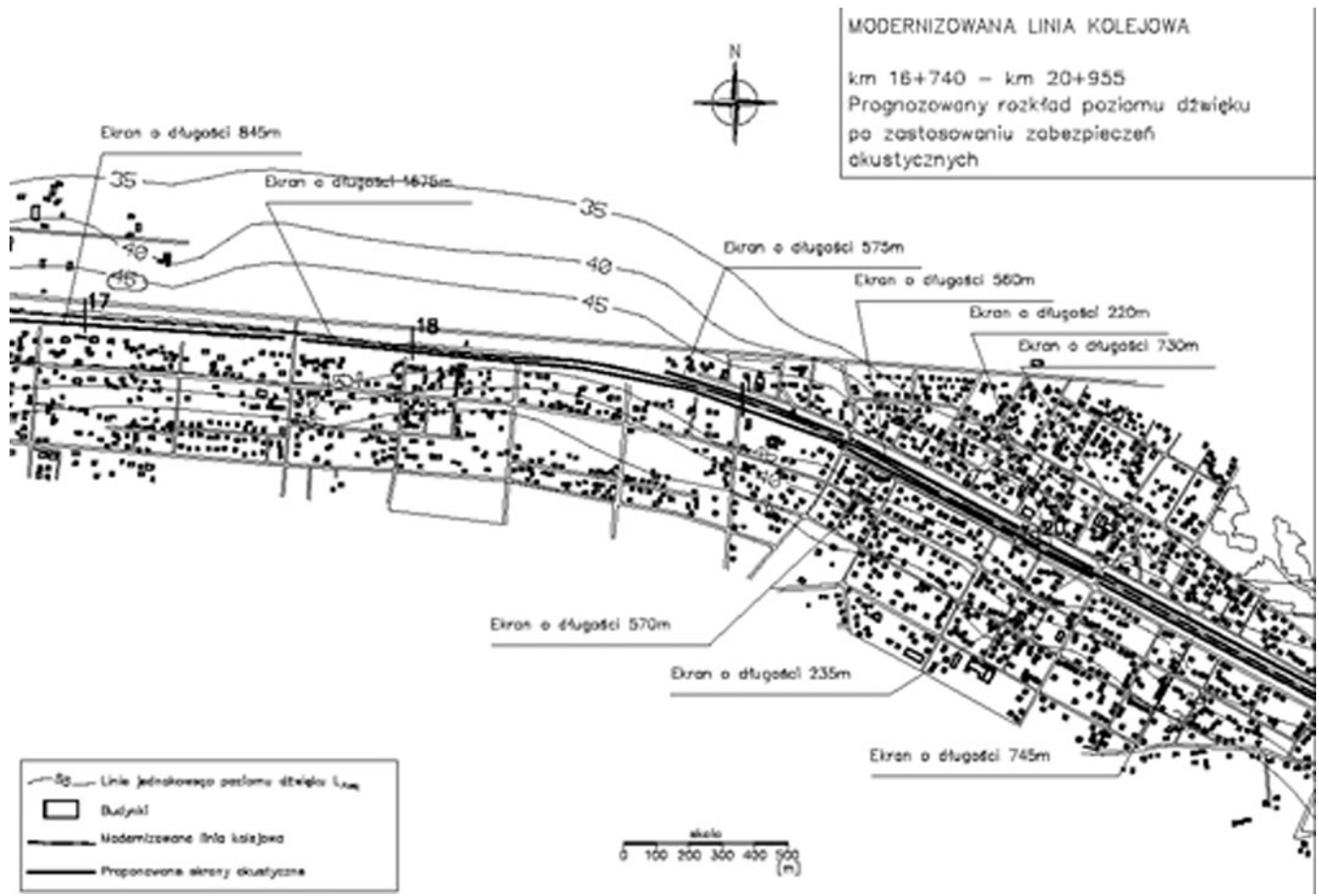
**Wybrana przez komisję część referatów zostanie wydana** w formie monografii „Systemy transportowe. Tom I”

**Opłata konferencyjna (366 PLN) obejmuje** uczestnictwo w jednodniowym programie naukowym ■ materiały konferencyjne + monografię ■ kawę, posiłek w przerwie konferencji

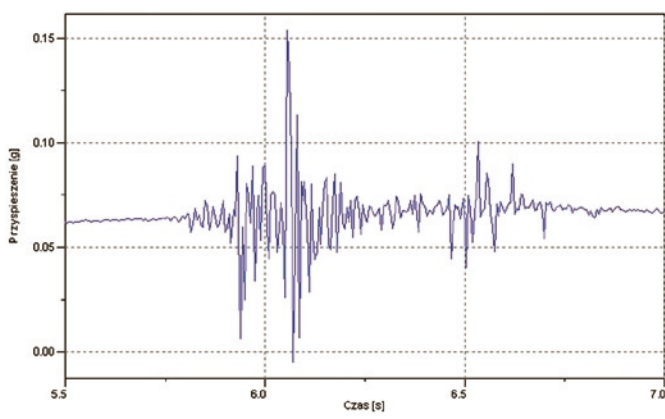
**Miejsce konferencji** Wydział Transportu Politechniki Śląskiej, Katedra Inżynierii Ruchu, 40-019 Katowice, ul. Krasińskiego 8

