

MERKISZ Jerzy, KARPIŃSKI Dominik, GALANT Marta, MARKOWSKI Jarosław

## **BADANIE POZIOMÓW DŹWIĘKU HAŁASU LOTNICZEGO NA OBSZARACH SĄSIADUJĄCYCH Z PORTEM LOTNICZYM POZNAŃ-ŁAWICA**

### *Streszczenie*

*W artykule przedstawiono badania poziomów dźwięku hałasu lotniczego dla statków powietrznych wykonujących operacje lotnicze w Porcie Lotniczym Poznań-Ławica. Pomiary hałasu wykonano w punktach zlokalizowanych na obszarach ograniczonego użytkowania ustalonych dla lotniska. Wynikiem badań są wartości ekspozycyjnego i równoważnego poziomu dźwięku, przy zastosowaniu podziału ze względu na rodzaj wykonywanej operacji. Dodatkowo obliczono równoważne poziomy dźwięku dla pory dnia i nocy oraz odniesiono do norm określających dopuszczalne poziomy hałasu w środowisku.*

### **WSTĘP**

Wzrastająca uciążliwość hałasu pochodzenia komunikacyjnego przyczynia się do coraz większego niezadowolenia ludności, skarżącej się na nadmierny hałas w środowisku. Dotyczy to głównie hałasu drogowego i lotniczego, natomiast w mniejszym stopniu kolejowego. Spośród wspomnianych hałasów komunikacyjnych, największą uciążliwość przypisuje się hałasowi lotniczemu, do czego przyczyniać może się dynamiczny rozwój transportu lotniczego [6].

Uciążliwość hałasu lotniczego wynika z jego specyficznych cech, tj. nagłego pojawienia się, następnie dynamicznego narastania do wartości maksymalnej, charakteryzującej się wysokim poziomem, a następnie szybkiego spadku. Wartość hałasu lotniczego zależna jest od typu statku powietrznego, liczby realizowanych operacji startów i lądowań oraz organizacji ruchu lotniczego, wpływającej na przebieg operacji lotniczych i zarządzanie ruchem statków powietrznych krążących nad lotniskiem. Wprowadzenie na szeroką skalę do eksploatacji odrzutowych statków powietrznych przyczyniło się do wzrostu niezadowolenia ludności zamieszkującej obszary zlokalizowane w sąsiedztwie portów lotniczych. Zasadnicze źródło hałasu w statkach powietrznych eksploatujących silniki odrzutowe stanowi wyplływający strumień gazów z dysz wylotowych.

Hałas lotniczy jest jednym z najważniejszych aspektów środowiskowych lotniska, dlatego też z jego oddziaływaniem muszą zmierzyć się zarówno zarządzający lotniskiem, użytkownicy lotnisk, producenci z branży lotniczej, jak również mieszkańcy i inwestorzy zarządzający terenami objętymi negatywnym oddziaływaniem hałasu lotniczego. W takiej sytuacji porty lotnicze podejmują działania prowadzące do redukcji hałasu wynikającego z hałaśliwości obsługiwanych statków powietrznych oraz intensywności i organizacji ruchu lotniczego na samym lotnisku. Negatywne oddziaływanie hałasu lotniczego obejmuje jedynie

ograniczony teren, położony w najbliższym sąsiedztwie portu lotniczego, pod trasami odlotów i przylotów. W celu osiągnięcia zrównoważonego rozwoju przemysłu lotniczego należy podejmować skuteczne środki prowadzące do ograniczenia negatywnego wpływu transportu lotniczego, w tym hałasu lotniczego [1].

Nadmierna uciążliwość hałasu lotniczego związana z funkcjonowaniem portu lotniczego, a w szczególności odbywające się tam starty i lądowania samolotów, wpływa na stopień nieprzydatności do zamieszkania terenów zlokalizowanych w odległości od kilku do kilkunastu kilometrów od granicy portu lotniczego, w zależności od rozmieszczenia dróg startowych oraz tras dolotowych i odlotowych. Na oddziaływanie hałasu wokół portu lotniczego poza odbywającymi się tam operacjami lotniczymi mogą mieć także wpływ połączenia transportowe do portu lotniczego tj. dojazdy prywatnymi pojazdami, miejskimi autobusami lub przy wykorzystaniu transportu kolejowego [3, 6].

## 1. METODYKA BADAŃ

Badania przeprowadzono w celu określenia poziomów dźwięku generowanych przez statki powietrzne, wykonujące starty i lądowania w Porcie Lotniczym Poznań-Ławica (tab. 1).

**Tab. 1.** Charakterystyka obiektu badań [7]

<b>Nazwa lotniska</b>	Port Lotniczy Poznań – Ławica Sp. z o.o. im. Henryka Wieniawskiego
<b>Rodzaj lotniska</b>	Lotnisko cywilne
<b>Opis lotniska</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Kod lotniska IATA: POZ</li> <li>· Kod lotniska ICAO: EPPO</li> <li>· Wzniesienie lotniska: 93,9 m n.p.m.</li> <li>· Położenie lotniska: 5 km (2,7 nm) od centrum miasta</li> <li>· Droga startowa: długość – 2504 m, szerokość – 50 m</li> <li>· Lotnisko posiada jeden pas startowy, równoległą drogę kołowania z szybkimi zjazdami, terminale pasażerskie oraz terminal CARGO</li> </ul>

Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 16 czerwca 2011 roku, przewiduje przeprowadzanie okresowych badań poziomów substancji lub energii w środowisku, mających na celu określenie wartości poziomów hałasu w środowisku. Poziomy hałas wyrażane są za pomocą wskaźnika  $L_{AeqD}$  oznaczającego równoważny poziom dźwięku A, wyrażonym w decybelach [dB] dla pory dnia ( $6^{00} - 22^{00}$ ) oraz  $L_{AeqN}$  – równoważny poziom dźwięku A wyrażony w [dB] dla pory nocy ( $22^{00} - 6^{00}$ ). Wskaźniki te wyznaczane są w związku z użytkowaniem lotnisk, z łącznie ponad 5 tysiącami operacji startów, lądowań i przelotów, w roku kalendarzowym niezależnie od lokalizacji lotniska [4].

