

6

REDUKCJA HAŁASU EMITOWANEGO DO ŚRODOWISKA Z TERENÓW KOPALNI ODKRYWKOWYCH SUROWCÓW MINERALNYCH

6.1 WPROWADZENIE

Dynamiczny rozwój branży drogowej i budowlanej przyczynia się do znacznego wzrostu zapotrzebowania na wszelkiego rodzaju materiały mineralne, tj.: piaski, żwiry, grysy, kruszywa, mieszanki drogowe, kamień dolomitowy, itp.. Zakłady produkujące kruszywa zmuszone są prowadzić wydobycie, produkcję i sprzedaż przez całą dobę, co w znaczący sposób przyczynia się do negatywnych zmian klimatu akustycznego na pobliskich terenach mieszkalnych. Ograniczenie ponadnormatywnego oddziaływania akustycznego związanego z wydobyciem i przerobem kruszyw (oprócz zapylenia) stało się jednym z priorytetowych zadań powierzonych akustykom środowiska. W dalszej części artykułu opisano typowy proces produkcji kruszyw, zinventaryzowano główne źródła hałasu, określono przyczyny powstawania hałasu oraz wskazano możliwości redukcji hałasu z terenów kopalń odkrywkowych i zakładów przeróbczych kruszyw, podając odpowiednie przykłady i popierając je obliczeniami.

6.2 CHARAKTERYSTYKA PROCESU PRODUKCJI KRUSZYW

Pozyskanie surowca do produkcji kruszyw odbywa się na terenie górniczym metodą odkrywkową wgłębną w systemie ścianowym. Złoże urabiane jest metodą strzałową. Za pomocą specjalnych samobieżnych wiertnic wykonuje się szereg długich otworów, w których następnie umieszcza się ładunki wybuchowe. Po kontrolowanej detonacji odłupany i wstępnie skruszony kamień obsypuje się na niższy pokład. Grubsze kęsy kamienia dodatkowo kruszone są na ścianie za pomocą młotów hydraulicznych (tzw. dziobaków). Urobek spod ściany za pomocą koparek elektrycznych lub spalinowych ładowany jest na samochody samowyładowcze o średniej ładowności 25, 35 lub 40 ton i przewożony na teren zakładu przeróbki mechanicznej kruszyw. Urobek trafia do kruszarek wstępnych (szczękowych), gdzie podlega wstępnemu kruszeniu, a następnie na przesiewacze wstępne, kruszarki wtórne (szczękowe, stożkowe, udarowe) oraz przesiewacze wibracyjne końcowe (sortownia). Z sortowni przenośnikami taśmowymi gotowy produkt (kruszywo) o odpowiedniej gradacji (sortymencie) trafia na stożki, skąd jest za pomocą ładowarek spalinowych ładowany na samochody ciężarowe lub wagony. Nadziarno z sortowni kierowane jest na ponowne dokruszenie. W przypadku produkcji nawo-

zów czy uszlachetniaczy rozdrobniona frakcja trafia na przemiałownię, a następnie transportem pneumatycznym do zbiorników magazynowych. Przykładowe wyrobisko kopalni odkrywkowej oraz zakład przeróbki przedstawiono na rys. 6.1.

a)



b)



Rys.6.1 Kopalnia odkrywkowa kruszyw

a) Wyrobisko

b) Zakład przeróbczy

Źródło: opracowanie własne

Wśród najczęściej produkowanych kruszyw znajdują się kruszywa i mieszanki drogowe, grysy i piaski, które są szeroko stosowane w budownictwie. Wśród kruszyw klasycznych rozróżnia się kruszywa w sortymencie 0-31,5mm, 0-63mm, kłińce 4-31,5mm, tłucznie 31,5-63mm oraz kamień łamany 63-120mm, natomiast wśród grysów płukanych najczęściej produkuje się sortyment 2-5mm, 8-16mm, 16-31,5mm. Szczegółowe rodzaje materiałów i sortymentów uzależnione są od profilu produkcyjnego danego zakładu.

