

# Praktyczne aspekty stosowania zasad ochrony środowiska przed drganiami w procesie przygotowania i realizacji inwestycji kolejowych

## Practical aspects of applying the principles of environmental protection against vibrations in the process of preparation and implementation of railway investments



**Krzysztof Stypuła**

Prof. dr hab. inż.

Politechnika Krakowska Instytut  
Mechaniki Budowli

kstypula@pk.edu.pl

**Streszczenie:** Zarówno w przypadku przebudowy (modernizacji) istniejących linii kolejowych, jak i budowy nowych - należy uwzględnić wpływ tych inwestycji na środowisko. Jednym z takich wpływów są wibracje spowodowane przechodzeniem pociągu. Drgania przenoszone na budynek przez grunt mają wpływ na: budynki, ludzi przebywających w nich i urządzenia wrażliwe na wibracje. Wpływy te nie zawsze są wystarczająco uwzględnione w dokumentach środowiskowych. Ta kwestia często budzi wiele wątpliwości. W pracy przedstawiono podstawy oceny wyżej wymienionych efektów drgań. Następnie przedstawiono: algorytm uwzględniający te wpływy na etapie przygotowania i projektowania i realizacji inwestycji kolejowych, problem określenia zasięgu stref dynamicznego oddziaływania z eksploatacji linii kolejowej, wskazania dotyczące typowania budynków reprezentatywnych, zasady wykonywania testów przedwdrożeniowych wpływu drgań na reprezentatywne budynki i na ludzi w tych budynkach (dynamiczne pomiary tła) oraz zasady pomiarów powdrożeniowych, problem prognozowania wpływu drgań na reprezentatywne budynki i na ludzi w tych budynkach. Przedstawiono również uwagi dotyczące problemów ochrony sąsiednich budynków przed wibracjami w związku z robotami budowlanymi związanymi z realizacją inwestycji.

**Słowa kluczowe:** Ochrona środowiska; Drgania, Inwestycje kolejowe

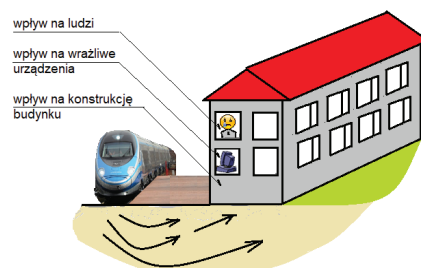
**Abstract:** Both in the case of reconstruction (modernization) of existing railway lines and construction of new ones - it is necessary to take into account the impact of these investments on the environment. One of such influences are vibrations caused by train passing. Vibrations transmitted to the building through the ground have an impact on: the construction of the buildings, the people staying in them and the vibration-sensitive devices if they are in the building. These receipts are not always sufficiently included in environmental documents. This issue often raises a number of doubts. The paper presents the basis for the assessment of the vibration effects mentioned above. Then the following is presented: an algorithm to take into account these influences at the stage of preparation and design and implementation of railway investments, the problem of determining the extent of zones of dynamic impact from the operation of the railway line, indications regarding the typing of representative buildings, rules for performing pre-realization tests of the impact of vibrations on representative buildings and on people in these buildings (dynamic background measurements) and the principles of post-implementation measurements, the problem of forecasting the impact of vibrations on representative buildings and on people in these buildings. It also presents some remarks about problems of protection of neighboring buildings against vibrations from construction works related to the implementation of investments.

**Keywords:** Environmental Protection; Vibrations, Railway investments

Zarówno w przypadku przebudowy istniejącej infrastruktury kolejowej jak i budowy nowych linii kolejowych wymagane jest obecnie uwzględnienie wpływu tych inwestycji na środowisko. Jednym z takich wpływów, które obok hałasu towarzyszą eksploatacji linii kolejowych są drgania (wibracje) wywołane przejazdami pociągów. Drgania te dochodząc poprzez podłoże do budynków wywierają wpływ na: konstrukcję budynków, ludzi przebywających w budynkach oraz na wrażliwe na drgania urządzenia jeśli takie znajdują się w budynku (np. serwery w nastaw-

niach kolejowych) – rys. 1. Nie zawsze wpływy te są wystarczająco jasno opisane w dokumentach środowiskowych (OOŚ, decyzja środowiskowa). Pomimo znacznego postępu jaki w wyniku aktywnej działalności Biura Ochrony Środowiska PKP PLK został osiągnięty w świadomości służb kolejowych odpowiedzialnych za przygotowanie i nadzór nad inwestycjami (a może właśnie dzięki tej świadomości) pojawiają się pytania tak ze strony projektantów jak i wykonawców: jak uwzględnić wpływ drgań na sąsiednią zabudowę? Jakimi kierować się zasadami? Niniejszy ar-

tykuł stanowi próbę odpowiedzi na niektóre z takich wątpliwości. Więcej szczegółowych rozważań i przykładów zastosowań można znaleźć w pracy [1].