Lokalizację punktów pomiarowych (rys. 2) ustalano na terenach podlegających ochronie przed hałasem, w sposób umożliwiający określenia poziomów dźwięku oddziaływujących na ludzi, pochodzących od źródeł hałasu, jakie stanowią statki powietrzne. Poszczególne punkty pomiarowe opisano uwzględniając przeznaczenie terenu, odległość od drogi startowej oraz odległości między punktem pomiarowym a najbliższą zabudową (tab. 2).



Rys. 2. Lokalizacja punktów pomiarowych

Tab. 2. Charakterystyka punktów pomiarowych [8]

Punkt pomiarowy	Lokalizacja punktu	Odległość do drogi startowej [m]	Odległość do najbliższej zabudowy [m]
P_1 – Poznań, ul. Wicherowa	Teren pola golfowego	159	23
P_2 – Baranowo, ul. Ametystowa	Teren rekreacyjny sąsiadujący z zabudową szeregową	665	25
P_3 – Przeźmierowo, ul. Piaskowa	Teren zabudowy jednorodzinnej	915	20
P_4 – Poznań, ul. Stefana Drzewieckiego	Teren sąsiadujący z ogródkami działkowymi oraz zabudową wielorodzinną	1203	20
P_5 – Poznań, ul. Bukowska	Teren sąsiadujący z ogródkami działkowymi oraz ulicą Bukowską	1051	15

Pomiar poziomów dźwięku dla operacji startu, uwzględniał końcowy etap rozpędzania, poprzez oderwanie, aż do odejścia. W przypadku operacji lądowania mierzono poziomy dźwięku dla etapu szybowania (P\_4 – 5) oraz ostatniej fazy dobiegu wraz z wyhamowaniem statku powietrznego do prędkości umożliwiającej bezpieczny zjazd na drogę kołowania (P\_1).

Do przeprowadzenia pomiarów wykorzystano całkujący miernik poziomu dźwięku 2 klasy SONOPAN IM-02/m. Miernik jest wielofunkcyjnym przyrządem pomiarowym umożliwiającym pomiary sygnałów akustycznych mających charakter ciągły, przerywany lub impulsowy. Specyfikacja miernika przewiduje zastosowanie do pomiarów hałasu w środowisku naturalnym człowieka, w tym hałasu lotniczego [5]. Przyrząd pomiarowy zamocowano w sposób umożliwiający pomiar poziomu dźwięku na wysokości 2,6 m. Właściwy pomiar równoważnego poziomu dźwięku A poprzedzał pomiar wstępny mający na celu wybór odpowiedniego zakresu pomiarowego w zależności od rodzaju rejestrowanej operacji. Przygotowanie miernika wymagało wprowadzenia następujących nastaw:

- zakres: 50 – 95dB (Fsd 95) dla lądowań, 70 – 115dB (Fsd 115) dla startów,
- charakterystyka: A,
- czas pomiaru: 60 s,
- wielkość mierzona: LE.1.

W czasie 60 s pomiaru rejestrowano wartości równoważnego poziomu dźwięku A przekraczające 60 dB (operacja lądowania) oraz 70 dB (operacja startu). Dodatkowo dokonano odczytu wartości zarejestrowanych podczas pomiaru ekspozycyjnego poziomu dźwięku A, a następnie wyzerowano miernik w celu przeprowadzenia pomiaru tła akustycznego.

Badania poziomów dźwięku w punktach pomiarowych zlokalizowanych w sąsiedztwie Portu Lotniczego Poznań-Ławica zostały przeprowadzone dla operacji lotniczych obejmujących starty w kierunku zachodnim (RWY28) w porze dziennej i nocnej oraz lądowania z kierunku wschodniego (RWY28) w porze dziennej.

## 2. ANALIZA WYNIKÓW POMIARÓW

W tabeli 3 przedstawiono typy statków powietrznych wraz z liczbą zarejestrowanych zdarzeń we wszystkich punktach pomiarowych.

