Mapy akustyczne dla linii kolejowych - cz. II

Utworzono: czwartek, 23, październik 2008 13:17 dr inż. Janusz Bohatkiewicz mgr inż. Krzysztof Kowalczyk



Ze względu na brak polskiej metody do analiz hałasu, zalecaną tymczasową metodą obliczeniową dla hałasu kolejowego jest holenderska krajowa metoda obliczeń ogłoszona w „Reken - en Meetvoorschrift Railverkeerslawaai `96, Ministerie Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, 20.11.1996” (RMR).

Obliczenia akustyczne

Opis metody obliczeniowej, wskaźniki opisujące hałas w mapach akustycznych

Przed dokonaniem obliczeń poziomu hałasu w sąsiedztwie linii kolejowych, wszystkim zidentyfikowanym pojazdom ruchu szynowego należy przyporządkować właściwe kategorie pociągów według wytycznych RMR [13]. Podział ten wynika głównie ze zróżnicowania stosowanych napędów silnikowych, jak również urządzeń i systemów hamulcowych.

W metodzie obliczeniowej RMR zawarte są następujące kategorie pojazdów transportu szynowego:

- Kategoria 1: Pociągi pasażerskie z hamulcami typu klockowego - wyłącznie elektryczne pociągi pasażerskie z hamulcami typu klockowego łącznie z odpowiadającymi im lokomotywami typu Oeutsche Bahn - DB,
- Kategoria 2: Pociągi pasażerskie elektryczne pociągi pasażerskie dodatkowo z hamulcami typu lokomotywami, z hamulcami typu tarczowego i klockowego - głównie z hamulcami typu tarczowego oraz klockowego łącznie z odpowiadającymi lokomotywami,
- Kategoria 3: Pociągi pasażerskie z hamulcami typu tarczowego - wyłącznie pociągi pasażerskie z hamulcami typu tarczowego, napędzane hałasującymi

Phoca PDF

jednostkami napędowymi,
- Kategoria 4: Pociągi towarowe z hamulcami typ u klockowego – wszystkie typy pociągów towarowych z hamulcami typu klockowego,
- Kategoria 5: Pociągi napędzane silnikiem spalinowym (silnikiem diesela) z hamulcami typu klockowego - wyłącznie pociągi pasażerskie napędzane silnikiem spalinowo-elektrycznym z hamulcami typu klockowego, łącznie z odpowiadającymi im lokomotywami,
- Kategoria 6: Pociągi napędzane silnikiem spalinowym (silnikiem diesela) z hamulcami typu tarczowego - wyłącznie pociągi pasażerskie napędzane silnikiem spalinowo-hydraulicznym z hamulcami typu tarczowego, łącznie z odpowiadającymi im lokomotywami,
- Kategoria 7: Szybka kolej miejska (metro) i tramwaje dwusystemowe z hamulcami typu tarczowego - szybka kolej miejska oraz pojazdy szynowe komunikacji lokalnej (łączące w sobie właściwości pojazdu kolejowego i tramwaju) z hamulcami typu tarczowego,
- Kategoria 8: Pociągi pasażerskie InterCity z hamulcami typu tarczowego oraz pociągi typu wolnobieżnego - wyłącznie elektryczne pociągi pasażerskie z hamulcami typu tarczowego łącznie z odpowiadającymi im lokomotywami (np. InterCities ICM -I V, lRM i SM90) oraz elektryczne pociągi głównie z hamulcami typu tarczowego oraz dodatkowo z hamulcami typu klockowego łącznie z odpowiadającymi im lokomotywami typu InterCities ICM-III i DDM-2/3,
- Kategoria 9: Szybkobieżne pojazdy szynowe z hamulcami typu tarczowego i klockowego -elektryczne pociągi szybkobieżne z hamulcami typu tarczowego oraz dodatkowo z hamulcami typu klockowego na wagonach silnikowych np. TGV-PBA lub Thalys (HST), * Kategoria 10: Kategoria tymczasowo zarezerwowana dla pociągów szybkobieżnych typu ICE-3 (M) (HST East).