1. Ideogram wpływu drgań kolejowych na otoczenie

## Normy będące podstawą ocen wpływu drgań na środowisko

Zasady wykonywania pomiarów drgań i ocen ich wpływu na sąsiednią zabudowę zawarte są w dwóch polskich normach (stanowiących nowelizację norm PN-B-02170:1985 i PN-B-02171:1988):

- PN-B-02170:2016. Ocena szkodliwości drgań przekazywanych przez podłoże na budynki.[2]
- PN-B-02171:2017. Ocena wpływu drgań na ludzi w budynkach.[3]

Do tych norm odwołują się m.in. zapisy zawarte w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury i Budownictwa z dnia 14 listopada 2017 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dziennik Ustaw poz. 2285):

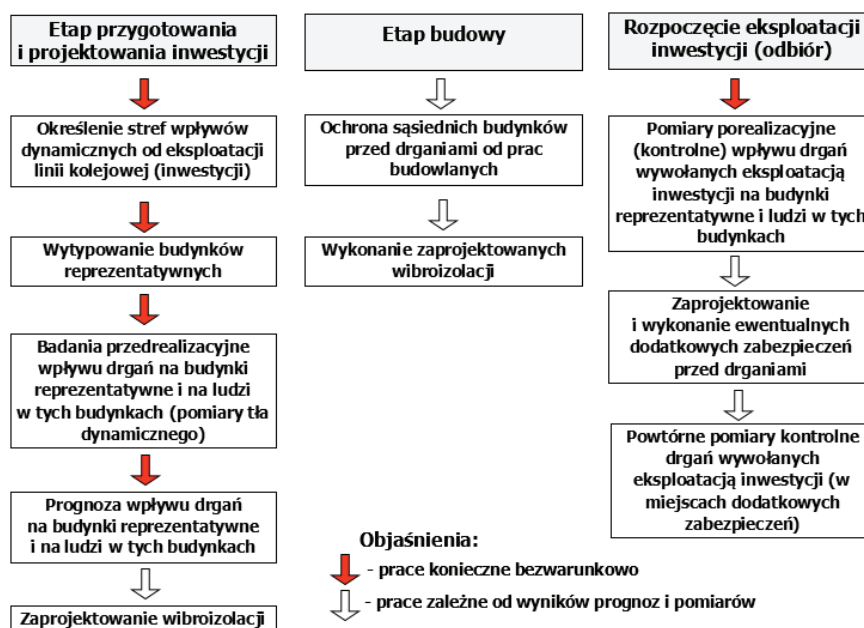
§ 325. 1. *Budynki mieszkalne, budynki zamieszkania zbiorowego i budynki użyteczności publicznej należy sytuować w miejscach najmniej narażonych na występowanie hałasu i drgań, a jeżeli one występują i ich poziomy będą powodować w pomieszczeniach tych budynków przekroczenie dopuszczalnego poziomu hałasu i drgań, określonych w Polskich Normach dotyczących dopuszczalnych wartości poziomu dźwięku w pomieszczeniach oraz oceny wpływu drgań na budynki i na ludzi w budynkach, należy stosować skuteczne zabezpieczenia.*

2. (...)

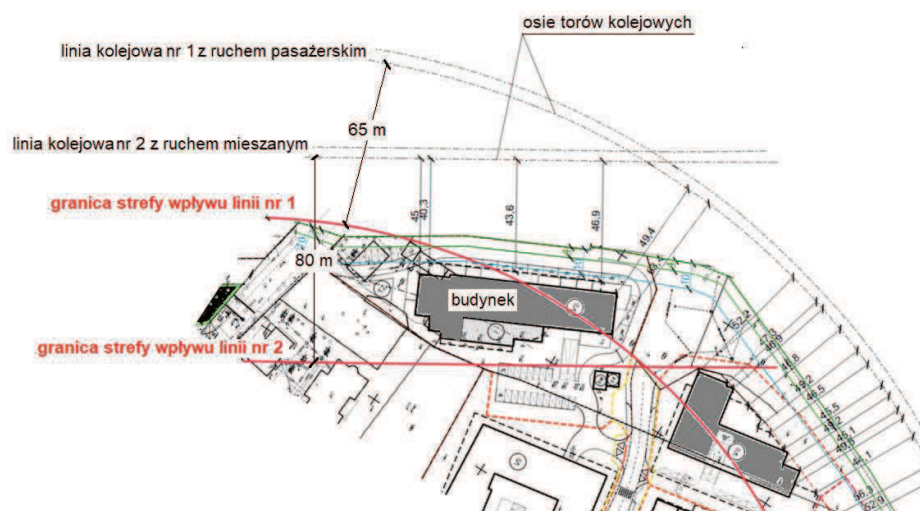
§ 326. 1. *Poziom hałas oraz drgań przenikających do pomieszczeń w budynkach mieszkalnych, budynkach zamieszkania zbiorowego i budynkach użyteczności publicznej, z wyłączeniem budynków, dla których jest konieczne spełnienie szczególnych wymagań ochrony przed hałasem, nie może przekraczać wartości dopuszczalnych, określonych w Polskich Normach dotyczących ochrony przed hałasem pomieszczeń w budynkach oraz oceny wpływu drgań na ludzi w budynkach, wyznaczonych zgodnie z Polskimi Normami dotyczącymi metody pomiaru poziomu dźwięku A w pomieszczeniach oraz oceny wpływu drgań na ludzi w budynkach.*

2. (...)