**Tab. 3.** Typy statków powietrznych oraz liczba zarejestrowanych zdarzeń w czasie pomiarów [9]

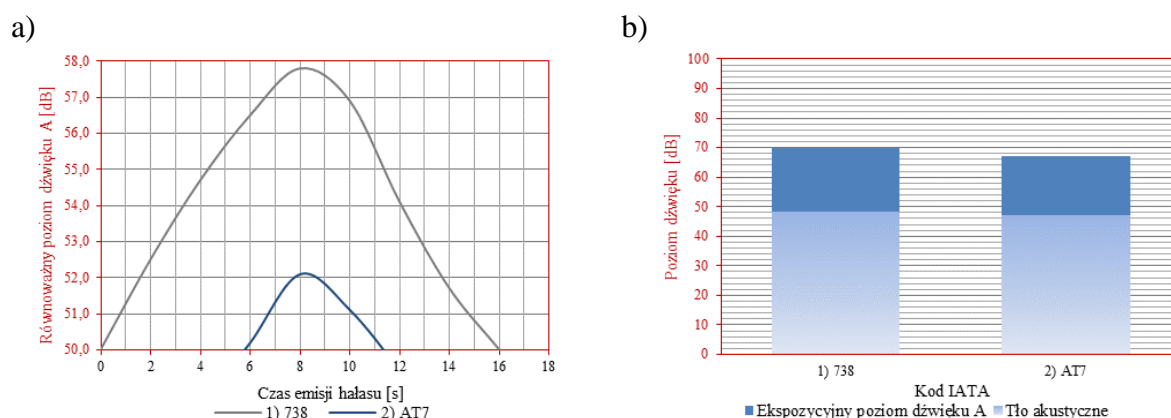
L.p.	kod IATA	Opis statku	Klasa samolotu	Liczba zarejestrowanych zdarzeń
1.	100	Fokker 100	turboodrzutowy-średni	1
2.	319	Airbus A319	turboodrzutowy-średni	1
3.	320	Airbus A320	turboodrzutowy-średni	3
4.	734	Boeing 737-400	turboodrzutowy-średni	3
5.	738	Boeing 737-800	turboodrzutowy-średni	6
6.	AT5	Aerospatiale ATR 42-500	turbośmigłowy-średni	3
7.	AT7	Aerospatiale ATR 72	turbośmigłowy-średni	8
8.	BE20*	Beechcraft King Air 200	turbośmigłowy-lekki	1
9.	C25A*	CessnaCitation 525A	turboodrzutowy-lekki	1
10.	CCJ	Canadair Challenger CL600	turboodrzutowy-średni	1
11.	CR2	CanadairReginal Jet 200	turboodrzutowy-średni	2
12.	CR7	F16C Block 52+	turboodrzutowy z dopalaniem-średni	1
13.	D38	Fairchild Dornier Do.328	turbośmigłowy-średni	1
14.	DF2	DassaultFalcon 2000	turboodrzutowy-średni	1
15.	ER3	Embraer RJ135	turboodrzutowy-średni	1
16.	F16	CanadairRegional Jet 700	turboodrzutowy-średni	1
17.	GALX*	Gulfstream G200	turboodrzutowy-średni	1
18.	H25	HawkerSiddeley HS. 125	turboodrzutowy-średni	1
19.	S20	Saab 2000	turbośmigłowy-średni	1
20.	SF3	Saab SF340	turbośmigłowy-średni	1
Liczba operacji lotniczych zarejestrowanych podczas pomiarów: lądowanie				39
lądowanie				11
start				27
touch and go				1

\*Kod ICAO (International Civil Aviation Organization)

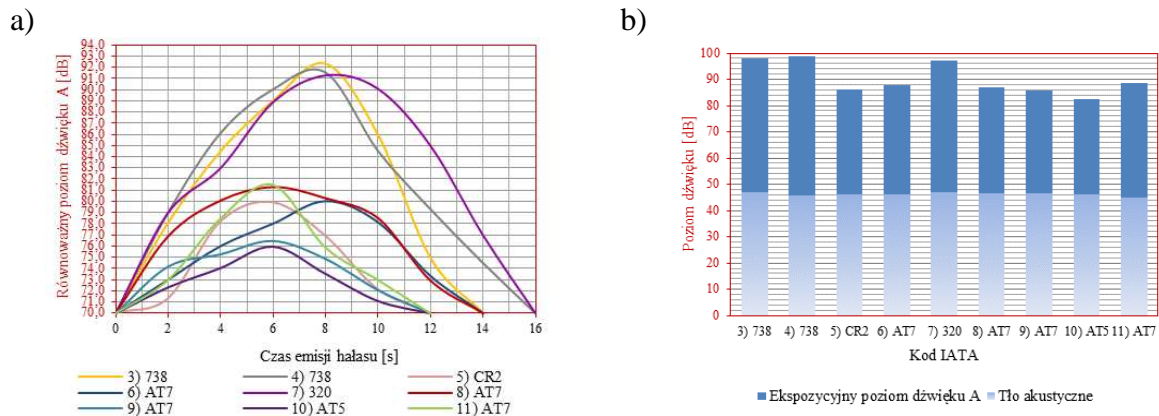
Analizując otrzymane wyniki zaobserwowano, iż największymi wartościami poziomu dźwięku charakteryzują się statki powietrzne wykonujące operacje startu, które w przypadku

lotniska Ławica mogą być realizowane w kierunku zachodnim lub wschodnim. Zarówno w jednym jak i w drugim kierunku operacje startu odbywają się nad obszarami zamieszkałymi lub stanowiącymi tereny rekreacyjno-wypoczynkowe.

Punkt pomiarowy P\_1 zlokalizowano na terenie firmy udostępniającej pola golfowe, znajdującej się w bezpośrednim sąsiedztwie Portu Lotniczego Poznań-Ławica. W czasie pomiarów zarejestrowano operacje startu i lądowania (rys. 3 – 4), gdzie dla startu odnotowano najwyższe poziomy dźwięku ze wszystkich przeprowadzonych w czasie badań pomiarów, ze względu na najmniejszą odległość między punktem pomiarowym i drogą startową. W przypadku pomiarów wykonanych dla operacji lądowania, statki powietrzne poruszały się po pasie startowym z prędkością odpowiadającą końcowej fazie dobiegu w czasie operacji lądowania. Wartości poziomów dźwięku A zarejestrowane dla operacji lądowania zależały od dobiegu statku powietrznego stanowiącego ostatni etap lądowania, z którym wiąże się zwykle praca zespołu napędowego z ciągiem wstecznym oraz konfiguracją statku powietrznego, wywołująca powstawanie największych oporów aerodynamicznych. W tym przypadku zarejestrowano większą wartość poziomu dźwięku dla statku powietrznego z silnikami turboodrzutowymi w porównaniu do statków powietrznych z napędem turbośmigłowym. Poziomy dźwięku A mierzone w danym punkcie dla operacji startu, dotyczyły statków powietrznych znajdujących się na niewielkiej wysokości względem pasa, zależnej od punktu oderwania od pasa startowego różnego dla określonych typów statków powietrznych. Szczególny wpływ na wartości poziomów dźwięku A, zarejestrowanych w czasie wykonywania startów, miały parametry zespołów napędowych odpowiadające pracy silników przy maksymalnej sile ciągu. W tym przypadku możliwe jest zaobserwowanie różnic między statkami powietrznymi o masie własnej powyżej 40 000 kg, wyposażonymi w napęd turboodrzutowy i statkami powietrznymi o masie własnej poniżej 15 000 kg z napędem turbośmigłowym, przy większej uciążliwości hałasem tych pierwszych. Uciążliwość ta wynika m.in. z większej masy startowej i zwiększonego zapotrzebowania na siłę ciągu. Dla samolotów z silnikami turboodrzutowymi odnotowano zarówno wyższe wartości poziomów dźwięku podczas startu, jak również dłuższą emisję hałasu w przyjętym zakresie pomiarowym. W przypadku pomiaru poziomów dźwięku A generowanych przez statki powietrzne o masie własnej do 20 000 kg, wyposażone w napęd turboodrzutowy, poziomy dźwięku A osiągały zbliżone wartości do tych otrzymywanych dla statków powietrznych z silnikami turbośmigłowymi.

