

ŁUKASZ SZALAŁA*, MATEUSZ CUSKE**, ADAM GODZWA

**PORÓWNANIE MODELI PROPAGACJI FALI AKUSTYCZNEJ
NA PRZYKŁADZIE FUNKCJONOWANIA
ZAKŁADU UNIESZKODLIWIANIA ODPADÓW
W ŚCINAWCE DOLNEJ**

Streszczenie

Artykuł przedstawia metodykę prognozowania propagacji fali akustycznej dla Zakładu Unieszkodliwiania Odpadów w Ścinawce Dolnej. Modelowanie wykonano w dwóch różnych programach modelujących: ZewHalas oraz LEQProfessional. Przeprowadzone modelowania wskazują na to, iż pomimo zastosowania dwóch odrębnych modeli matematycznych, wyniki propagacji fali akustycznej są do siebie bardzo zbliżone.

Słowa kluczowe: modelowanie hałasu, propagacja fali akustycznej,

WSTĘP

Funkcjonowanie zakładów przemysłowych wiąże się z powstawaniem potencjalnej presji na środowisko. W badaniach modelowych brane są pod uwagę widzialne skutki związane z oddziaływaniem na środowisko (emisja zanieczyszczeń do atmosfery, emisja odpadów, zmiana krajobrazu czy zanieczyszczenie gleb i wód). Niemniej jednak istotne są również zagrożenia niewidoczne, dające niejednokrotnie większe negatywne efekty niż te wymienione powyżej. Do takich zalicza się m.in.: emisja promieniowania, światła i hałasu. Ta ostatnia może przyczynić się do zakłócenia tzw. „niszy akustycznej” zwierząt, czego skutkiem jest pojawienie się stresorów – także letalnych [Kaleta 2007]. Przeprowadzone badania potwierdzają, iż u gryzoni i naczelnych górną granicą akceptowalności dźwięku jest poziom dźwięku 85 dB. Ekspozycja na poziom wyższy może powodować utratę słuchu bądź inne niebezpieczne zaburzenia. Ma to duży wpływ na funkcjonowanie zwierząt w środowisku naturalnym, gdy do-

* Zakład Ekologii i Zarządzania Ryzykiem Środowiskowym Wydziału Inżynierii Środowiska, Politechnika Wrocławska

** Instytut Nauk o Glebie i Ochronie Środowiska, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

chodzi do modyfikacji klimatu akustycznego związanego z antropopresją. W takim przypadku, wprowadzanie dodatkowych dźwięków przez człowieka może wywoływać typową fizjologiczną reakcję stresową bądź zmianę zachowania zwierzęcia [Dorrance 1975, Kaleta 2007, Makarewicz 2004].

Instrumentem prawnym związanym z oceną wpływu danej instalacji bądź zakładu przemysłowego na środowisko w zakresie wszystkich jego komponentów jest ocena oddziaływania na środowisko. Wynika ona bezpośrednio z implementacji Dyrektywy Rady 85/337/EWG z dnia 27 czerwca 1985 r. w sprawie oceny skutków wywieranych przez niektóre przedsięwzięcia publiczne i prywatne na środowisko naturalne. Narzędziem pomocniczym procedurze jest zastosowanie modelowania rozprzestrzeniania się hałasu w środowisku. Choć nie jest ono wymagane pod kątem prawnym w Polsce, to tego typu analiza jest cennym elementem wspomagającym ocenę oddziaływania na etapie projektowania przedsięwzięcia.

W świetle zbliżania do źródeł hałasu przez zabudowy mieszkaniowe, a także inne obiekty ochronione pod względem akustycznym, istotne jest, aby dokonywać rzetelnej oceny wpływu działalności danego zakładu na klimat akustyczny. Obecnie, normy akustyczne ujęte są w odpowiednich aktach prawnych (m.in. Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001r. Prawo ochrony środowiska, czy rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 1 października 2012 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku) i stanowią formę wartości granicznych. Niemniej jednak w wielu przypadkach normy te nie są dotrzymywane, dlatego w przyszłości decyzja o ustanowieniu odpowiednich wymagań prawnych może zostać przeniesiona na władze lokalne [Nurzyński 2004]. W takim wypadku wykonanie modelowania propagacji fali akustycznej jest nie tylko dodatkowym elementem oceny wpływu inwestycji na środowisko, ale także niezbędnym instrumentem związanym z planowaniem przestrzennym [Fiedor 2003, Pierchała 2007].