W zależności od rozwiązań nawierzchni torowych metoda wyróżnia następujące typy torów kolejowych:

- b= 1 - tory kolejowe z zastosowaniem pojedynczych lub podwójnych podkładów blokowych (betonowych) z podsypką na podłożu,
- b=2 - tory kolejowe z zastosowaniem drewnianych lub naprzemian betonowych podkładów z podsypką na podłożu,
- b=3 - tory kolejowe z niespawanymi szynami z podsypką na podłożu oraz tory z zastosowaniem łączeń lub zwrotnic,
- b=4 - tory kolejowe z zastosowaniem podkładów blokowych,
- b=5 - tory kolejowe z zastosowaniem podkładów blokowych i podsypką na podłożu,
- b=6 - tory kolejowe z regulowanym przytwierdzeniem szyn,
- b=7 - tory kolejowe z regulowanym przytwierdzeniem szyn i podsypką na podłożu,
- b=8 - tory kolejowe z zastosowaną wylewką wzdłuż torów,
- tory kolejowe z przejazdami kolejowymi.

Phoca PDF

Z kolei przy wyznaczaniu wartości emisji metoda RMR uwzględnia właściwości wynikające ze sposobów łączenia szyn, a mianowicie według ilości złączeń szyn, jakie występują na drodze emisji:

- całkowicie spawane szyny z lub bez łączonych zwrotnic lub rozjazdów (m= 1),
- szyny z łączeniami lub izolowane złącza szynowe (m=2),
- zwrotnice i rozjazdy z łączeniami, 2 na 100 m (m=3),
- więcej niż 2 zwrotnice na 100 m.

Wartość poziomu emisji wyznaczana jest dla pięciu różnych wysokości:

- na poziomie szyn (LEbs),
- 0.5 m nad torami (LEas),
- 2.0 m nad torami (LE2m),
- 4.0 m nad torami (LE4m),
- 5.0 m nad torami (LE5m).

Nie dla wszystkich kategorii pojazdów szynowych oblicza się emisje pochodzące od wszystkich charakterystycznych wysokości. Wysokości te mają istotne znaczenie dla większości pojazdów szynowych dużych prędkości. Dla pojazdów transportu szynowego niższych prędkości przyjmuje się w modelu obliczeniowym wartość 0 dla wyższych wysokości poziomu emisji.

Zgodnie z Dyrektywą [11] jako wskaźniki opisujące wartości hałasu dla map akustycznych stosowane są średnioroczne wskaźniki L_N i L_{DWN}. Wskaźnik L_N, zgodnie z art. 112 a, pkt l, lit. b. ustawy [3], jest długookresowym średnim poziomem dźwięku A wyrażonym w decybelach (dB), wyznaczonym w ciągu wszystkich pór nocy w roku (przedział czasu od godz. 22:00 do godz. 6:00). Wskaźnik L_{DWN} jest zdefiniowany jako długookresowy średni poziom dźwięku A wyrażony w decybelach (dB), wyznaczony w ciągu wszystkich dób w roku, z uwzględnieniem pory dnia (rozumianej jako przedział czasu od godz. 6:00 do godz. 18:00), pory wieczoru (rozumianej jako przedział czasu od godz. 18:00 do godz. 22:00) oraz pory nocy (rozumianej jako przedział czasu od godz. 22:00 do godz. 6:00), a opisany wzorem:

$$L_{DWN} = 10 * \log \frac{1}{24} \left(12 \cdot 10^{\frac{L_D}{10}} + 4 \cdot 10^{\frac{L_w+5}{10}} + 8 \cdot 10^{\frac{L_N+10}{10}} \right) \text{ [dB]}$$

gdzie: L_D, L_E, L_N to długookresowe wskaźniki dla pory odpowiednio dnia, wieczora i nocy [dB].