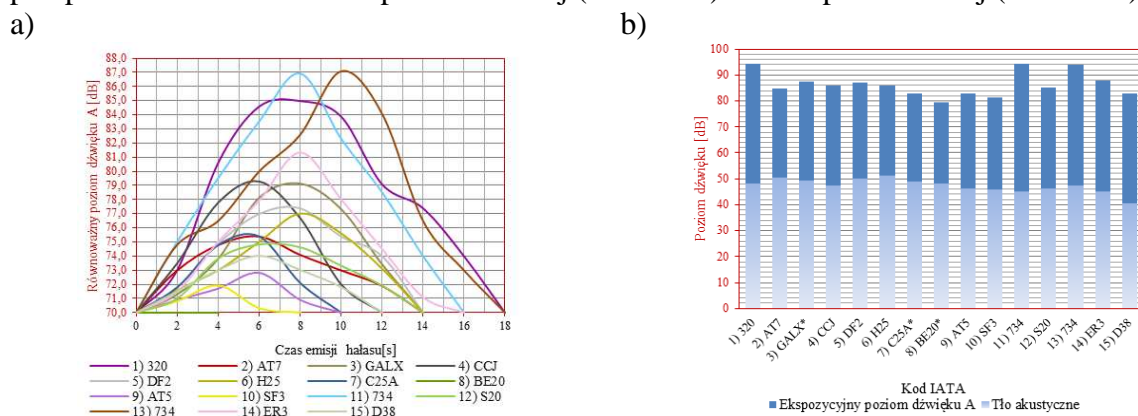


**Rys. 3.** Poziomy dźwięku A w P\_1: a) równoważne poziomy dźwięku A w funkcji czasu zmierzone dla przyjętego zakresu wartości poziomu dźwięku A, podczas operacji lądowania z kierunku wschodniego, b)ekspozycyjne poziomy dźwięku A w funkcji czasu zmierzone dla przyjętego zakresu wartości poziomu dźwięku A, podczas operacji lądowania z kierunku wschodniego



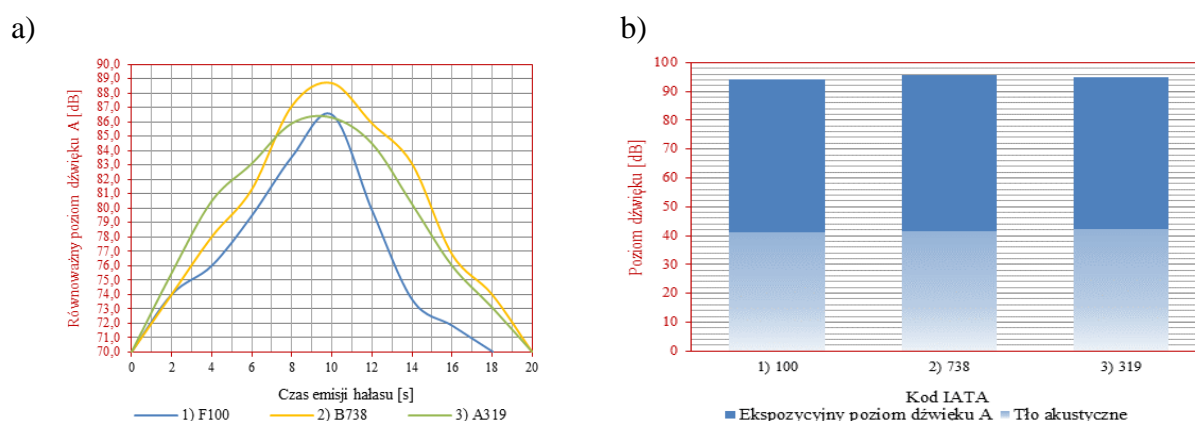
**Rys. 4.** Poziomy dźwięku A w P\_1: a) równoważne poziomy dźwięku A w funkcji czasu zmierzone dla przyjętego zakresu wartości poziomu dźwięku A, podczas operacji startu w kierunku zachodnim, b) ekspozycyjne poziomy dźwięku A zmierzone dla zarejestrowanych statków powietrznych podczas operacji startu w kierunku zachodnim

