

FRANCISZEK TOMASZEWSKI, WOJCIECH MISZTAŁ\*

## ODDZIAŁYWANIE HAŁASU LOTNICZEGO NA ŚRODOWISKO

---

### INFLUENCE OF THE AIR NOISE ON THE ENVIRONMENT

---

#### Streszczenie

Artykuł dotyczy podstawowych zagadnień związanych z hałasem lotniczym. Przedstawiono charakterystyki hałasu słyszalnego i infradźwiękowego, które ze względu na charakter źródła dźwięku pochodzącego od statków powietrznych bezpośrednio oddziałują na otoczenie lotnisk. Zaprezentowano propozycję klasyfikacji źródeł hałasu na przykładzie samolotu z napędem odrzutowym. Omówiono również wpływ hałasu lotniczego na otoczenie bliskie i dalsze.

*Słowa kluczowe: transport lotniczy, hałas lotniczy, środowisko*

#### Abstract

The paper is dealing with air noise and the characteristics of audible and infrasonic noise associated with it. Characteristics of the audible and infrasonic noise were described. These sounds directly have an influence for surrounding airports. A ranking of noise sources was presented using the example of turbo and fan jet engines. The influence of air noise on the immediate environment and more distant airfields were also discussed.

*Keywords: aerial transport, air noise, environment*

---

\* Dr hab. inż. Franciszek Tomaszewski, prof. PP, mgr inż. Wojciech Miształ, Instytut Silników Spalinowych i Transportu, Wydział Maszyn Roboczych i Transportu, Politechnika Poznańska.

## 1. Wstęp

Hałas towarzyszył społecznościom od zarania dziejów. Wraz z nastaniem rewolucji przemysłowej jego skala zdecydowanie wzrastała, a zjawisko to, towarzyszące postępowi technicznemu i technologicznemu, obserwujemy do dnia dzisiejszego. Z uciążliwym oddziaływaniem hałasu współczesny człowiek, zwłaszcza mieszkaniec dużych aglomeracji miejskich, spotyka się niemal bez przerwy w pracy, szkole i bardzo często również w domu.

W wieku XX znacznie zwiększyły się zagrożenia związane ze wzrostem natężenia hałasu, zwłaszcza w ostatnich dziesięcioleciach, po lawinowym rozwoju środków komunikacji lądowej i lotniczej, które razem z przemysłem zaczęły kształtować szeroko rozumiane środowisko człowieka. Uciążliwość hałasu odczuwa już większość społeczeństwa [2, 8]. Hałas wpływa na zakłócenie wielu procesów fizjologicznych. Badania potwierdziły, że hałas powoduje zwiększenie częstotliwości tętna, ciśnienia krwi, aktywności mięśniowej, a także nieprawidłowości przemiany materii. Nieoczekiwane i silne impulsy dźwiękowe mogą generować zaburzenia w wydzielaniu enzymów trawiennych, wywołując schorzenia układu pokarmowego. Te zmiany, w połączeniu z zaburzeniami oddychania, są jedną z wielu przyczyn stresu wywołanego przez hałas.

## 2. Dopuszczalne poziomy hałasu w środowisku

Dopuszczalne poziomy hałasu, ze względu na częstotliwość dźwięków sprecyzowano w następujących aktach prawnych:

- Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 14 czerwca 2007 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku (Dz.U. Nr 120, poz. 826),
- Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 29 listopada 2002 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy (Dz.U. z 2002 r. Nr 217, poz. 1833).

Na potrzeby określenia dopuszczalnych poziomów hałasu zróżnicowano tereny objęte ochroną przed hałasem, tj.:

- a) pod zabudowę mieszkaniową,
- b) pod szpitale i domy opieki społecznej,
- c) pod budynki związane ze stałym lub czasowym pobytem dzieci i młodzieży,
- d) na cele uzdrowiskowe,
- e) na cele rekreacyjno-wypoczynkowe,
- f) na cele mieszkaniowo-usługowe.