**Kontakt** e-mail: [st@polsl.pl](mailto:st@polsl.pl) ■ tel.: +48 32 603 41 21, +48 32 603 41 15, +48 32 603 41 59 ■ <http://www.SystemyTransportowe.pl>

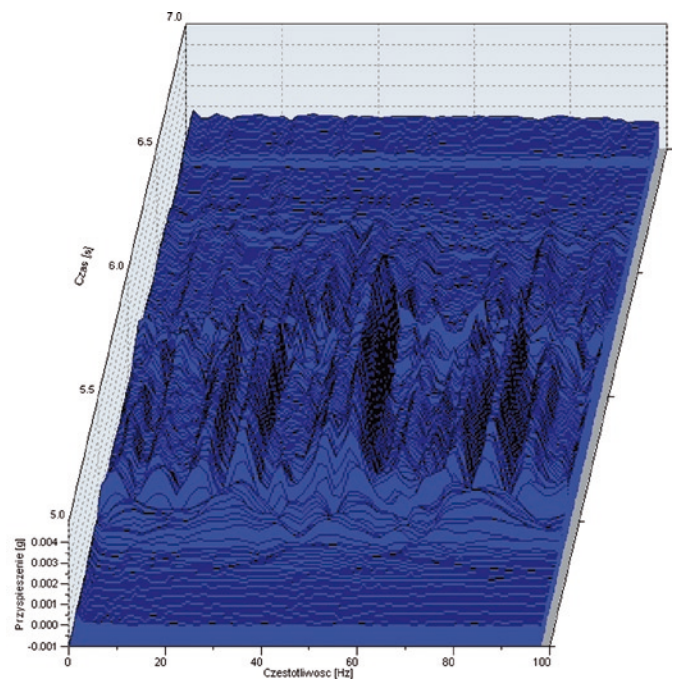
**Konto** Politechnika Śląska, 40-019 Katowice, Krasińskiego 8  
ING Bank Śląski SA o/Katowice 30 1050 1214 1000 0007 0000 8022, dopisek „Systemy transportowe”



Rys. 4. Prognozowany rozkład poziomu dźwięku po zastosowaniu zabezpieczeń akustycznych



Rys. 5. Przebieg czasowy drgań



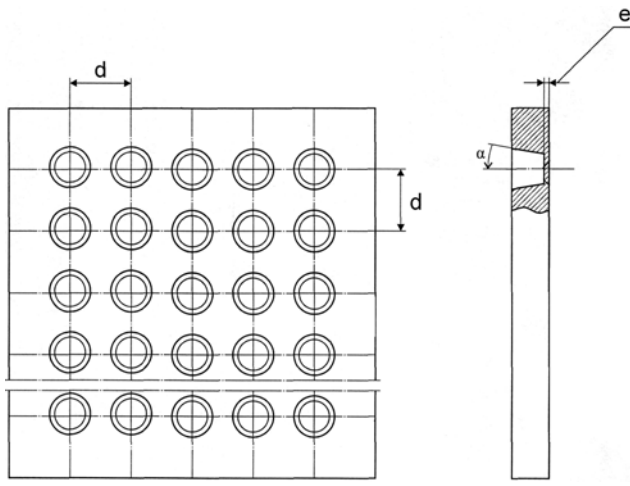
Rys. 6. Widmo drgań w funkcji czasu

na ułożeniu na sprężystym podłożu elementów składowych konstrukcji torowiska o możliwie dużej masie. Przykładem takiej płyty jest prezentowana na rysunku 7 elastomerowa płyta perforowana. Płyta ta jest objęta prawem ochronnym na wzór użytkowy (numer W116102).

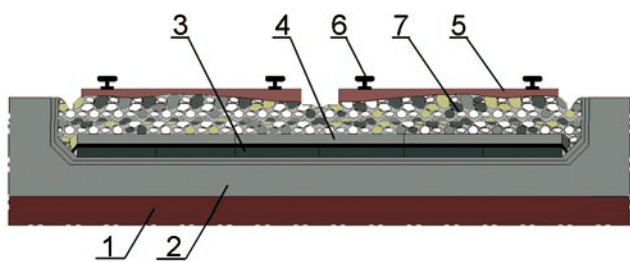
Rozwiązanie wibroizolacji torowiska kolejowego przedstawiono na rysunku 8. Na planowany i zniwelowany grunt lub konstrukcji inżynierskiej, na zwarte podłożu toru 1 posadowiona jest płyta betonowa denka 2, w przypadku konstrukcji inżynierskich można ją pominąć, ułożone są płyty elastomerowe perforowane 3. Na płyty elastomerowe perforowane 3, stanowiące układ wibroizolacji, posadowiona jest masa inercyjna 4 (płyta dociskowa). Jako

masę inercyjną można zastosować płyty betonowe. Na płycie dociskowej posadowione będą podkłady kolejowe 5 wraz z szynami 6 albo przymocowane do podkładów, osadzonych na podsypce z tłuczni 7.