Powyższe zapisy wskazują jednoznacznie, że oceny wpływu drgań na budynki i na ludzi w budynkach należy dokonywać zgodnie z Polskimi Normami dotyczącymi tych zagadnień, czyli aktualnie zgodnie z normami PN-B-02170:2016 i PN-B-02171:2017.



2. Podstawowy algorytm postępowania w zakresie ochrony środowiska przed drganiami w przypadku budowy lub przebudowy linii kolejowej



3. Przykład określenia stref zasięgu wpływów dynamicznych linii kolejowych w przypadku zespołu budynków (zaznaczony budynek podlega wpływom drgań generowanych przejazdami pociągów na dwóch różnych liniach kolejowych)

Zdarzające się próby stosowania norm niemieckich (np. DIN 4150. Erschütterungen im Bauwesen) czy norm ISO nie mają uzasadnienia w polskich uregulowaniach prawnych.

### Algorytm postępowania

Podstawowy algorytm postępowania przedstawiono na rys. 2.

### Określenie zasięgu stref wpływów dynamicznych od eksploatacji linii kolejowej

Już na etapie przygotowania ocen oddziaływania inwestycji kolejowej na środowisko należy określić zasięg stref wpływów dynamicznych wywołanych

eksploatacją przyszłej inwestycji. Od przewidywanego zasięgu tych stref zależy bowiem ustalenie które budynki mogą być narażone na nadmierny wpływ drgań kolejowych na konstrukcję budynków i na przebywających w nich ludzi. Jest to pierwszy krok do określenia rozmiaru dalszych działań.

Orientacyjne wartości zasięgu stref wpływów drgań kolejowych odnoszące się do średnich warunków gruntowych oraz do budynków o typowej (prawidłowej) konstrukcji w dobrym stanie technicznym podano poniżej w tabeli 1. Wartości zasięgu stref podane w kolumnie 2 tabeli określają strefy, w których może dochodzić do uszkodzeń budynków pod wpływem drgań kolejowych. Ponieważ zasięgi stref po-

dane w kolumnie 2 nie uwzględniają wpływu drgań na ludzi w budynkach, można je brać pod uwagę wyłącznie w odniesieniu do budynków, które nie mają pomieszczeń przeznaczonych na stały pobyt ludzi, takich jak budynki gospodarcze, garaże, hale magazynowe itp. Ponieważ większość chronionej zabudowy ma pomieszczenia przeznaczone na stały pobyt ludzi (zabudowa mieszkaniowa, biurowa itp.) to jako podstawowy zasięg stref wpływów dynamicznych należy przyjmować wartości podane w kolumnie 3 tabeli 1, tj. 65 m dla ruchu pasażerskiego i 80 m dla ruchu towarowego i mieszanego (rys. 3). W wyjątkowych przypadkach szczególnie niekorzystnych warunków np. gruntów mocno nawodnionych zakresy te mogą być większe, osiągając przykładowo dla linii o ruchu towarowym nawet do 120 m.

W związku z tym, że zdarzają się próby ustalania stref wpływu drgań na budynki na podstawie kryteriów podanych w punkcie 5.2 normy PN-B-02170:2016 zatytułowanym „Pomijanie wpływu drgań przekazywanych przez podłoże w obliczeniach dotyczących budynku” należy wyraźnie stwierdzić, że uwzględnianie tych kryteriów w ocenie oddziaływania drgań na istniejącą zabudowę jest niepoprawne.

Wspomniany punkt 5.2 cytowanej normy zawiera zapis, że w projektowaniu budynków można pominąć wpływ drgań przekazywanych przez podłoże, jeśli amplituda przyspieszeń składowych poziomych drgań podłoża w miejscu posadowienia budynku nie przekracza wartości  $0,05 \text{ m/s}^2$ . Kierując się tym kryterium przyjęto, że w przypadku przeciętnych warunków geotechnicznych występujących na drodze propagacji od źródła drgań do budynku oraz płaskiego ukształtowania terenu, można w obliczeniach projektowych budynku pominąć oddziaływanie drgań przekazywanych przez podłoże na budynek, jeżeli projektowany budynek będzie znajdował się w odległości większej niż 25 m od osi toru kolejowego. Na końcu tego punktu znajduje się stwierdzenie: „Podane wyżej warunki pominięcia wpływu na konstrukcję budynku drgań przekazywanych przez podłoże nie mogą być stosowane w opracowaniach diagnostycznych.” Z treści punktu 5.2 normy wyraźnie wynika, że podane kryteria dotyczą wyłącznie budynków projektowanych