Poziomy hałasu określono za pomocą wskaźników  $L_{DWN}$ ,  $L_N$ . Oznaczają one długookresowy średni poziom dźwięku  $A$ , wyrażony w decybelach, wyznaczony odpowiednio:

- w ciągu wszystkich dób w roku z uwzględnieniem pory dnia, pory wieczoru i pory nocy ( $L_{DWN}$ ),
- w ciągu wszystkich nocy ( $L_N$ ).

Powyższe wskaźniki zostały wprowadzone do polskiego ustawodawstwa w związku z obowiązkiem implementacji dyrektywy Parlamentu Europejskiego 2002/49/WE z dnia 25 czerwca 2002 r. odnoszącej się do oceny i zarządzania poziomem hałasu w środowisku, jaki zaistniał w wyniku przystąpienia Polski do Unii Europejskiej.

Kolejne wskaźniki poziomu hałasu ( $A_{eq D}$  i  $L_{Aeq N}$ ) mają zastosowanie do ustalania i kontroli warunków korzystania ze środowiska w odniesieniu do jednej doby. Określają one równoważny poziom dźwięku  $A$ , wyrażony w decybelach, odpowiednio dla pory dnia i pory nocy. Ze względu na specyfikę hałasu lotniczego racjonalne jest używanie wskaźników  $A_{eq D}$  i  $L_{Aeq N}$ , których dopuszczalne poziomy zostały przedstawione w tabeli 1.

Tabela 1

**Dopuszczalne poziomy hałasu w środowisku powodowanego przez starty, lądowania i przeloty statków powietrznych ( $L_{Aeq D}$  i  $L_{Aeq N}$ ) w odniesieniu do jednej doby**

Lp.	Rodzaj terenu	Dopuszczalny poziom hałasu w [dB]	
		$L_{Aeq D}$ przedział czasu odniesienia równy 16 godzinom	$L_{Aeq N}$ przedział czasu odniesienia równy 8 godzinom
1	a) strefa ochronna „A” uzdrowiska b) tereny szpitali, domów opieki społecznej c) tereny zabudowy związanej ze stałym lub czasowym pobytem dzieci i młodzieży	55	45
2	a) tereny zabudowy mieszkaniowej jedno- i wielorodzinnej oraz zabudowy zagrodowej i zamieszkania zbiorowego b) tereny rekreacyjno-wypoczynkowe c) tereny mieszkaniowo-usługowe d) tereny w strefie śródmiejskiej miast powyżej 100 tys. mieszkańców	60	50

Oprócz dźwięków słyszalnych w badaniu hałasu lotniczego uzasadnione jest również badanie infradźwięków, tj. dźwięków o częstotliwości poniżej 20 Hz [9]. Dotychczas w polskim ustawodawstwie nie określono norm dotyczących bezpiecznych wartości infradźwięków w otoczeniu portów lotniczych (analogicznie do dźwięków słyszalnych). Wartości te można odnieść do regulacji Rozporządzenia Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 29 listopada 2002 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy [11]. Hałas infradźwiękowy charakteryzowany jest przez:

- równoważny poziom ciśnienia akustycznego skorygowany charakterystyką częstotliwościową G, odniesiony do 8-godzinnego dnia pracy lub równoważny poziom ciśnienia akustycznego skorygowany charakterystyką częstotliwościową G, odniesiony do tygodnia pracy (wyjątkowo, w przypadku oddziaływania hałasu infradźwiękowego na organizm człowieka w sposób nierównomierny, w poszczególnych dniach w tygodniu),
- szczytowy nieskorygowany poziom ciśnienia akustycznego.

Wartości hałasu infradźwiękowego dopuszczalne na stanowiskach pracy ze względu na ochronę zdrowia w formie wskaźnika *Najwyższego Dopuszczalnego Natężenia* (NDN) podano w tabeli 2.