Obliczenia akustyczne (prognozy) wykonywane są przeważnie w dwóch etapach. W pierwszym etapie niezbędne jest obliczenie wskaźników hałasu L_{DWN} i L_N w założonej

Phoca PDF

siatce punktów odbioru hałasu dla danych związanych z odcinkiem linii kolejowej przeznaczonym do wykonania mapy akustycznej (tzw. etap obliczeń mapy akustycznej). Gęstość siatki punktów odbioru dobierana jest w zależności od konfiguracji terenu oraz stopnia skomplikowania sytuacji urbanistycznej (liczby i konfiguracji budynków). Obliczenia akustyczne mają postać iteracyjną z dużą liczbą iteracji związanych ze znaczną liczbą zmiennych. Obliczenia takie są możliwe do zrealizowania przy użyciu znacznych mocy obliczeniowych komputerów.

W drugim etapie prognoz wykonywane są obliczenia wskaźników oraz map tematycznych. W trakcie tych obliczeń wykorzystywany jest przeważnie wybrany pakiet obliczeniowy, w którym uruchamiane są moduły związane z mapami (tematycznymi) akustycznymi oraz niektórymi elementami zestawień tabelarycznych. Wyniki tych obliczeń mogą być przekazywane do dalszych analiz w środowisku GIS, które pozwala wygenerować dodatkowe warstwy wynikowe i zestawienia niedostępne w pakiecie obliczeniowym (np. liczba mieszkańców, mieszkań przy określonych kryteriach wyboru).

Weryfikacja i kalibracja przyjętej metody obliczeniowej

W ramach prac nad mapami akustycznymi niezbędne jest wykonanie weryfikacji i ewentualnej kalibracji przyjętej metody obliczeniowej RMR [13]. Do tej pory nie zostały wypracowane jednolite procedury wykonywania badań kalibracyjnych [16]. Podstawowym kryterium weryfikacji metody obliczeniowej powinna być w przypadku map akustycznych minimalizacja różnicy pomiędzy wynikami pomiarów hałasu i obliczeń. Jako kryterium zaleca się w metodyce za Wytycznymi [16] przyjąć odchylenie standardowe różnicy pomiędzy wartością obliczoną L_{Aobl} i pomierzoną L_{Apom} hałasu dla n poziomów równoważnych z okresu jednej godziny, według wzoru:

$$\sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left(L_{Aobl}-L_{Apom}\right)^2} \leq 2$$

Warunek ten jest konieczny do stwierdzenia zgodności pomiędzy wynikami pomierzonymi i obliczonymi. Nie jest to warunek wystarczający, gdyż w niektórych sytuacjach należy wykonać kalibrację modelu obliczeniowego. Kalibrację modelu należy również wykonać poprzez określenie dla powyższych wielkości: odchylenia średniego, przedziału ufności (95%), odchyleń maksymalnego i minimalnego.

Phoca PDF

Wybór oprogramowania do obliczeń akustycznych

Wybór odpowiedniego oprogramowania komputerowego do wykonywania obliczeń akustycznych związany jest głównie z realizacją przez to oprogramowanie podstawowych algorytmów metod obliczeniowych dla linii kolejowych. Obecnie stosowanych jest kilka pakietów komputerowych realizujących algorytmy założonych metod oraz posiadających odpowiednią funkcjonalność. Należą do nich takie pakiety programowe jak [16]: Cadna/A, IMMI, LIMA, MITHRA, SoundPLAN, NoiseMap, Predictor. W większości przypadków pakiety te różnią się pomiędzy sobą liczbą dostępnych funkcji oraz specyfiką funkcjonalności.