Niniejszy artykuł prezentuje porównanie wyników modelowania rozprzestrzeniania się fali akustycznej w środowisku uzyskane przy pomocy dwóch programów modelujących wykorzystujących różne modele matematyczne. Modelowanie wykonane zostało dla Zakładu Unieszkodliwiania Odpadów w Ścinawce Dolnej.

OBIEKT BADAŃ

Zakład Unieszkodliwiania Odpadów w Ścinawce Dolnej użytkuje dwie instalacje związane z gospodarką odpadami: instalację mechaniczno-biologicznego przetwarzania odpadów oraz instalację unieszkodliwiania (składowania) odpadów. Zakład posiada kwaterę składowiska, na której składowany jest tzw. balast (pozostałości po mechaniczno-biologicznym przetworzeniu).

Obecnie Zakład posiada status Regionalnej Instalacji Przetwarzania odpadów zgodnie z zapisami Wojewódzkiego Planu Gospodarowania Odpadami, a roczna ilość przyjmowanych zmieszanych odpadów komunalnych kształtuje się na poziomie 54000 Mg. Właścicielem instalacji jest Spółka Pro Eko Natura Sp. z o.o.

MATERIAŁY I METODY

Do modelowania wykorzystano dwa programy modelujące propagację fali akustycznej w środowisku: ZewHalas v. 4 oraz program LEQ Professional 6.1/2014.

Prognoza rozkładu poziomów emisji dźwięku powodowanego pracą urządzeń w ZUO w programie ZewHalas opiera się na modelu propagacji hałasu przemysłowego akceptowanym przez Ministerstwo Środowiska. Obliczenia wykonane za pomocą programu opierają się na instrukcji nr 338/2008 „Metoda określania emisji i imisji hałasu przemysłowego w środowisku” ITB Warszawa. Niniejszy program uwzględnia najważniejsze czynniki decydujące o sposobie propagacji fali akustycznej w środowisku:

- parametry akustyczne kubaturowych źródeł dźwięku związane z izolacyjnością akustyczną właściwą poszczególnych elementów budowlanych i poziomem dźwięku A panującego wewnątrz obiektu,
- poprawkę na rzeczywiste ekrany akustyczne oraz efekt ugięcia fal na ich krawędziach bocznych i górnej według algorytmu najkrótszych dróg,
- tłumiące działanie pasów zieleni,
- tłumienie dźwięku przez powietrze.

Metody obliczeniowe w programie Zewhalas v.4 nie są zgodne z zalecanymi metodami obliczeniowymi zawartymi w normie PN ISO 9613-2. Mianowicie występuje rozbieżność między tym zespołem wzorów a modelem użytym w programie Zewhalas v.4. Jednak w świetle publikacji publikacji Iwonny Żuchowicz-Wodnikowskiej [Żuchowicz-Wodnikowska 2003] rozbieżność ta dotyczy spraw następujących:

- brak jest poprawek na tłumienie przez grunt,
- program oblicza poziomy ciśnienia akustycznego jedynie dla umiarkowanych warunków atmosferycznych,
- nie ma możliwości różnicowania współczynników odbicia dźwięku od źródeł pozornych.

Według pomiarów walidacyjnych błąd programu ZewHalas nie przekracza 3 dB. Natomiast model zawarty w normie PN ISO 9613-2 w pewnych przypadkach (hałas typu nieszeroko pasmowego, fluktuacje atmosferyczne, niepłaskość terenu) może dawać błąd przewyższający znacznie 3dB.