Tabela 2

### Najwyższe dopuszczalne natężenia (NDN) hałasu infradźwiękowego [11]

Oceniana wielkość	Wartość dopuszczalna [dB]
Równoważny poziom ciśnienia akustycznego skorygowany charakterystyką częstotliwościową $G$ , odniesiony do 8-godzinnego dnia pracy/tygodnia pracy, $L_{G eq}^{8h}/L_{G eq}$	102
Szczytowy nieskorygowany poziom ciśnienia akustycznego, $L_{LIN, peak}$	145

Poziom 102 dB, skorygowany charakterystyką częstotliwościową  $G$ , powiązany z krzywą  $G102$ , której przebieg odpowiada szwedzkim kryteriom oceny i nie odbiega znacznie od poprzednio obowiązujących polskich kryteriów oceny hałasu infradźwiękowego ze względu na ochronę zdrowia. Dopuszczalna wartość szczytowa nieskorygowanego poziomu ciśnienia akustycznego jest wzorowana na zaleceniach amerykańskich ACGIH 1998–2000 [1].

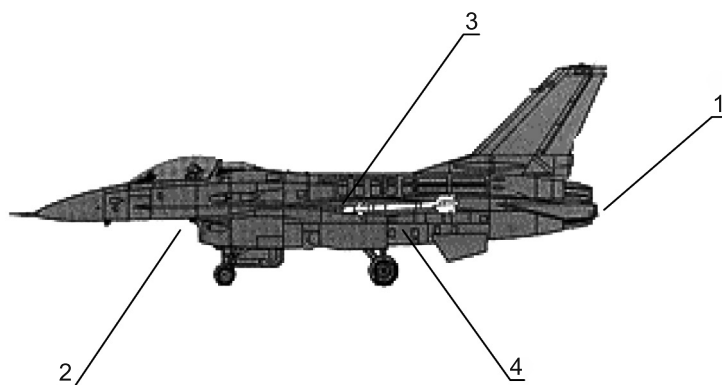
### 3. Źródła hałasu lotniczego

W przypadku hałasu lotniczego miarą dopuszczalnego poziomu hałasu w środowisku dla startów, lądowań i przelotów statków powietrznych jest wartość długotrwałego średniego poziomu dźwięku  $A$  ( $L_A$ ) określonego dla długotrwałego przedziału czasu trwającego 6 kolejnych miesięcy, najmniej korzystnych pod względem akustycznym [10]. Drugim wskaźnikiem oceny uciążliwości hałasu, ale odnoszącym się do pojedynczej operacji lotniczej w porze nocnej, jest ekspozycyjny poziom dźwięku  $A$  ( $L_{AE}$ ), przy czym należy zauważyć, że ustawa Prawo ochrony środowiska z 27 kwietnia 2001 r. (Dz.U. Nr 62, poz. 627) ustala do oceny uciążliwości hałasu tylko równoważny poziom dźwięku  $A$ . W samolotach odrzutowych źródłem hałasu zewnętrznego są:

- strumienie gazów spalinowych (poz. 1 na rysunku 1),
- strumienie powietrza (na wlotach powietrza silników) pobieranego z otoczenia (poz. 2 na rysunku 1),
- hałas powstający w wyniku drgań mechanicznych skrzydeł, kadłuba i innych elementów pokrycia oraz różnych elementów i urządzeń konstrukcji samolotu i zespołu napędowego (poz. 3 na rysunku 1),
- hałas generowany podczas pracy wentylatora, kompresora i turbiny, agregatów i urządzeń pomocniczych oraz wtrysku paliwa i spalania paliwa w komorze spalania, (poz. 4 na rysunku 1).