6.3 IDENTYFIKACJA GŁÓWNYCH ŹRÓDEŁ HAŁASU NA TERENIE KOPALNI I ZAKŁADU PRZERÓBCZEGO KRUSZYW

Główne źródła hałasu przy produkcji surowców mineralnych zlokalizowane są na terenie zakładu przeróbki mechanicznej kruszyw oraz na obszarze górniczym (w wyrobisku). Na terenie zakładu przeróbczego najczęściej występującymi źródłami hałasu są:

- kruszarki szczękowe (4015, 4016, 4017);
- kruszarki udarowe (MAG Impact II, HCI 100-110, Makrusz 4076);
- kruszarki stożkowe (Saimons, DKT1200, 1043, 1063, HP200);
- kruszarki mobilne (RCI);
- przesiewacze wibracyjne stacjonarne (WK2, WK3, WPB621, WPB821, Łęczyca);
- przesiewacze obrotowe, eliptyczne i inne;
- przesiewacze mobilne (Chieftain 2400, Keestrack Explorer 1800, Warrior 2400);
- zestawy krusząco-sortujące (Kleemann MR130).

Na terenie wyrobiska górniczego pracują:

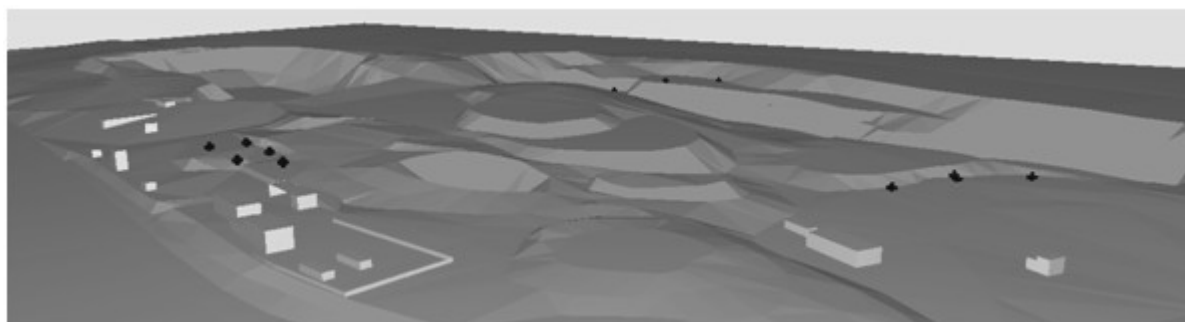
- koparki elektryczne;
- koparki spalinowe;
- młotki hydrauliczne (dziobaki);
- wiertnice (SW03, Atlas Copco);
- ładowarki (JCB, Volvo, CAT, HSW, Ł-34, Hyundai);
- spychacze (CAT, Dresser);
- samochody ciężarowe przewożące urobek z kopalni (Białaz 25 i 40 ton).

Ze względu na ekranowanie ścianami wyrobiska, maszyny i urządzenia pracujące na niższych poziomach nie stanowią istotnego zagrożenia dla klimatu akustycznego. Również prace strzałowe nie powodują ponadnormatywnej emisji hałasu. Praca wiertnic oraz montaż ładunków wybuchowych jest stosunkowo cicha. Detonacja ładunków odbywa się we wnętrzu materiału skalnego, dzięki czemu fala akustyczna jest w znacznej części stłumiona. Największy hałas powodowany jest przez spadającą skruszoną skałę i jej odłamki. Z badań wykonanych przez autora wynika, że maksymalny chwilowy poziom dźwięku w momencie detonacji w odległości 100 m od jej miejsca wynosi od 85 do 95 dB, w zależności od ilości ładunków, warunków propagacji dźwięku, geometrii wyrobiska, itp. Największy hałas na terenie górniczym jest powodowany przez przejazdy samochodów ciężarowych przewożących urobek z kopalni odkrywkowej na zakład przeróbczy i jego rozładunek (zrzut) do stalowego kosza zasypowego kruszarek wstępnych. Oddziaływanie to jest szczególnie duże w przypadku jazdy obciążonego samochodu pod górę, a więc z terenu wyrobiska w kierunku zakładu przeróbczego.