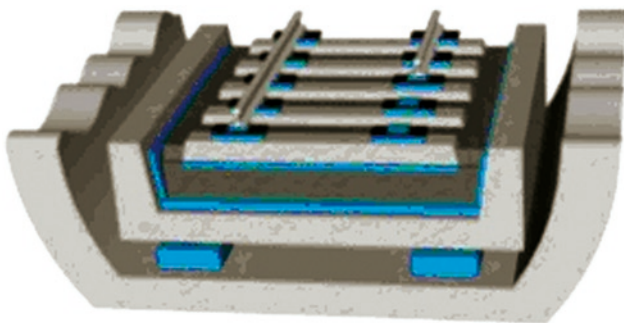
Rys. 7. Elastomerowa płyta perforowana



Rys. 8. Tor na układzie wibroizolacji w wannie betonowej

Wszystkie szczeliny powstałe przy układaniu płyt betonowych powinny być wypełnione warstwą termoplastyczną, której zadaniem jest zabezpieczenie przed penetracją wody. Ten typ torowiska zapewnia równomierne rozłożenie obciążeń zarówno statycznych, jak i dynamicznych.

Inny model tego typu konstrukcji torowiska kolejowego, opracowanego w końcu lat 90. XX w. przez firmę GETZNER, przedstawiono na rysunku 9.



Rys. 9. Schemat konstrukcyjny torowiska kolejowego wibroizolowanego  
(źródło: <http://www.getzner.com>)

Koncepcja zakłada, że konstrukcja torowiska posadowiona jest w rynnie na podwójnym układzie wibroizolacji. Elementy zabezpieczeń dźwiękoizolacyjnych eliminują w znacznej mierze zarówno emisję hałasu, jak i drgań. Obydwie koncepcje wibroizolacji torowisk kolejowych, ta przedstawiona jako pierwsza oraz firmy GETZNER, mogą mieć zastosowanie w przypadku torowisk

wydzielonych i obydwie zapewniają ograniczenie oddziaływań dynamicznych na środowisko, jak również poprawiają warunki dynamiczne kontaktu wózka jezdnego z szyną, uelastyczniając go. Ze względu na zachowania dynamiczne tego typu torowisk, mogą one mieć zastosowanie dla pojazdów szynowych o prędkościach jazdy powyżej 160 km/h, co w praktyce częściowo zastosowano na liniach francuskich TGV.

## Podsumowanie

Poziom emitowanego dźwięku do otoczenia przez pojazdy szynowe poruszające się po wibroizolowanej linii kolejowej jest niższy w porównaniu z przejazdem tradycyjnym, co wynika ze znacznego ograniczenia oddziaływań dynamicznych do otoczenia, jak również z tłumienia drgań materiałowych torowiska.

Konstrukcję torowiska wibroizolowanego, pomijając opisane informacje, cechują następujące zalety:

- większa trwałość,
- znaczne ograniczenie emisji drgań i hałasu,
- brak specjalnych wymagań dotyczących sprzętu specjalistycznego,
- czas wykonania nie przewyższa czasu wykonania torowiska tradycyjnego.

Do wad należy zaliczyć:

- częsty nadzór ze względu na sposób mocowania szyn,
- nadzór, szczególnie w okresie jesiennym, prawidłowego działania odwodnienia.

Obie te wady są także wadami pozostałych typów torowisk kolejowych. Dlatego też zastosowanie każdego innego rozwiązania, zwłaszcza w pobliżu dużych aglomeracji miejskich, niesie za sobą możliwość emisji nadmiernego hałasu oraz nadmiernych oddziaływań dynamicznych na otoczenie w trakcie przejazdu pojazdu kolejowego.



## Literatura

- [1] Adamczyk J., Stanek W., Targosz J.: *Badania własności mechanicznych materiału wibroizolacyjnego*. „ZN AGH, Mechanika” 1988.
- [2] Adamczyk J., Stojek Z., Targosz J.: *Wibroizolacja podtorzy szynowych*. PAN, Mechanika 15, 1991.
- [3] Targosz J.: *Ograniczenie oddziaływań dynamicznych od dróg kolejowych i samochodowych*. Monografia Wyd. KriDM AGH, Kraków 2004.
- [4] Adamczyk J., Strycniewicz L.: *Modelowanie akustyczne linii kolejowych*. Railway Noise, 1999.
- [5] <http://www.getzner.com>

## Autorzy

prof. dr hab. inż. Jan Adamczyk  
Akademia Górniczo-Hutnicza  
mgr inż. Dorota Szałyga-Osypanka  
Inter-Eko Sp. z o.o.