**Tab. 1.** Orientacyjne wartości zasięgu stref wpływów drgań kolejowych odnoszące się do średnich warunków gruntowych oraz do budynków o typowej (prawidłowej) konstrukcji w dobrym stanie technicznym [4]

Ruch kolejowy generujący drgania	Zasięg strefy od osi najbliższego toru linii kolejowej	
	Z uwagi na wpływ drgań na konstrukcję budynku	Z uwagi na wpływ drgań na ludzi w budynku
1	2	3
Ruch pasażerski	35 m	65 m
Ruch towarowy oraz mieszany	45 m	80 m

i nie można ich stosować w ocenie wpływu drgań na istniejące budynki. Co więcej kryteria te nie uwzględniają także kwestii wpływu drgań na ludzi w budynkach, a więc są nieprzydatne do ustalania zasięgu stref wpływu drgań kolejowych na istniejącą sąsiednią zabudowę.

## Typowanie budynków reprezentatywnych

Przy wyborze budynków reprezentatywnych bierze się pod uwagę:

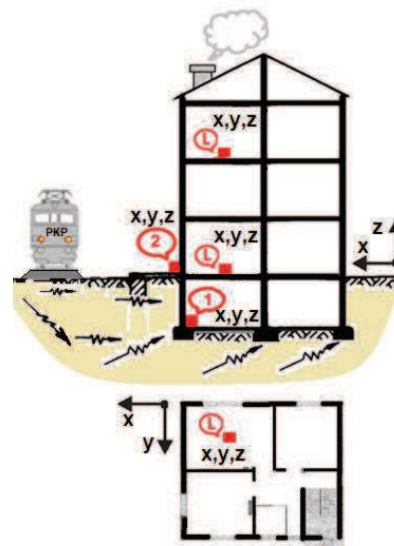
- usytuowanie budynków względem źródeł drgań (odległości od torów, ustawienie podłużne lub poprzeczne budynku w stosunku do toru),
- typy konstrukcji budynków, ich stan techniczny i cechy dynamiczne,
- ich reprezentatywność dla całych grup sąsiednich obiektów,
- warunki propagacji drgań,
- ukształtowanie przekroju drogi kolejowej (na nasypie, w przekopie) oraz typy konstrukcji nawierzchni kolejowej,
- dostępność dokumentacji budowlanej lub możliwość inwentaryzacji konstrukcji,
- archiwalne materiały pomiarowe,
- możliwość dostępu do budynków i poszczególnych pomieszczeń celem wykonania pomiarów.

## Badania przedrealizacyjne wpływu drgań na budynki reprezentatywne i na ludzi w tych budynkach (pomiaru tła dynamicznego) oraz pomiaru porealizacyjne

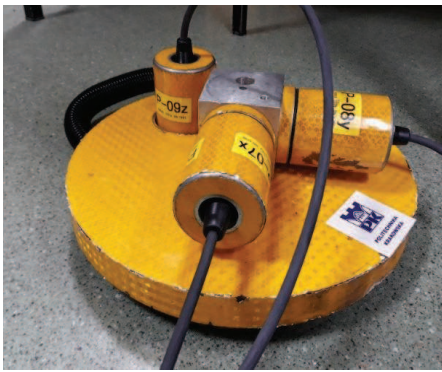
Zarówno badania przedrealizacyjne jak i porealizacyjne obejmują pomiary drgań kolejowych w budynkach reprezentatywnych i ocenę wpływu tych drgań na te budynki oraz na ludzi w nich przebywających. Badania należy wykonać zgodnie z wymaganiami podanymi w normach PN-B-02170:2016 i PN-B-02171:2017. Rejestracja dotyczy

drgań o częstotliwościach od 0,5 do 100 Hz. Zakres pomiarów drgań w każdym budynku powinien obejmować (rys. 4):

- Pomiar wymuszenia kinematycznego – pomiar trzech składowych drgań ( $x$ ,  $y$  i  $z$ ) w sztywnym węźle konstrukcji znajdującym się od strony źródła drgań na fundamencie budynku (punkt 1 na rys. 4) lub na ścianie piwnicznej w poziomie terenu (punkt 2 na rys. 4).
  - Pomiar drgań wpływających na ludzi – pomiar trzech składowych drgań posadzki ( $x$ ,  $y$  i  $z$ ) na środku stropu dużego pomieszczenia (zgodnie z PN-B-02171:2017 należy stosować dysk pomiarowy – rys. 5) na parterze i na najwyższej kondygnacji przeznaczonej na stały pobyt ludzi (punkty oznaczone L na rysunku 4); w przypadku budynków wysokich może zaistnieć dodatkowo konieczność pomiaru drgań i oceny ich wpływu na ludzi na jednej lub dwu kondygnacjach pośrednich.
- Badania przedrealizacyjne (pomiaru tła dynamicznego) mają podwójny cel:
- Dają informację o dotychczasowych wpływach dynamicznych na konstrukcje budynków i na prze-



**4.** Schemat rozmieszczenia punktów pomiarowych ( $x$ ,  $y$ ,  $z$  – kierunki składowych mierzonych drgań)



5. Przykład dysku pomiarowego do pomiaru wpływu drgań na ludzi

bywających w nich ludzi celem późniejszego porównania tych wpływów z wynikami badań porealizacyjnych.