W punkcie pomiarowym P\_2 zmierzone wartości poziomów dźwięku A dotyczyły wyłącznie etapu wznoszenia po starcie, gdzie największe oddziaływanie hałasu lotniczego zarejestrowano dla statków powietrznych wyposażonych w silniki turboodrzutowe (rys. 5). Operacje startu stanowią główną przyczynę pogorszenia klimatu akustycznego na danym obszarze, ze względu na przewagę startów realizowanych w kierunku zachodnim. Uciążliwość hałasu lotniczego jest wynikiem przelotu statków powietrznych z zadanymi maksymalnymi siłami ciągu silników, umożliwiającymi prawidłowe wznoszenie w celu osiągnięcia wymaganej wysokości lotu. Pomiarom w tym punkcie poddano zarówno statki powietrzne z napędami turboodrzutowymi i turbośmigłowymi, zabierające na pokład powyżej 50 osób, jak również statki powietrzne należące do osób prywatnych. Prywatne statki powietrzne posiadają zwykle dwa silniki turboodrzutowe lub turbośmigłowe i masę własną samolotu poniżej 10 000 kg, a wartości poziomów dźwięku są niekiedy większe lub porównywalne z nieco cięższymi turbośmigłowcami. W punkcie P\_2 zaobserwowano obniżenie ekspozycyjnego i równoważnego poziomu dźwięku A w stosunku do P\_1, gdzie główną przyczynę zmian stanowi większa wysokość przelotu badanych statków powietrznych. Pomiar wartości poziomów dźwięku A w tym punkcie pomiarowym przeprowadzono zarówno w porze dziennej ( $6^{00} - 22^{00}$ ) oraz w porze nocnej ( $22^{00} - 6^{00}$ ).



**Rys. 5.** Poziomy dźwięku A w P\_2: a) równoważne poziomy dźwięku A w funkcji czasu zmierzone dla przyjętego zakresu wartości poziomu dźwięku A, podczas operacji startu w kierunku zachodnim, b) ekspozycyjne poziomy dźwięku A w funkcji czasu zmierzone dla przyjętego zakresu wartości poziomu dźwięku A, podczas operacji startu w kierunku zachodnim

Pomiary w punkcie P\_3 zostały wykonane w celu określenia oddziaływania hałasu lotniczego na danym obszarze w porze nocnej (rys. 6). W czasie pomiarów zmierzono wartości poziomów dźwięku dla trzech zdarzeń akustycznych, związanych ze startami statków powietrznych wyposażonych w napęd turboodrzutowy. Podobnie jak w przypadku pomiarów w P\_2, operacje startu wykonywane nad punktem pomiarowym P\_3 stanowiły główną przyczynę niekorzystnego oddziaływania hałasu lotniczego na klimat akustyczny danego obszaru. Na podstawie wyników otrzymanych w tym punkcie pomiarowym, stwierdzono przekroczenie dopuszczalnego poziomu dźwięku określonego w Rozporządzeniu Ministra Środowiska dla danego typu obszaru. W związku z realizacją pomiarów w czasie krótszym niż czas odniesienia odpowiadający porze nocy, jak również zmierzeniu wartości poziomów dźwięku pochodzących wyłącznie od statków powietrznych z silnikami turboodrztowymi, wynik końcowy określający równoważny poziom dźwięku A dla pory nocy może się nieco różnić od wartości rzeczywistej.

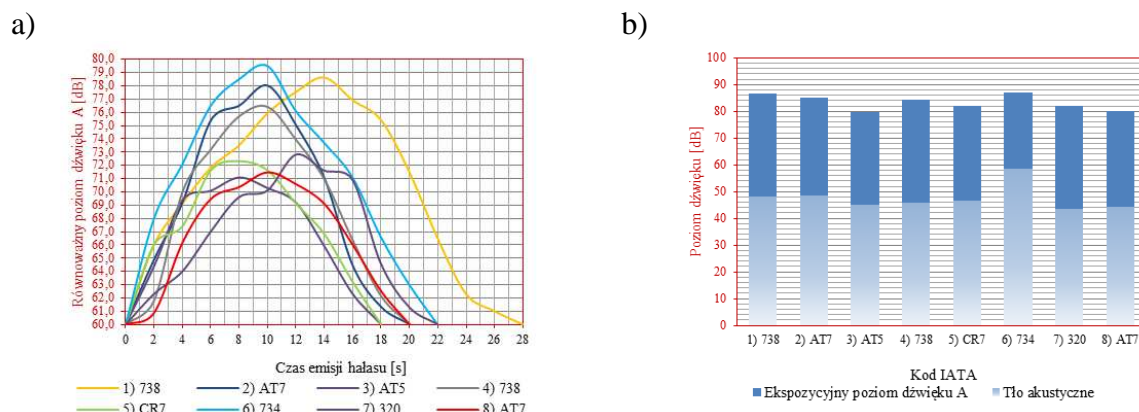


**Rys. 6.** Poziomy dźwięku A w P\_3: a) równoważne poziomy dźwięku A w funkcji czasu zmierzone dla przyjętego zakresu wartości poziomu dźwięku A, podczas operacji startu w kierunku zachodnim, b) ekspozycyjne poziomy dźwięku A w funkcji czasu zmierzone dla przyjętego zakresu wartości poziomu dźwięku A, podczas operacji startu w kierunku zachodnim