Najistotniejszym oddziaływaniem akustycznym na środowisko zewnętrzne charakteryzuje się jednak praca zakładu przeróbczego. Najgłośniejszymi źródłami hałasu są tu kruszarki szczękowe oraz przesiewacze wibracyjne, które w rejonie podestów obsługowych emitują dźwięki nawet powyżej 100 dB. W tab. 6.1 przedstawiono wartości poziomu dźwięku emitowanego do środowiska przez typowe źródła hałasu występujące w zakładach przeróbki kruszyw. Główne źródła hałasu przedstawiono na rys. 6.2.

6.4 WYKORZYSTANIE METOD OBLICZENIOWYCH W PROCESIE PLANOWANIA PRAC WYCISZENIOWYCH

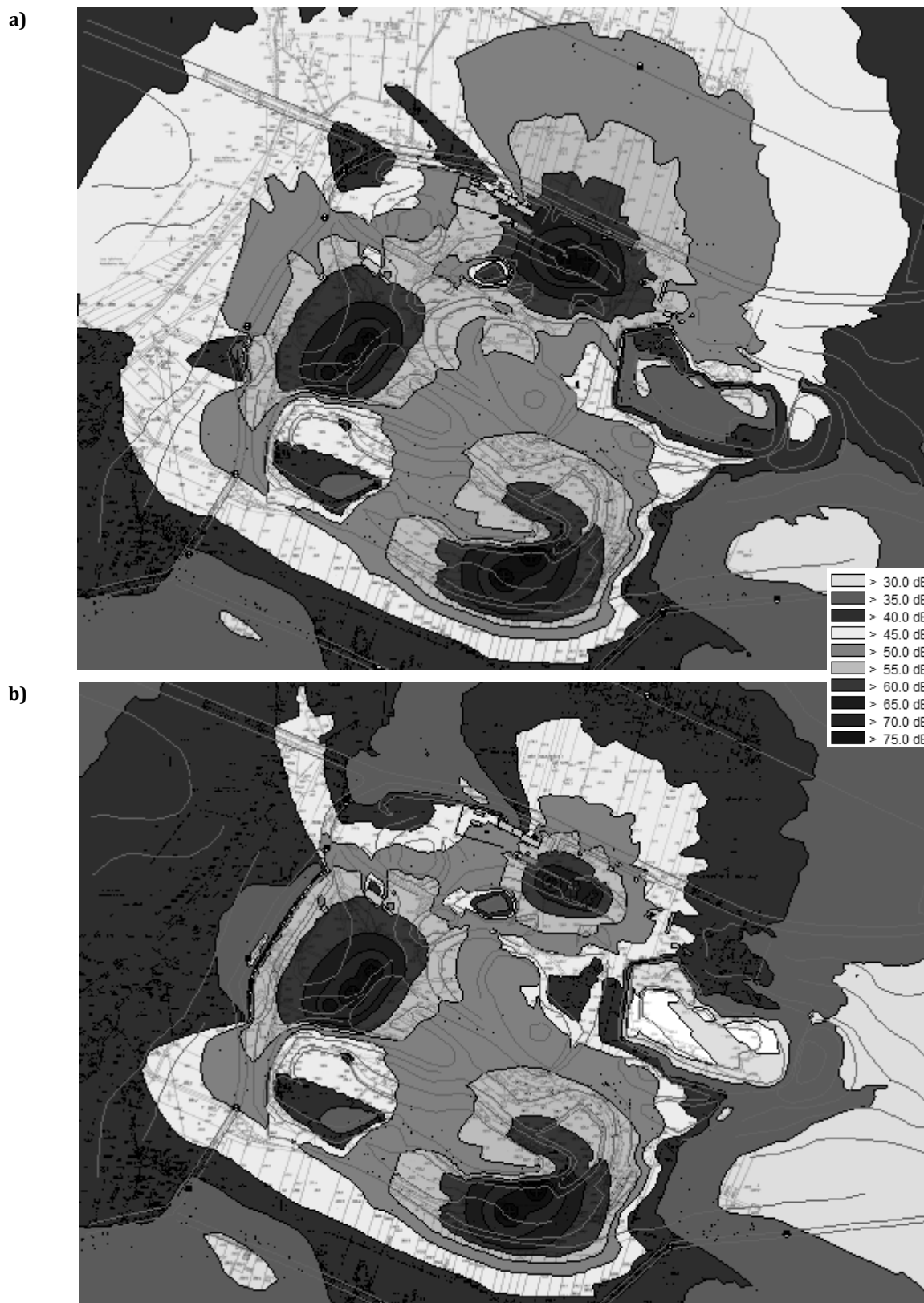
W celu określenia źródeł odpowiedzialnych za przekroczenia wartości dopuszczalnych hałasu w środowisku, opracowania koncepcji ich wyciszeń oraz oszacowania możliwych do uzyskania efektów akustycznych w pierwszej kolejności należy przeprowadzić inwentaryzację i pomiary charakterystyk akustycznych głównych źródeł hałasu zlokalizowanych na terenie zakładu. W czasie pomiarów należy określić poziomy ciśnienia akustycznego na powierzchni pomiarowej, kierunkowość oddziaływania źródeł hałasu oraz ich wymiary