- Dostarczają danych o reakcji poszczególnych budynków na wymuszenie kinematyczne co umożliwi zweryfikowanie modeli numerycznych do prognozowania wpływu drgań na budynki i na ludzi w budynkach po zrealizowaniu inwestycji a w dalszej kolejności, jeśli to okaże się konieczne, prawidłowe zaprojektowanie wibroizolacji w torowisku przy zastosowaniu obliczeń symulacyjnych.

Aby zapewnić możliwość porównania wyników badań przed- i porealizacyjnych pomiary drgań przed i po realizacji inwestycji należy wykonać w tych samych punktach pomiarowych. Dlatego m.in. podczas obu badań należy jednoznacznie określić rozmieszczenie punktów pomiarowych wraz ze szkicem umożliwiającym identyfikację tych punktów. Po każdym badaniu (pomiarach drgań w danym budynku) należy sporządzić sprawozdanie z badań, którego zakres został określony w normach PN-B-02170:2016 i PN-B-02171:2017.

Biorąc pod uwagę drugi z wymienionych powyżej celów, jest rzeczą konieczną, aby rejestracja drgań we wszystkich punktach pomiarowych w badanym budynku (jak i wszystkich składowych drgań w tych punktach) odbywała się równocześnie.

Badania porealizacyjne mają na celu stwierdzenie czy spełnione zostały wymagania w zakresie ochrony budynków i ludzi w budynkach przed drganiami i czy konieczne są jakieś dodatkowe działania celem zapewnienia spełnienia tych wymagań.

Należy podkreślić, że Art. 147a Ustawy „Prawo ochrony środowiska”

z 2001 r. stawia wymóg zapewnienia pomiarów wielkości emisji (w rozważanym tu przypadku dotyczy to emisji drgań) przez akredytowane laboratorium w rozumieniu ustawy z dnia 30 sierpnia 2002 r. o systemie oceny zgodności (Dz. U. z 2004 r. Nr 204, poz. 2087, z późn. zm.). Czyli pomiary przed- i porealizacyjne, jako że są wymagane w ramach oceny wpływu drgań na środowisko, powinny być wykonywane przez laboratoria akredytowane do pomiarów drgań według norm PN-B-02170:2016 i PN-B-02171:2017.

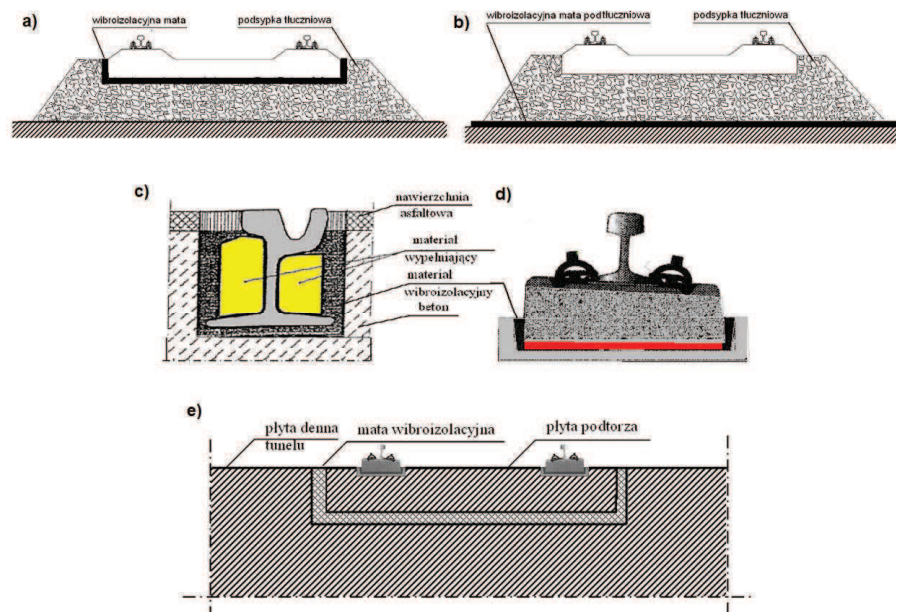
## Prognoza wpływu drgań na budynki reprezentatywne i na ludzi w tych budynkach