Źródło: opracowanie własne

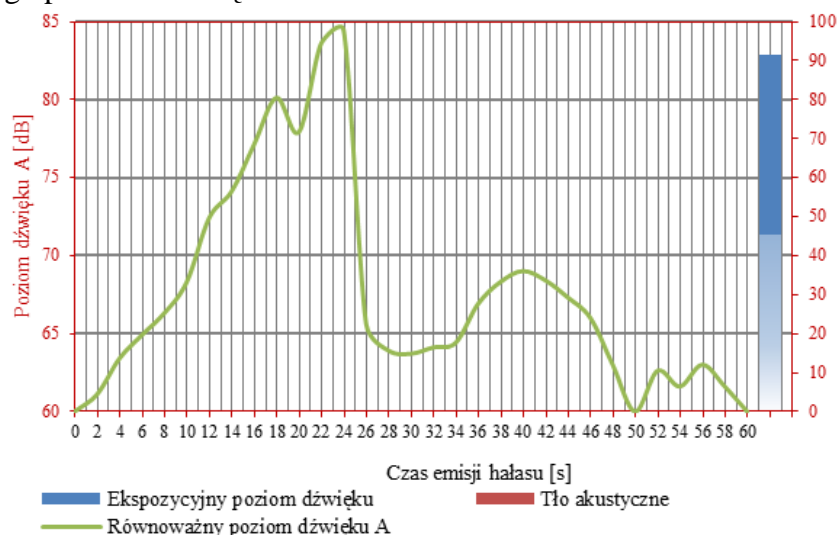
Lokalizację punktu pomiarowego P\_4 wybrano ze względu na możliwość pomiaru hałasu lotniczego generowanego przez statki powietrzne lądujące z kierunku wschodniego (z nad miasta). Obszar stanowi zabudowa wielorodzinna sąsiadująca z ogródkami działkowymi. Operacje startów w kierunku wschodnim wykonywane są rzadziej ze względu na przeważające wiatry z kierunku zachodniego, jednak pomimo ich rzadkości, szczególnie przyczyniają się do pogorszenia klimatu akustycznego danego obszaru. Uciążliwość ta wynika przede wszystkim z niewielkiej odległości dzielącej pas startowy oraz wspomniane tereny, gdzie niektóre z ogrodów działkowych są zlokalizowane w osi drogi startowej. W związku z niewielką odległością od krawędzi pasa startowego oddziaływanie hałasu lotniczego jest szczególnie odczuwalne, zwłaszcza gdy źródła hałasu stanowią statki powietrze będące w locie wznoszącym, zwykle na niedużej wysokości w stosunku do ziemi (rys. 7).

Na podstawie wyników z przeprowadzonych pomiarów obserwuje się zanik rozbieżności w wartościach poziomów dźwięku między statkami powietrznymi turboodrztowymi i turbośmigłowymi, jak również widoczna jest mniejsza uciążliwość hałasu pochodzącego od lądujących statków powietrznych. Zmniejszona szkodliwość hałasu lotniczego wynika z parametrów pracy silników lotniczych innych niż w przypadku startu, przede wszystkim nie wymagających wysokich wartości ciągu w fazie lotu szybowego.



**Rys. 7.** Poziomy dźwięku A w P\_4: a) równoważne poziomy dźwięku A w funkcji czasu zmierzone dla przyjętego zakresu wartości poziomu dźwięku A, podczas operacji lądowania z kierunku wschodniego, b)ekspozycyjne poziomy dźwięku A w funkcji czasu zmierzone dla przyjętego zakresu wartości poziomu dźwięku A, podczas operacji lądowania z kierunku wschodniego

Operacje lądowania wiążą się również z występowaniem pozasilnikowych źródeł hałasu, na które składają się wypuszczone podwozie, otwarte pokrywy oraz elementy mechanizacji skrzydeł w konfiguracji do lądowania, wytwarzające siłę nośną przy mniejszych prędkościach lotu oraz zwiększające opory aerodynamiczne. Kolejnym źródłem hałasu lotniczego przyczyniającym się do niezadowolenia ludności przebywającej na tych obszarach, są samoloty wojskowe wyposażone w silnik turboodrzutowy z dopalaczem. Lotnisko Ławica stanowi niekiedy obiekt prób wykonywanych przez samoloty F-16, stacjonujące w bazie wojskowej na Krzesinach, na którym piloci wykonują podejście do pasa startowego z kierunku wschodniego, przelot nad pasem oraz odlot w kierunku zachodnim. W czasie prowadzenia pomiarów zarejestrowano podejście samolotu tego typu, który zgodnie z otrzymanymi wynikami (rys. 8) uzyskał największe wartości ekspozycyjnego i równoważnego poziomu dźwięku A.

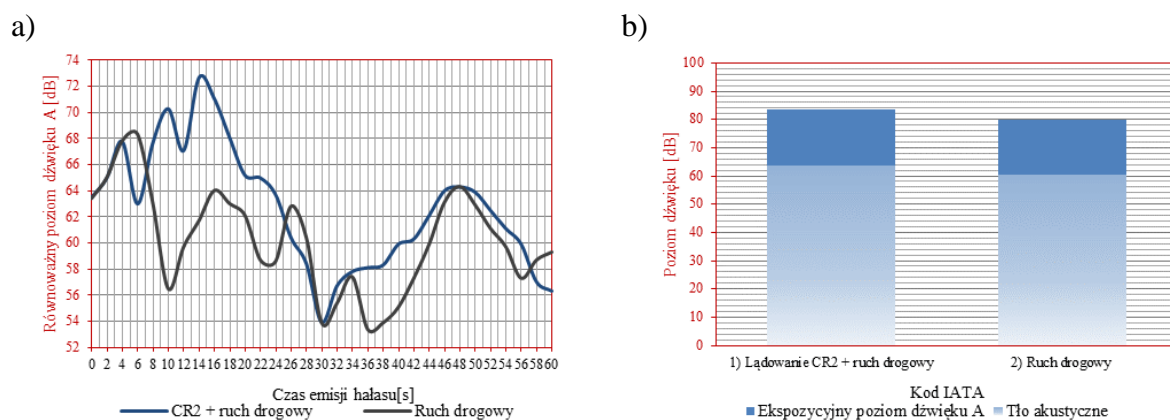


**Rys. 8.** Równoważne poziomy dźwięku A i ekspozycyjny poziom dźwięku A dla samolotu F-16 podczas wykonywania operacji podejścia z kierunku wschodniego oraz odejścia w kierunku zachodnim



Uciążliwość statku powietrznego o przeznaczeniu bojowym potwierdzają wyniki uzyskane w czasie pomiaru, gdzie widoczny jest wzrost równoważnego poziomu dźwięku przy przelocie nad badanym obszarem, następnie chwilowy spadek związany z przelotem nad pasem oraz kolejny przyrost wartości poziomów dźwięku wynikający z odlotu przy zwiększonym ciągu silnika.