Drugie modelowanie zostało wykonane z wykorzystaniem programu LEQ Professional 6.1/2014. Program służy do prognozowania poziomu dźwięku

wokół zakładów przemysłowych na podstawie danych teoretycznych lub empirycznych. Został on oparty o model obliczeniowy zawarty w normie PN-ISO 9613-2 oraz Instrukcje ITB Nr 308 i 338. Zgodnie z wyżej wymienionymi instrukcjami wartość równoważnego poziomu dźwięku identyfikowalnego w dowolnej odległości od punktowego źródła dźwięku można przedstawić za pomocą wzoru [Engel 2001, Makarewicz 1984, Makarewicz 2004, Rudno-Rudzińska 1994]:

$$L_{Aeqrx^{(i)}} = L_{AWeq} + K_o - 10 \log 4 - 20 \log r_x$$

gdzie:

- $L_{Aeqrx^{(i)}}$ - równoważny poziom dźwięku emitowanego przez i-te źródło w odległości r_x od niego, dB,
- L_{AWeq} - równoważny poziom mocy akustycznej danego źródła (z zastosowaniem korekcji A), dB,
- K_o - poprawka uwzględniająca wpływ kąta przestrzennego promieniowania dźwięku,
- r_x - odległość dla której określana jest wartość równoważnego poziomu hałasu, m.

Tabela 1 prezentuje źródła hałasu na terenie zakładu.

Tab. 1. Poziom mocy akustycznej i równoważny poziom mocy akustycznej źródeł hałasu na terenie zakładu

Tab. 1. Sound power level and equivalent power level of noise sources in works

Lp.	Źródło hałasu	Poziom mocy akustycznej LPAeq, db	Równoważny poziom mocy akustycznej LPAeqT, db
1.	Przejazd samochodów ciężarowych	95	69
2.	Kompaktor	95	89
3.	Ładowarki	90	89
4.	Młyn wstępny	100	99
5.	Wentylatory	85	75
6.	Budynek sortowni	93	85

Dodatkowo, w modelowaniu ujęto ekran akustyczny, jaki stanowi południowa skarpa stanowiąca jednocześnie granicę zakładu oraz porastający je starodrzew, jako pas zieleni tłumiący rozprzestrzenianie się hałasu.

WYNIKI I DYSKUSJA

Przedstawione graficzne wyniki propagacji fali akustycznej na terenie zakładu oraz w jego bezpośrednim sąsiedztwie wykazują bardzo wysokie podobieństwo. Rycina 1 prezentuje propagację fali wykreśloną w programie ZewHalas v.4, natomiast rycina 2 prezentuje graficzne wyniki modelowania wykonane w programie LEQ Professional 6.1/2014.



Ryc. 1. Wizualizacja propagacji fali akustycznej w programie ZewHalas v.4.
Fig. 1. Visualization of acoustic wave propagation in ZewHalas v.4 program.

Szczególną uwagę należy zwrócić na rozkład izolinii poza południową skarpią oddzielającą zakład od drogi wojewódzkiej 386. Skarpa ta skutecznie ogranicza propagację fali, na co wskazuje równoległe ułożenie izolinii 50 dB w programie ZewHalas. Niemniej jednak izolinie odnoszące się do niższych wartości (45 dB oraz 42 dB) w programie ZewHalas przybierają charakter prawie równoległy do izolinii 50 dB, podczas gdy w programie LEQ Professional izolinie układają się pod kątem prostopadłym. Taki układ izofonów w programie LEQ Professional świadczy o dokładniejszej ocenie wpływu ekranu akustycznego (w tym przypadku skarpy) na rozprzestrzenianie się hałasu w środowisku. Pomimo takiego rozkładu izolinii w programie ZewHalas, wartości rów-

noważnego poziomu dźwięku w południowym obszarze poza Zakładem są do siebie zbliżone.