geometryczne. W dalszej kolejności należy obliczyć poziom mocy akustycznej źródeł hałasu zgodnie z metodyką opisaną w PN-EN ISO 3746:2011. Następnie należy opracować model geometryczny i akustyczny analizowanego obszaru wykorzystując specjalistyczne oprogramowanie komputerowe oraz przeprowadzić obliczenia propagacji hałasu w środowisku zgodnie z zaleceniami Ministra Środowiska zawartymi w Rozporządzeniu z dnia 30 października 2014 roku w sprawie wymagań w zakresie prowadzenia pomiarów wielkości emisji oraz pomiarów ilości pobieranej wody (Dz.U. 2014 Nr 0 Poz. 1542) oraz normą PN-ISO 9613-2 – zalecaną do stosowania przez Dyrektywę 2002/49/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 25 czerwca 2002 roku w sprawie oceny i kontroli poziomu hałasu w środowisku. Do obliczeń najczęściej używa się oprogramowania CadnaA, SoundPlan, Immi, LimaA, itp.. Przykładowy model geometryczny kopalni kruszyw przedstawiono na rys. 6.3. Uwzględniono w nim szczegółową topografię wyrobiska, lokalizację źródeł punktowych (kruszarki, przesiewacze, itp.) oraz źródeł ruchomych (ładowarki, samochody ciężarowe, itp.).