Wykorzystywany pakiet oprogramowania powinien spełniać również dodatkowe kryteria związane z możliwością:

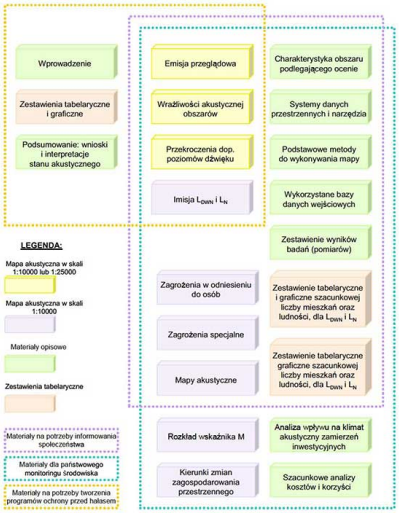
- wykonywania obliczeń dla zadanych zestawów danych, zarówno pojedynczego, jak i grupy odcinków linii kolejowych (większych obszarów obliczeń),
- łatwego importu danych bazyNMT ,
- możliwości wizualizacji NMT bezpośrednio w tym pakiecie programowym,
- realizacji większości rodzajów map akustycznych i zestawień wymaganych zapisami dyrektywy [1] wraz z ich wizualizacją (np. analiza zagrożeń poszczególnych terenów itp.),
- łatwej integracji z pakietami GIS - łatwej wymiany danych i wyników.

Rodzaje i zakres map akustycznych

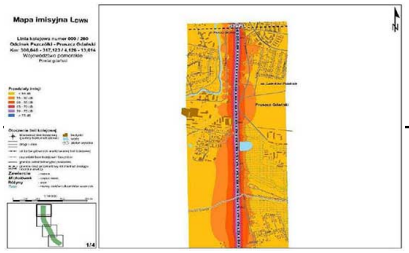
Zgodnie z celem zdefiniowanym w POŚ [3] oraz dyrektywie [1] mapy akustyczne wykonywane są dla potrzeb informowania społeczeństwa, organów państwowego monitoringu środowiska oraz dla potrzeb tworzenia programów ochrony środowiska przed hałasem. Szczegółowy zakres map (w tym również opisów i zestawień tabelarycznych) precyzuje rozporządzenie Ministra Środowiska [5] - schematyczny zakres map przedstawiano na rys. l. W poniższym opisie podano przykładowe obrazy map akustycznych, jakie zostały wykonane dla PLK S.A.

Mapy emisyjna i imisyjna (rys. 2) opracowane zostały w środowisku oprogramowania SoundPlan, specjalistycznego narzędzia do analiz propagacji hałasu w środowisku z uwzględnieniem parametrów ruchowych linii kolejowych, warunków klimatycznych oraz rzeźby i pokrycia terenu. Prognozując hałas w otoczeniu linii kolejowych posłużono się metodą holenderską RMR [13].

Phoca PDF

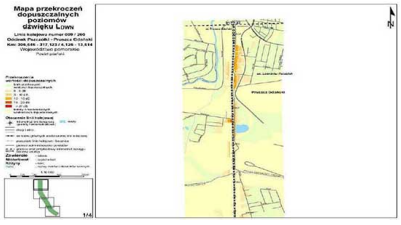


Rys. 1. Podział i zakres materiałów związanych z mapami akustycznymi dla różnych grup użytkowników



Rys.2. Przykład mapy imisyjnej L_{DWN}

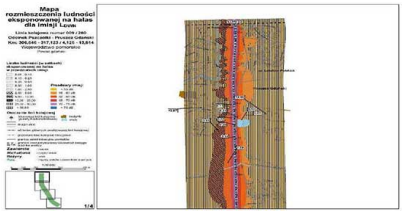
Wszelkie dalsze prace i analizy prowadzące do powstania pozostałych map oraz zestawień narażenia ludności zostały zrealizowane przy wykorzystaniu narzędzi GIS. W tym środowisku wykonano kalibrację i wektoryzację dokumentów planistycznych, a wyniki tych prac uzupełniono o efekty inwentaryzacji i wykorzystano do wygenerowania map wrażliwości akustycznej na hałas. Podstawą do przypisania obszarom konkretnych wartości norm dopuszczalnych było rozporządzenie Ministra Środowiska [11]. Mapa przekroczeń dopuszczalnych poziomów dźwięku (rys.3) stanowi połączenie informacji o wartościach imisji hałasu oraz o rozkładzie wartości dopuszczalnych.