Prognoza wpływu drgań, wywołanych eksploatacją linii kolejowej, na każdy z budynków reprezentatywnych powinna zawierać:

- 1) Określenie spodziewanych przebiegów czasowych drgań fundamentów budynku, które zostaną użyte jako wymuszenie kinematyczne w obliczeniach dynamicznych budynku. Jest to jeden z najistotniejszych elementów prognozy. Podstawą określenia tego wymuszenia powinny być wyniki pomiarów drgań uzyskane w przypadku podobnego istniejącego źródła drgań (z bazy danych pomiarowych) przy zastosowaniu modelu propagacji drgań z uwzględnieniem funkcji przejścia drgań z gruntu na fundament bu-

dynku. Uwaga: drgania kolejowe są drganiami złożonymi i nie jest poprawne numeryczne wygenerowanie wymuszenia np. w postaci sinusoidy.

- 2) Sporządzenie modelu konstrukcji budynku (zaleca się model przestrzenny MES) do obliczeń dynamicznych.
- 3) Ocenę prognozowanych wpływów dynamicznych na budynek:
  - za pomocą skal SWD (Skal Wpływów Dynamicznych) podanych w normie PN-B-02170:2016 jeżeli budynek kwalifikuje się do takiej oceny,
  - jeżeli budynek nie podlega ocenie skalami SWD, to należy wykonać obliczenia dynamiczne na modelu budynku celem wyliczenia sił dynamicznych (sił bezwładności) obciążających dodatkowo konstrukcję i sprawdzenia wytrzymałości elementów konstrukcji.
- 4) Ocenę prognozowanych wpływów drgań na ludzi na poszczególnych kondygnacjach budynku przeznaczonych na stały pobyt ludzi. W tym celu należy wykonać obliczenia dynamiczne na modelu budynku i w wyniku tych obliczeń określić w poszczególnych punktach (węzłach siatki MES) posadzki każdej kondygnacji prognozowane najniekorzystniejsze wartości skuteczne (RMS) przyspieszeń (lub prędkości) drgań w tercjowych pasmach częstotliwości zgodnie z PN-B-02171:2017.



6. Przykładowe rozwiązania wibroizolacyjne w konstrukcji dróg szynowych: a – mata podpodkładowa, b – mata podtłuczniowa, c – system ERS (szyna w otulinie), d – system EBS (blok w otulinie), e – mata pod płytą torową

W podsumowaniu prognozy należy wskazać w których budynkach kryteria ochrony przed drganiami są spełnione, a w przypadku których budynków potrzebne będzie zastosowanie środków technicznych ograniczających wpływ drgań np. w postaci zastosowania wibroizolacji w konstrukcji drogi (nawierzchni) szynowej.

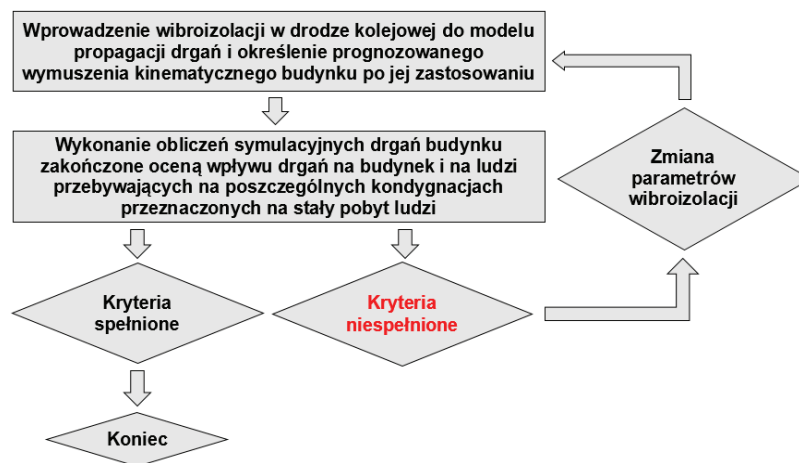
## Projektowanie wibroizolacji

Ograniczenie wpływu drgań na sąsiednią zabudowę można uzyskać m.in. przez wprowadzenie wibroizolacji do konstrukcji drogi kolejowej (rys. 6). Podstawowy algorytm projektowania wibroizolacji w konstrukcji drogi kolejowej przedstawiono na rys. 7. Celem jest takie zaprojektowanie wibroizolacji, aby prognozowane po jej zastosowaniu wpływy drgań na budynek i na ludzi w budynku spełniały następujące kryteria (por. normy PN-B-02170:2016 i PN-B-02171:2017):

- wskaźnik WODB < 1,
- wskaźnik WODL < 1.