Ryc. 1. Wizualizacja propagacji fali akustycznej w programie LEQ Professional
 Fig. 1. Visualization of acoustic wave propagation in LEQ Professional program

Biorąc pod uwagę rozprzestrzenianie się hałasu w granicach samego zakładu, należy stwierdzić, iż wyniki te w obydwu programach są przybliżone i nie wykazują znacznych różnic (wysokie podobieństwo w rozkładzie izolinii 60 dB). Rozkład izofony 50 dB w obszarze wschodnim, zachodnim oraz północnym jest także zbliżony w obydwóch przypadkach.

Rozkład izofonów, zbliżony w przypadku obydwóch programów wskazuje na to, iż pomimo, że program ZewHalas v.4 nie spełnia zasad modelowania określonych w normie PN ISO 9613-2, może on być z powodzeniem stosowany w prognozowaniu zmian w klimacie akustycznym w przypadku obszarów o urozmaiconej rzeźbie terenu [Żuchowicz-Wodnikowska 2003]. Obydwa programy stanowią niewątpliwie ważny element wspomagający ocenę wpływu inwestycji na klimat akustyczny.

WNIOSKI

Zastosowanie programów modelujących propagację fali akustycznej w środowisku jest istotnym elementem składowym oceny oddziaływania na środowisko, na etapie planowania inwestycji:

Zastosowanie dwóch programów modelujących wskazuje na nieznaczne różnice związane z propagacją fali akustycznej w pobliżu elementów ekranujących, co potwierdza merytoryczne wykorzystanie przeanalizowanych programów;

Program ZewHalas, pomimo niespełnienia kryteriów zawartych w normie PN ISO 9613-2, może być stosowany do uproszczonej oceny wpływu inwestycji na klimat akustyczny;

Program LeqProfesional wykazuje lepsze zastosowanie w praktyce zawodowej, ze względu na zastosowanie bardziej szczegółowego modelu propagacji hałasu w obrębie obiektów ekranizujących ,

LITERATURA

1. DORRANCE M., 1975. Effects of snowmobiles on white-tailed deer. *J. Wildl. Managem.*, 39, 563-569.
2. ENGEL Z., 2001. Ochrona środowiska przed drganiem i hałasem, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
3. FIEDOR B., 2003. Instrumenty ekonomiczne i rynkowe w realizacji koncepcji ekorozwoju w: Zarządzanie zrównoważonym rozwojem – Agenda 21 w Polsce – 10 lat po Rio; wyd. pod red. T. Borysa. Wydawnictwo Ekonomia i Środowisko, Białystok.
4. KALETA T., 2007. Wpływ niektórych antropogenicznych zmian środowiskowych na zachowanie się zwierząt. *Życie Weterynaryjne* 83(5), 375-378.
5. MAKAREWICZ R., 1984. Podstawy teoretyczne akustyki urbanistycznej. Wyd. PWN, Warszawa – Poznań.
6. MAKAREWICZ R., 2004. Dźwięki i fale. Wydawnictwo Naukowe UAM, Poznań.
7. NURZYŃSKI J., 2004. Zrównoważony rozwój a ocean akustyczna terenów inwestycyjnych. *Prace Instytutu Techniki Budowlanej* nr 2 (130), 27-42.
8. Pierchała, M., 2007. Analiza przyczynowo-skutkowa oddziaływania zakładów przemysłowych na klimat akustyczny aglomeracji. *Maszyny Górnicze* 25 nr 1, 7-1.
9. RUDNO-RUDZIŃSKA B., 1994. Modelowanie emisji i propagacji dźwięku do prognozowania klimatu akustycznego środowiska zurbanizowanego. Wyd. Politechniki Wrocławskiej, Wrocław.

COMPARISON OF ACOUSTIC WAVE PROPAGATION MODELS ON THE EXAMPLE OF FUNCTIONING OF THE DISPOSAL WORKS IN ŚCINAWKA DOLNA

A b s t r a c t

The paper presents the methodology of acoustic wave propagation prediction for Waste Management Plant in Ścinawka Dolna. Modeling was performed in two different modeling programs: ZewHalas and LEQ Professional. Modeling carried out indicate that, despite the use of two different mathematical models, the results of the acoustic wave propagation are very similar

Key words: noise modeling, acoustic wave propagation