Phoca PDF

Rys. 3. Mapa przekroczeń dopuszczalnych poziomów dźwięku L_{DWN}

Mapy rozmieszczenia ludności eksponowanej (rys. 4) na hałas oraz zagrożeń specjalnych uwzględniały dodatkowo wyniki inwentaryzacji terenowej. Na tym etapie możliwe też było wygenerowanie danych opisujących liczbę osób i lokali narażonych na oddziaływanie hałasu drogowego w poszczególnych przedziałach wartości. Spośród danych zebranych w terenie kluczowe były nI informacje dotyczące sposobu użytkowania budynków i liczby lokali mieszkalnych oraz dane adresowe.



Rys. 4. Mapa rozmieszczenia ludności eksponowanej na hałas dla imisji L_{DWN}

Mapa wskaźnika M (rys. 5) łączy w sobie informacje o wartościach przekroczeń oraz ilości osób zamieszkujących poszczególne budynki. Wskaźnik M zgodnie z rozporządzeniem Ministra Środowiska [6] definiowany jest wzorem:

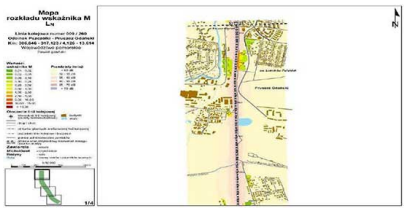
$$M=0,1 * m (10^{0,1*\Lambda L} - 1)$$

gdzie:

M - wartość wskaźnika,

ΛL - wielkość przekroczenia dopuszczalnego poziomu hałasu [dB],

m - liczba mieszkańców na terenie o przekroczonym poziomie dopuszczalnym.

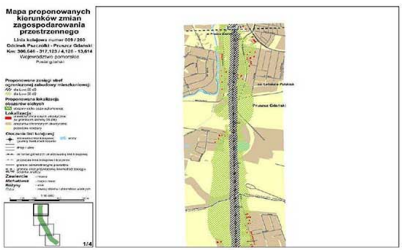


Rys. 5. Przykład mapy rozkładu wskaźnika M (L_N)

Ostatnia z serii map (mapa proponowanych kierunków zmian zagospodarowania przestrzennego - rys. 6) przedstawia obszary proponowanych zasięgów stref ograniczonej zabudowy mieszkaniowej, obszary i obiekty chronione akustycznie oraz tzw. obszary ciche. Mapa ta powstała poprzez wykorzystanie informacji o imisji,

Phoca PDF

zagospodarowaniu terenu oraz szczegółowych danych wynikających z inwentaryzacji budynków.



Rys. 6. Mapa proponowanych kierunków zmian zagospodarowania przestrzennego

***

Mapy akustyczne mogą stanowić rzetelną bazę informacji na temat warunków akustycznych w otoczeniu najbardziej obciążonych ruchem odcinków linii kolejowych. Warunkiem jednak, aby stały się one taką bazą jest wykonanie szeregu prac związanych z pozyskaniem, obróbką i przetwarzaniem danych, wykonanie prognoz i analiz GIS oraz materiałów w postaci map, opisów i zestawień wyników. Podstawowym warunkiem uzyskania precyzyjnych map akustycznych jest pozyskanie odpowiednio dokładnych danych, co przy obecnym stanie baz danych w kraju jest zadaniem niezmiernie trudnym, kosztownym i pracochłonnym. W praktyce należy liczyć się z tym, że każde przyjęcie założenia upraszczającego (dotyczącego przede wszystkim danych wejściowych do map) będzie powodowało spadek dokładności mapy akustycznej i wyników z nią związanych.

Celem map akustycznych jest przede wszystkim rozpoznanie problemów akustycznych otoczenia m.in. linii kolejowych. Mapy akustyczne dla linii kolejowych zgodnie z obowiązującym prawem powinny się stać podstawą tworzenia programów ochrony przed hałasem oraz punktem odniesienia dla wykonywanych w przyszłości analiz w tym zakresie.

dr inż. Janusz Bohatkiewicz

mgr inż. Krzysztof Kowalczyk

Biuro Ekspertyz i Projektów Budownictwa Komunikacyjnego „EKKOM” Sp. z o.o.