Rys. 6.3 Przykładowy model geometryczny obszaru kopalni kruszyw

Źródło: opracowanie własne

W wyniku przeprowadzonych obliczeń akustycznych uzyskano mapę rozkładu poziomu dźwięku w środowisku. Charakteryzuje ona klimat akustyczny przed podjęciem działań zmierzających do redukcji hałasu. Mapę akustyczną kopalni odkrywkowej i zakładu przerobczego przedstawiono na rys. 6.4a. Szczegółowa analiza rozkładu dźwięku umożliwiła określenie zasięgu oraz kierunków uciążliwego oddziaływania zakładu. Analizując mapę stwierdzono, iż największe oddziaływanie akustyczne ma miejsce w kierunku północnym i zachodnim, gdzie dominują źródła znajdujące się na terenie dwóch linii przeróbki kruszyw. W kierunku południowym źródła hałasu znajdują się na dolnych pokładach wyrobiska, przez co są ekranowane i nie stanowią zagrożenia akustycznego.



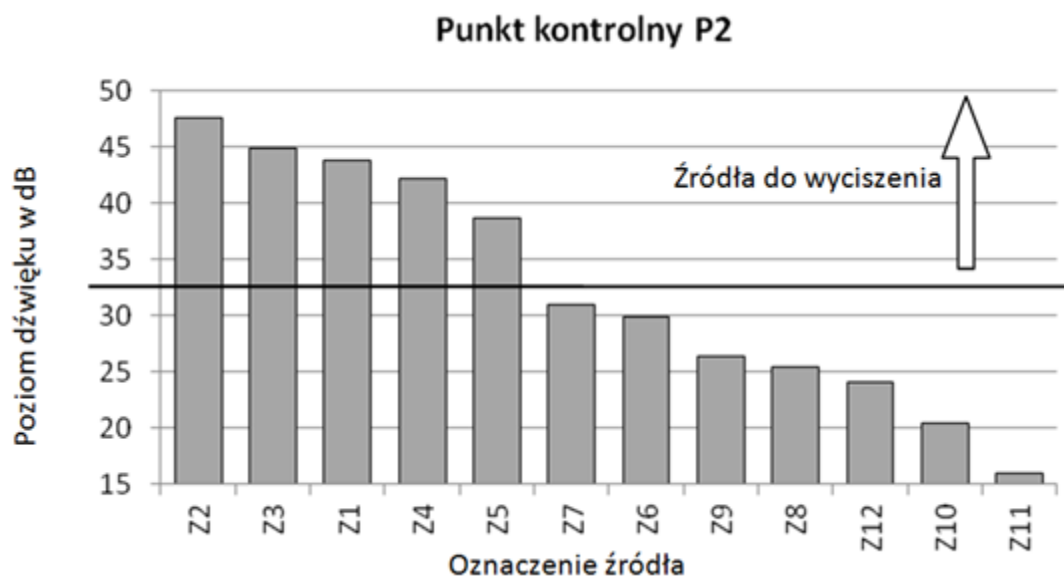
Rys. 6.4 Mapa poziomu dźwięku emitowanego do środowiska z terenu kopalni i zakładu przerobczego

a) Sytuacja przed wyciszeniami

b) Sytuacja po realizacji prac wyciszeniowych

Źródło: opracowanie własne

Wykonany model akustyczny pozwala również na wytypowanie źródeł odpowiedzialnych za przekroczenia wartości dopuszczanych hałasu. Udziały poszczególnych źródeł w łącznym (skumulowanym) hałasie w dowolnym punkcie obserwacji przedstawiono na rys. 6.5.



Rys. 6.5 Udziały poszczególnych źródeł w hałasie skumulowanym w wybranym punkcie obserwacji

Źródło: opracowanie własne

Znając wielkość oddziaływania akustycznego poszczególnych źródeł hałasu można określić zakres prac, optymalną kolejność wyciszeń oraz konieczną do uzyskania redukcję mocy akustycznej źródeł, jak również oszacować poziom hałasu w punkcie kontrolnym po zakończeniu prac wyciszeniowych. Przykład prognozowanej mapy hałasu z terenu zakładu obrazującej możliwe do uzyskania efekty redukcji hałasu przedstawiono na rys. 6.4b. Szczegółowy opis działań zmierzających do opracowania racjonalnego i skutecznego sposobu ograniczenia emisji hałasu z terenu dowolnego zakładu przemysłowego z wykorzystaniem metod obliczeniowych opisano szczegółowo w [3, 4].

6.5 PRZYKŁADOWE ZABEZPIECZENIA PRZECIWHAŁASOWE GŁÓWNYCH ŹRÓDEŁ HAŁASU

Na podstawie przeprowadzonych obliczeń akustycznych ustala się kolejność realizacji prac wyciszeniowych oraz określa minimalne wymagania dotyczące redukcji mocy akustycznej źródła. Takie informacje są niezbędne w celu realizacji projektu akustycznego, którego zakres i sposób realizacji został szczegółowo przedstawiony w [2].

W przypadku zakładów produkujących kruszywa najczęściej wyciszaniem źródłami hałasu są kruszarki i przesiewacze. Najskuteczniejsze ich wyciszenie jest możliwe przez zastosowanie całkowitych lub częściowych obudów dźwiękochłonno-dźwiękoizolacyjnych. Ostateczna postać obudowy bezwzględnie musi być zaprojektowana we współpracy akustyka, konstruktora i przedstawiciela zakładu, celem takiego ukształtowania obudowy oraz doboru ilości i rozmieszczenia otworów technologicznych, by mo-