Pomiary w punkcie P\_5 zostały przeprowadzone w celu porównania hałasu generowanego przez statek powietrzny oraz związanego z ruchem pojazdów drogowych (rys. 9). W czasie pomiarów zarejestrowano dwa zdarzenia akustyczne, z których pierwsze stanowił statek powietrzny z napędem turboodrzutowym wykonujący operację lądowania, przy ruchu pojazdów drogowych stanowiącym tło akustyczne pomiaru. Drugie zdarzenie akustyczne dotyczyło wyłącznie ruchu pojazdów drogowych realizowanego w kierunku lotniska oraz centrum. Na podstawie otrzymanych wyników zaobserwowano najwyższą wartość równoważnego poziomu dźwięku A w czasie przelotu statku powietrznego, jednak pomimo odnotowania wyższych wartości poziomów dźwięku, negatywne oddziaływanie operacji lotniczych ma miejsce znacznie rzadziej w porównaniu z ruchem drogowym generującym niewiele mniejsze wartości poziomów dźwięku A.

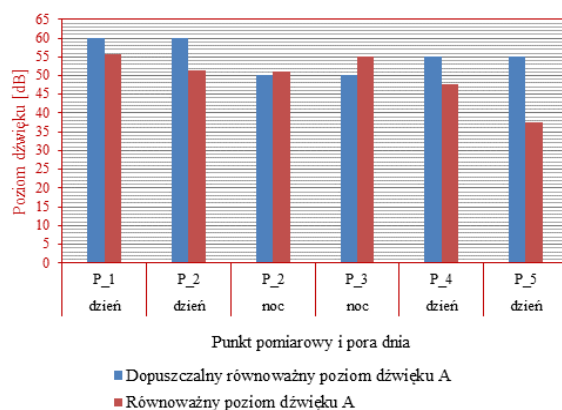


**Rys. 9.** Poziomy dźwięku A w P\_5: a) równoważne poziomy dźwięku A podczas operacji lądowania z kierunku wschodniego z ruchem drogowym w tle oraz dla samego ruchu drogowego, b) ekspozycyjne poziomy dźwięku A podczas operacji lądowania z kierunku wschodniego z ruchem drogowym w tle oraz dla samego ruchu drogowego

W celu określenia zgodności otrzymanych wartości z dopuszczalnymi poziomami dźwięku wyznaczono równoważny poziom dźwięku A dla pory dnia i nocy (rys. 10). Proces ten polegał na wyznaczeniu średniego poziomu ekspozycyjnego dla każdego z punktów pomiarowych, a następnie określeniu liczby pojedynczych zdarzeń akustycznych oraz czasu odniesienia.

W miejsce liczby pojedynczych zdarzeń akustycznych przyjęto liczbę zarejestrowanych zdarzeń akustycznych w danym punkcie pomiarowym, natomiast jako czas odniesienia wartości równe 57600 s (pora dnia) oraz 28800 s (pora nocy).

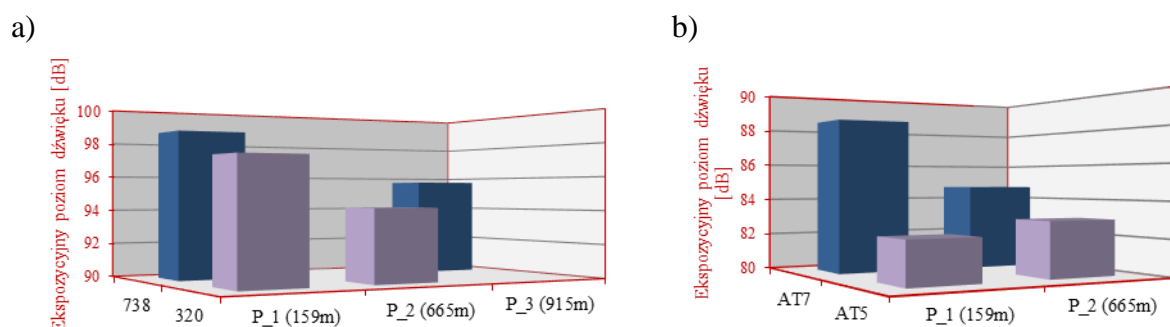
Dla otrzymanych wyników określono także niepewność oszacowania przy wykorzystaniu niepewności standardowej typu A, a następnie niepewności rozszerzonej, gdzie przyjęto współczynnik rozszerzenia równy 2 dla przedziału ufności 95% [2]. Wartości niepewności dla punktów pomiarowych od 1 do 5 wyniosły kolejno: 4,0; 2,8; 4,8; 1,0; 2,4; 3,8.