Referat ten został wygłoszony podczas III seminarium „WIBROSZYN – 2008” zorganizowanego przez Instytut Mechaniki Budowli Wydziału Inżynierii Lądowej Politechniki Krakowskiej.

Literatura:

1. Dyrektywa 2002/49/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 25 czerwca

Phoca PDF

2002 r. odnosząca się do oceny i zarządzania poziomem hałasu w środowisku (Dz.U. L 189 z dnia 18.07.2002 L). Oirective 2002/49/EC of the European Parliament and of the Council of 25 June 2002 relating to the assessment and management of environmental noise (L 189112, 18.7.2002).

2. Ustawa z dnia 28 marca 2004 r. o transporcie kolejowym (Dz.U. Nr 86, poz. 789 z późniejszymi zmianami).
3. Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska (Dz.U. Nr 62, poz. 627, z późniejszymi zmianami).
4. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 8 sierpnia 2000 r. w sprawie państwowego systemu odniesień przestrzennych (Dz.U. Nr 70, poz. 821).
5. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia l października 2007 r. w sprawie szczegółowego zakresu danych ujętych na mapach akustycznych oraz ich układu i sposobu prezentacji (Dz.U. Nr 187, poz. 1340)
6. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 14 października 2002 r. w sprawie szczegółowych wymagań, jakim powinien odpowiadać program ochrony środowiska przed hałasem (Dz.U. Nr 179, poz. 1498).
7. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 17 stycznia 2003 r. w sprawie rodzajów wyników pomiarów prowadzonych w związku z eksploatacją dróg, linii kolejowych, linii tramwajowych, lotnisk oraz portów, które powinny być przekazywane właściwym organom ochrony środowiska, oraz terminów i sposobów ich prezentacji (Dz.U. Nr 18, poz. 164).
8. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 2 października 2007 r. w sprawie wymagań w zakresie prowadzenia pomiarów poziomów w środowisku substancji lub energii przez zarządzającego drogą, linią kolejową, linią tramwajową, lotniskiem, ponem (Dz.U. Nr 192, poz. 1392).
9. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 14 grudnia 2006 r. w sprawie dróg, linii kolejowych i lotnisk, których eksploatacja może powodować negatywne oddziaływania akustyczne na znacznych obszarach, dla których jest wymagane sporządzenie map akustycznych, oraz sposobów określania granic terenów objętych tymi mapami (Dz.U. Nr I, poz. 8).
10. Rozporządzenie z dnia 7 listopada 2007 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie ustalenia wartości wskaźnika hałasu L_{DWN} (Dz.U. Nr 210, poz. 1535).
11. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 14 czerwca 2007 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku (Dz.U. Nr 120, poz. 826).
12. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 11 października 2005 r. w sprawie minimalnych wymagań dla systemów teleinformatycznych (Dz.U. Nr 212, poz. 1766).
13. Niderlandzka krajowa metoda obliczeń ogłoszona w „Reken - en Meetvoorschrift Railverkeerslawaai `96, Ministerie Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer. 20 listopada 1996”.
14. Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production ojAssociated Data on Noise Exposure. European Commission Working Group Assessment of Exposure to Noise (WG-AEN). Final Draft. Version 2. January 2006.
15. Holec M., Tymański P., Podstawy meteorologii i nawigacji meteorologicznej. Wydawnictwo Morskie, Gdańsk, 1973.

Phoca PDF

16. Kucharski R. J. z zespołem: Wytyczne opracowywania map akustycznych. Opracowane i wydane przez Instytut Ochrony Środowiska w ramach Projektu Nr 2005/017-4888.03.04 „Wzmocniony monitoring hałasu i substancji zubożających warstwę ozonową”. Warszawa, czerwiec, 2006.

Phoca PDF