żliwa była bezproblemowa obsługa okresowa, a także zapewniony był dostęp do maszyny w czasie prowadzenia remontów. Obudowa nie może przeszkadzać w prawidłowej eksploatacji wyciszonego urządzenia. W większości przypadków pracujące maszyny i urządzenia posiadają już zabudowane konstrukcje, które po odpowiednich adaptacjach można wykorzystać, jako konstrukcję nośną. Istniejące poszycia blaszane muszą zostać zastąpione odpowiednim, jednostronnie pochłaniającym panelem akustycznym, zapewniającym izolacyjność akustyczną $R_w > 30$ dB oraz wskaźnik pochłaniania $D > 10$ dB. W niektórych przypadkach można zastosować ekrany akustyczne przy źródłach, ukształtowane w taki sposób, by pochłaniały i odbijały falę akustyczną emitowaną w kierunku obszarów chronionych akustycznie. Na rys. 6.6 przedstawiono przykładowe obudowy akustyczne kruszarek oraz przesiewaczy wykonane z panelu akustycznego aluminiowego typu BudanH500 w wersji PA-1S oraz ekran akustyczny kruszarki stożkowej.



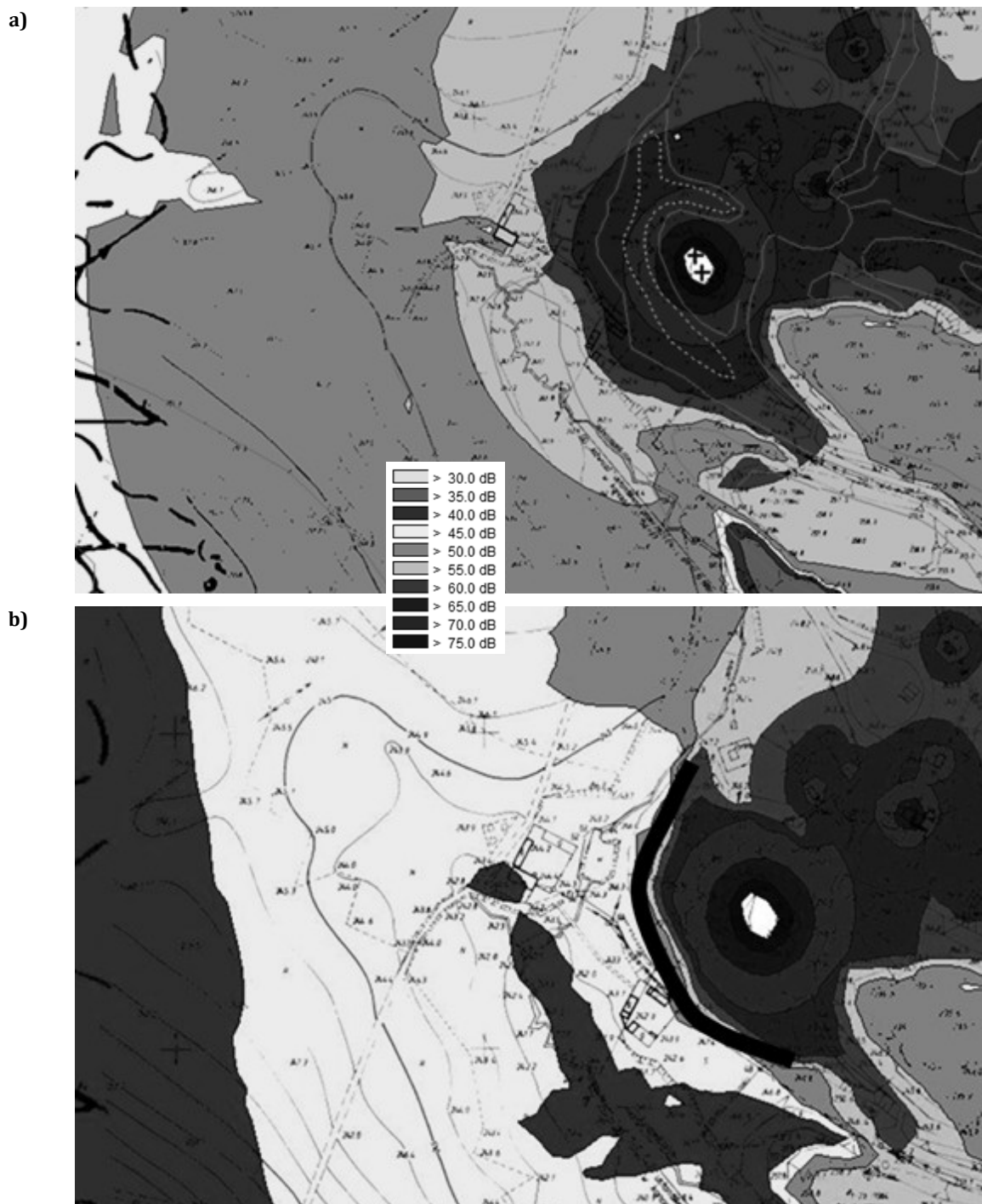
Rys. 6.6 Przykładowe zabezpieczenia przeciwhałasowe źródeł