**Rys. 10.** Dopuszczalne i obliczone równoważne poziomy dźwięku w punktach pomiarowych dla pory dnia i nocy

## PODSUMOWANIE

W związku z negatywnym oddziaływaniem lotniska w skutek występowania nadmiernego hałasu lotniczego należy podejmować działania prowadzące do ograniczania powierzchni jego występowania. Działania te dotyczą szczególnie terenów o gęstej zabudowie zlokalizowanych w bezpośrednim sąsiedztwie portów lotniczych, na których hałas lotniczy przyczynia się do wzrostu niezadowolenia ludności, wynikającego z rosnącej intensywności ruchu statków powietrznych w coraz liczniejszych portach lotniczych. Rozwiązania prowadzące do poprawy warunków życia wokół lotniska powinny obejmować przede wszystkim procedury dolotu i odlotu statków powietrznych z lotniska. Optymalizacja torów lotu powinna uwzględniać przelot statków powietrznych na możliwie dużej wysokości nad obszarami chronionymi w celu ograniczenia obszaru narażonego na nadmierne oddziaływanie hałasu lotniczego. W czasie badań Dla operacji startu w większości przypadków obserwuje się zmniejszenie emisji hałasu lotniczego w miarę wzrostu odległości od pasa startowego, będące wynikiem wzrostu wysokości lotu, co w tym przypadku potwierdza słuszność podejmowanych działań w celu optymalizacji torów lotu. Na podstawie przeprowadzonych badań zaobserwowano wpływ wysokości lotu na wartości ekspozycyjnego poziomów dźwięku A w czasie operacji startu (rys. 11), gdzie uzyskano zmniejszenie emisji hałasu lotniczego w miarę wzrostu odległości od pasa startowego.



**Rys. 11.** Ekspozycyjne poziomy dźwięku A: a) statki powietrzne z silnikami turboodrzutowymi w P\_1, P\_2, P\_3, b) statki powietrzne z silnikami turbośmigłowymi w P\_1, P\_2

Efektem działań zmierzającym do ograniczenia negatywnego oddziaływania Portu Lotniczego Poznań-Ławica jest rozbudowa dróg kołowania, szczególnie ważna w przypadku ruchu naziemnego statków powietrznych. Powstanie nowej płyty postojowej umożliwia

ograniczenie wpływu hałasu na personel lotniczy oraz osoby przebywające w terminalu pasażerskim. Decyzje podejmowane przez władze lotniska mogą przyczyniać się tylko do zmniejszenia uciążliwości dla otoczenia, natomiast pozostałe metody dotyczą ingerencji w przyczyny powstawania hałasu lotniczego, a więc propozycje rozwiązań dotyczące silników oraz elementów płatowca. Należy zwrócić także uwagę, że uciążliwość związana z pracą lotniska wynika zarówno z obsługiwanych statków powietrznych, jak również urządzeń i pojazdów obsługi naziemnej.

W związku ze zwiększonym niezadowoleniem mieszkańców zamieszkujących okolice portów lotniczych, wynikającym z wpływu hałasu lotniczego na pogorszenie klimatu akustycznego, należy także ingerować w przyczyny powstawania hałasu, poprzez wprowadzanie zmian w konstrukcji zespołów napędowych oraz samego płatowca.

Badania poziomów hałasu wokół Portu Lotniczego Poznań-Ławica zostały przeprowadzone dla obszarów, na których hałas lotniczy jest szczególnie uciążliwy ze względu na lokalizację tras dolotu i odlotu z lotniska. W pomiarach nie uwzględniono startów wykonywanych kierunku wschodnim, ze względu na ich rzadsze występowania. Pomimo poziomów hałasu przekraczających niekiedy wartości dopuszczalne, funkcjonowanie lotniska nie wiąże się z uciążliwością, która stanowiłaby podstawę do jego przeniesienia. Dodatkowo władze lotniska powinny podejmować ciągłe działania w celu zapewnienia warunków akustycznych, umożliwiających sprawne funkcjonowanie lotniska, przy poziomach hałasu nie przekraczających poziomu dopuszczalnego.

## **BIBLIOGRAFIA**

1. Civil Aviation Authority, *Aircraft Noise and Emissions*. 2011.
2. Kubiaczyk A., *Określanie niepewności pomiarów*. Politechnika Warszawska, Warszawa.
3. Rajpert T., *Hałas lotniczy i sposoby jego zwalczania*. Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa, 1980.
4. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 16 czerwca 2011 r. w sprawie wymagań w zakresie prowadzenia pomiarów poziomów substancji lub energii w środowisku przez zarządzającego drogą, linią kolejową, linią tramwajową, lotniskiem lub portem.
5. Sonopan, *Instrukcja obsługi całkowitego miernika poziomu dźwięku 2 klasy IM-02/m*. Białystok, 2006.
6. Szuman B., *Hałas lotniczy*. Lotnictwo, 10/2009.
7. <http://www.airport-poznan.com.pl/pl/port-lotniczy/dane-techniczne>
8. <http://mapa.szukacz.pl/>
9. <http://www.flugzeuginfo.net/>

# THE INVESTIGATIONS OF AIRCRAFT NOISE LEVELS AT POINTS LOCATED AROUND THE POZNAN-LAWICA AIRPORT

## *Abstract*

*This paper presents a studies of aircraft noise levels for the aircraft performing flight operations at the Poznan-Lawica Airport. Noise measurements were made at points located in areas of limited use set out for the airport. The result of the study are the exposition and equivalent noise levels, using a division due to aircraft operation. Addition, the calculated equivalent noise levels for day and night, and were referred to the standards defining acceptable levels of noise in the environment.*

## *Autorzy:*

prof. dr hab. inż. **Jerzy Merkisz** – Politechnika Poznańska, Instytut Silników Spalinowych i Transportu

dr inż. **Jarosław Markowski** – Politechnika Poznańska, Instytut Silników Spalinowych i Transportu

mgr inż. **Dominik Karpiński** – Politechnika Poznańska, Instytut Silników Spalinowych i Transportu

mgr inż. **Marta Galant** – Politechnika Poznańska, Instytut Silników Spalinowych i Transportu