Gdzie:

- WODB - wskaźnik odczuwalności drgań przez budynki - największa spośród wyznaczonych w poszczególnych pasmach 1/3-oktawowych wartości stosunku maksymalnych wartości prędkości/przyspieszenia drgań wyznaczonych w wyniku analizy wibrogramu w pasmach 1/3-oktawowych do wartości prędkości albo przyspieszenia odpowiadającej dolnej granicy uwzględnienia wpływów dynamicznych na budynki objęte skalami SWD w tym samym paśmie częstotliwości; WODB wyrażany jest za pomocą dwóch liczb: bezwymiarowej, wyznaczonej w sposób podany wyżej, oraz wartości częstotliwości środkowej pasma, w którym ten stosunek wyznaczono (rys. 8).
- WODL- wskaźnik odczuwalności drgań przez ludzi - największa spośród wyznaczonych w poszczególnych pasmach 1/3-oktawowych wartości wyrażających stosunek: wartości skutecznych prędkości/przyspieszenia drgań wyznaczonych w wyniku analizy wibrogramu w pasmach 1/3-oktawowych do wartości skutecznej prędkości/przyspieszenia drgań odpowiadającej progowi odczuwalności



7. Algorytm projektowania wibroizolacji w konstrukcji drogi kolejowej przy wykorzystaniu techniki obliczeń symulacyjnych

drgań przez człowieka w tym samym paśmie częstotliwości; WODL wyrażany jest za pomocą dwóch liczb: bezwymiarowej, wyznaczonej w sposób podany wyżej, oraz wartości częstotliwości środkowej pasma, w którym ten stosunek wyznaczono (rys. 9).

Warto zauważyć, że w przypadku budynków przeznaczonych na stały pobyt ludzi, z reguły decyduje spełnienie drugiego z podanych kryteriów tj. spełnienie warunku dotyczącego wpływu drgań na ludzi (WODL < 1) [1].

## Ochrona sąsiednich budynków przed drganiami od prac budowlanych związanych z realizacją inwestycji

Założenie: w przypadku drgań budowlanych pomija się wpływ na ludzi, a stara się nie dopuścić do powstania uszkodzeń budynków w pobliżu obszaru prowadzenia robót budowlanych. Warunkiem jest, aby prace powodujące hałas i drgania nie były prowadzone w porze nocnej tj. od 22.00 do 6.00. Należy kolejno wykonać:

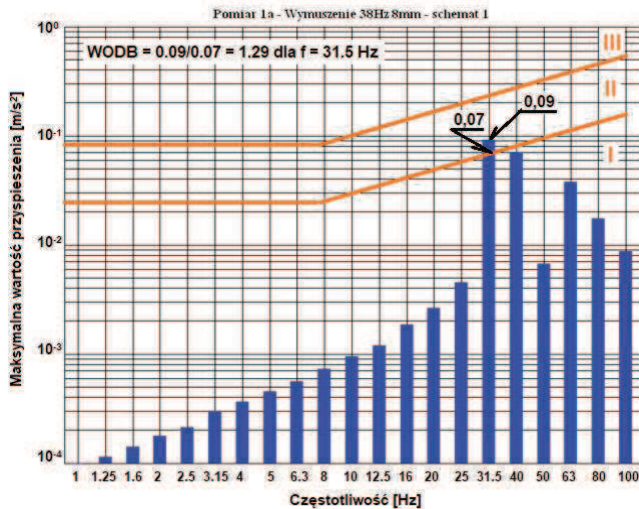
- analizę dokumentacji projektowej i środowiskowej - ustalenie jakie technologie będą powodować drgania, jakie wymagania znajdują się w OoŚ lub ROŚ, plan sytuacyjny,
- wstępną ocenę zagrożenia (opinia „a priori”) i ustalenie zakresu dalszych koniecznych działań,
- ustalenie zasięgu stref wpływu poszczególnych robót,
- profesjonalną inwentaryzację uszkodzeń z dokumentacją fotograficzną (przed rozpoczęciem prac),
- kontrolne pomiary drgań i ocenę

- ich wpływu na sąsiednie budynki,
- określenie bezpiecznych odległości wykonania tych prac oraz dopuszczalnych parametrów pracy urządzeń wywołujących drgania,
- okresowe (rzadziej ciągłe) monitorowanie wpływu drgań podczas budowy.

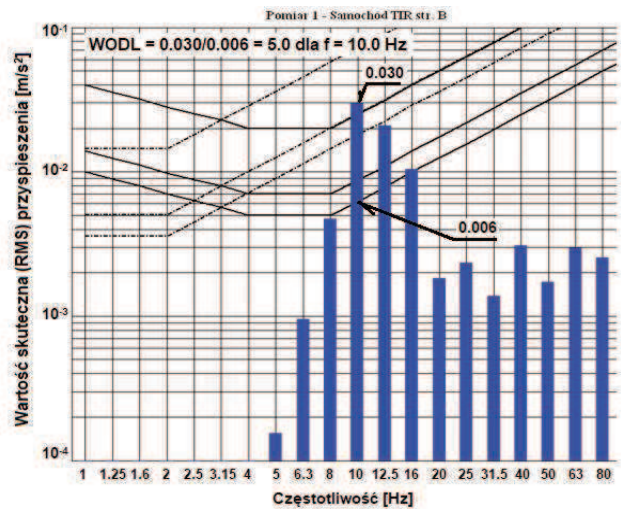
Wśród źródeł drgań budowlanych wymienić można:

- wbijanie w grunt pali fundamentowych lub zagłębianie grodzic ścianek szczelnych metodą udarową (młot wolnospadowy) lub wibracyjną (głowica wibracyjna, młot wibracyjny),
- wiercenie pali w gruncie (szczególnie skalistym) a przede wszystkim w wibrowywanie zbrojenia do tych pali,
- zagęszczanie podłoża różnego typu urządzeniami wibracyjnymi, w tym zagęszczanie gruntu, warstw podbudowy i warstw nawierzchniowych przy pomocy drogowych walców wibracyjnych,
- praca ciężkiego sprzętu na budowie np. koparek,
- przejazdy ciężkich samochodów budowy,
- prace wyburzeniowe.

W przypadku realizacji tuneli kolejowych dochodzi problem drgań wzbudzanych drążeniem tuneli. Podstawą oceny jest pomiar drgań budynku wykonany z zachowaniem zasad podanych w punkcie 6 niniejszej pracy oraz wymagań podanych w normie PN-B-02170:2016. Ocena prognozowanych wpływów dynamicznych na budynek polega na wykonaniu obliczeń dynamicznych na modelu budynku celem wyliczenia sił dynamicznych (sił bezwładności) obciążających dodatkowo



8. Sposób określenia wskaźnika WODB



9. Sposób określenia wskaźnika WODL

konstrukcję i sprawdzeniu wyężenia elementów konstrukcji. Jeżeli budynek kwalifikuje się do oceny za pomocą skal SWD (Skal Wpływów Dynamicznych) podanych w normie PN-B-02170:2016, to oceny można dokonać za pomocą tych skal.

## Podsumowanie

Stosowanie podanych wyżej zasad powinno wpłynąć na ujednoczenie podejścia do tematyki wpływu drgań na środowisko tak w dokumentacji środowiskowej jak i na dalszych etapach przygotowania i realizacji inwestycji kolejowych. Szczególnie istotne jest ich uwzględnienie w dokumentacji

przetargowej, tak aby jasno określić wymagania stawiane przyszłemu wykonawcy inwestycji.

Trzeba mieć świadomość, że prace z zakresu pomiarów drgań, obliczeń symulacyjnych i prognozowania wpływu drgań na budynki i ludzi w budynkach oraz projektowania wibroizolacji mają charakter wysokospecjalistyczny. Dlatego należy od ich wykonawcy wymagać doświadczenia w tym zakresie oraz stosownych uprawnień (akredytacja do wykonywania pomiarów zgodnie z normami PN-B-02170:2016 i PN-B-02171:2017, certyfikaty czujników pomiarowych, uprawnienia budowlane).◀

## Materiały źródłowe

- [1] Kawecki J., Stypuła K.: Zapewnienie komfortu wibracyjnego ludziom w budynkach narażonych na oddziaływania komunikacyjne. Wydawnictwo PK, Kraków 2013
- [2] PN-B-02170:2016. Ocena szkodliwości drgań przekazywanych przez podłoże na budynki.
- [3] PN-B-02171:2017. Ocena wpływu drgań na ludzi w budynkach.
- [4] Wytyczne do projektowania rozwiązań minimalizujących drgania od linii kolejowych. Opracowanie wykonane pod kierunkiem K. Stypuły w Instytucie Mechaniki Budowli Politechniki Krakowskiej na zlecenie PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. Kraków, grudzień 2015.

REKLAMA



## CZAS NA INNOWACYJNE BUDOWNICTWO

Oferujemy profesjonalne usługi z zakresu:

- budowy infrastruktury komunikacyjnej, sieci instalacyjnych i obiektów hydrotechnicznych,
- wykonywania pomiarów geodezyjnych, tworzenia map do celów projektowych, wytyczenia budynku i sieci.



W BUDOWNICTWIE WYBIERZ FIRME,  
KTÓREJ MOŻESZ ZAUFAC

Zobacz, co już wybudowaliśmy  
i dla kogo pracowaliśmy:  
[www.gm-roads.pl](http://www.gm-roads.pl)

**Biuro:**  
ul. Krzemieniecka 47,  
54-613 Wrocław

**Budownictwo inżynieryjne:**  
tel.: (71) 300 12 40  
e-mail: [info@gm-roads.pl](mailto:info@gm-roads.pl)

**Geodezja:**  
tel.: 697 660 932  
e-mail: [m.wozniak@gm-roads.com](mailto:m.wozniak@gm-roads.com)

**Siedziba firmy:**  
ul. Wrocławska 41, Łażany  
58-130 Żarów