- a) Obudowa akustyczna kruszarki szczękowej**
- b) Obudowa akustyczna przesiewacza wibracyjnego trójpokładowego**
- c) Ekran akustyczny kruszarki stożkowej**

Źródło: opracowanie własne

Innym ciekawym rozwiązaniem jest zastosowanie ekranowania źródeł hałasu przez wały ziemne. Jest to dość skuteczna metoda ochrony środowiska przed hałasem, a w przypadku posiadania swojego materiału ziemnego, będzie to również rozwiązanie stosunkowo tanie. Wał ziemny powinien mieć wysokość wynikającą z geometrii źródeł hałasu oraz topografii terenu – musi fizycznie zasłaniać źródła hałasu. Oczywiście im wał będzie wyższy i szerszy na szczycie, tym lepsze efekty tłumienia hałasu uzyska się

ostatecznie. Dodatkowo można wykonać gęstą obsadę wału (nasypu) roślinnością, co pozwoli na kolejne zwiększenie efektywności ekranowania. Szczegółową lokalizację wałów ziemnych należy ustalić w czasie wizji lokalnej, po uwzględnieniu kierunków ochrony akustycznej, tytułu własności do gruntów, planowanych kierunków eksploatacji złóż oraz innych uwarunkowań. Przykład skuteczności ekranowania przez wał ziemny przedstawiono na rys. 6.7.



Rys. 6.7 Mapa poziomu dźwięku emitowanego do środowiska z zakładu przerobczego
a) Sytuacja przed wyciszeniami b) Sytuacja po usypaniu wału ziemnego

Źródło: opracowanie własne

PODSUMOWANIE

Przykłady wyciszeń przedstawione w niniejszym artykule obrazują, że jest możliwe podjęcie skutecznych działań zmierzających do ograniczenia emisji hałasu z terenów zakładów produkujących kruszywa mineralne. Co prawda są to działania wymagające znacznych inwestycji oraz stosunkowo długiego czasu realizacji, to jednak przynoszą one pożądany skutek. W celu osiągnięcia założonych efektów oraz minimalizacji ryzyka konieczne jest rozpoczęcie prac od wykonania ekspertyzy akustycznej, która pozwoli ustalić zakres i kolejność prac wyciszeniowych oraz pozwoli określić możliwe do uzyskania efekty akustyczne. Zastosowanie symulacji komputerowych na etapie projektowania umożliwia wybór optymalnego sposobu wyciszenia, ze względu na możliwy do uzyskania efekt akustyczny oraz przewidywany koszt wdrożenia. Ostatnim krokiem jest wykonanie projektu akustycznego zabezpieczenia akustycznego, co gwarantować będzie uzyskanie założonych skuteczności redukcji hałasu.

PODZIĘKOWANIA

Artykuł jest wynikiem badań realizowanych w Instytucie Inżynierii Produkcji na Wydziale Organizacji i Zarządzania Politechniki Śląskiej, i powstał w ramach pracy statutowej 13/030/BK_16/0024 nt. Metody i narzędzia inżynierii produkcji dla rozwoju inteligentnych specjalizacji. Innowacyjność, jako element inteligentnej specjalizacji.

LITERATURA

- 1 A. Boczkowski, A. Kuboszek. „Techniczne i pozatechniczne aspekty wdrażania innowacyjnych metod projektowania zabezpieczeń przeciwhałasowych w przemyśle. Etap I. Ekspertyza akustyczna.” J. Kaźmierczak, J. Bartnicka (red.) *Zarządzanie innowacjami w produkcji i usługach. Monografia*. Opole: Oficyna Wydaw. Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, 2014, s. 15-34.
- 2 A. Boczkowski, A. Kuboszek. „Techniczne i pozatechniczne aspekty wdrażania innowacyjnych metod projektowania zabezpieczeń przeciwhałasowych w przemyśle. Etap II. Projekt akustyczny.” J. Kaźmierczak, J. Bartnicka (red.) *Zarządzanie innowacjami w produkcji i usługach. Monografia*. Opole: Oficyna Wydaw. Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, 2014, s.35-48.
- 3 A. Boczkowski. „Racjonalne projektowanie i wdrażanie zabezpieczeń przeciwhałasowych w przemyśle.” *Materiały XXXIX Zimowej Szkoły Zwalczenia Zagrożeń Wibroakustycznych*, Gliwice-Szczyrk, 28.02-4.03.2011. Gliwice: Polskie Towarzystwo Akustyczne. Oddział Górnośląski, 2011, s.117-126.
- 4 A. Boczkowski. „Designing of noise protection systems in industrial environment.” *Systemy Wspomagania w Inżynierii Produkcji*, No 1(1), 2012.
- 5 A. Boczkowski. „Komputerowe wspomaganie w procesie realizacji ocen oddziaływania akustycznego zakładów przemysłowych na środowisko.” R. Knosala (red.) *Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji*. T. 2. Opole: Oficyna Wydaw. Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, 2015, s. 372-383.

- 6 Z. Engel. *Ochrona środowiska przed drganiami i hałasem*. Warszawa: PWN, 2001.
- 7 PN-EN ISO 3746:2011. Akustyka. Wyznaczanie poziomów mocy akustycznej i poziomów energii akustycznej źródeł hałasu na podstawie pomiarów ciśnienia akustycznego. Metoda orientacyjna z zastosowaniem otaczającej powierzchni pomiarowej nad płaszczyzną odbijającą dźwięk.

REDUKCJA HAŁASU EMITOWANEGO DO ŚRODOWISKA Z TERENÓW KOPALNI ODKRYWKOWYCH SUROWCÓW MINERALNYCH

Streszczenie: *W artykule przedstawiono zagadnienia związane z ponadnormatywną emisją hałasu z terenów zakładów przerobu kruszyw. Omówiono proces produkcji kruszyw, zidentyfikowano podstawowe źródła hałasu w środowisku oraz przedstawiono możliwość wykorzystania metod obliczeniowych w celu opracowania zakresu i kolejności prac wyciszeniowych, a także możliwości oszacowania skuteczności projektowanych zabezpieczeń przeciwhałasowych. Na zakończenie przedstawiono przykłady zaprojektowanych i wdrożonych obudów akustycznych kruszarek i przesiewaczy oraz zabezpieczeń typu ekrany akustyczne.*

Słowa kluczowe: *hałas przemysłowy, redukcja hałasu, kopalnia odkrywkowa, produkcja kruszyw*

REDUCTION OF NOISE EMITTED TO THE ENVIRONMENT FROM THE AREAS OF OPEN-PIT MINERAL RESOURCES MINES

Abstract: *This article presents issues related to aggregate processing facilities emitting noise in excess of standard values. It analyzes the process of aggregate production, identifies basic sources of noise in the environment and presents how computational methods can be used to design the extent and order of noise minimalization process, as well as to estimate efficiency of the designed noise protection. Lastly, the article shows examples of already finalized noise protection devices, such as noise barriers or acoustic casing for crushers and sifting machines.*

Key words: *industrial noise, noise reduction, open pit, production of aggregates*

Dr inż. Arkadiusz BOCZKOWSKI
Politechnika Śląska
Wydział Organizacji i Zarządzania
Instytut Inżynierii Produkcji
ul. Roosevelta 26, 41-800 Zabrze
e-mail: Arkadiusz.Boczkowski@polsl.pl

Data przesłania artykułu do Redakcji: 30.06.2016
Data akceptacji artykułu przez Redakcję: 07.07.2016