Rozpatrując wpływ zewnętrznego hałasu lotniczego na środowisko, nie można pominąć oddziaływania ciśnienia akustycznego. Począwszy od wprowadzenia do eksploatacji samolotów o napędzie odrzutowym, przeprowadzono wiele badań związanych z wpływem ciśnienia akustycznego na konstrukcję samolotu. Wielkości powstających ciśnień akustycznych

oraz skala częstotliwości widma akustycznego, odpowiadające maksymalnej energii pola akustycznego, zależą od parametrów dyszy wyjściowej, parametrów strumienia gazów spalinyowych, parametrów ośrodka otaczającego i od położenia stanowiska pomiarowego w stosunku do dyszy wylotowej.



Rys. 1. Źródła hałasu zewnętrznego samolotu z napędem odrzutowym (opracowanie własne)

Fig. 1. Sources of the aircraft noise with jet propulsion (own preparation)

Charakterystyka widmowa i poziom hałasu zewnętrznego emitowanego przez samolot o napędzie odrzutowym, turbośmigłowym lub tłokowym, znajdującym się w ruchu w czasie wykonywania operacji startu i lądowania względnie kołowania, zależy m.in. od [5]:

- przeznaczenia samolotu i jego charakterystyk techniczno-eksploatacyjnych, rodzaju napędu, liczby i parametrów technicznych silników zespołu napędowego, ich mocy, względnie ciągu,
- maksymalnej masy startowej,
- prędkości i kierunku wiatru, temperatury, ciśnienia i wilgotności względnej powietrza,
- rodzaju wykonywanej operacji lotniczej (start, lądowanie, lot poziomy, kołowanie),
- położenia samolotu na ścieżce wznoszenia lub na ścieżce schodzenia oraz położenia stanowiska pomiarowego względem drogi startowej – DS (lub drogi kołowania – DK),
- wysokości portu lotniczego nad poziomem morza, rodzaju i stanu powierzchni nawierzchni DS, przekroju podłużnego DS,
- przeznaczenia portu lotniczego, układu DS i DK, tras dolotowych i odlotowych z portu lotniczego, naziemnego wyposażenia portu lotniczego,
- ukształtowania terenu, sposobu przestrzennego zagospodarowania terenu portu lotniczego i terenów przyległych oraz terenów, nad którymi odbywa się ruch lotniczy,
- umiejętności i nawyków pilota.

Poziom natężenia dźwięku zewnętrznego na stanowisku pomiarowym w polu akustycznym nie zależy wyłącznie od mocy akustycznej źródła hałasu (samolotu), lecz również od współczynnika kierunkowości źródła. Kierunkowość źródła hałasu zewnętrznego występuje bardzo wyraźnie, szczególnie w przypadku samolotu znajdującego się w stanie stacjonarnym z pracującymi silnikami zespołu napędowego.

W odniesieniu do dowolnego kierunkowego źródła dźwięku zewnętrznego (w tym również i samolotu), znajdującego się w otwartej przestrzeni, poziom natężenia dźwięku na stanowisku pomiarowym w polu akustycznym wylicza się z wyrażenia [5]:

$$L_{lr} = L_N + 10 \log \frac{G}{4\pi r^2} \quad (1)$$

gdzie:

- $L_{lr}$  – poziom natężenia dźwięku hałasu zewnętrznego w odległości  $r$  od źródła [dB],
- $L_N$  – poziom mocy akustycznej źródła [dB],
- $G$  – współczynnik kierunkowości,
- $r$  – odległość od źródła [m].

Poziom natężenia dźwięku emitowanego przez kierunkowe źródło w przestrzeni zamkniętej różni się od poziomu przedstawionego we wzorze (1) i oblicza się z wyrażenia:

$$L_{lr} = L_N + 10 \log \left( \frac{G}{4\pi r^2} + \frac{4}{R} \right) \quad (2)$$

gdzie:

- $R$  – stała pomieszczenia.

#### 4. Wpływ hałasu lotniczego na środowisko

Hałas lotniczy zewnętrzny swym oddziaływaniem obejmuje tereny o dużych powierzchniach, na których przeważnie przebywa dużo ludzi (pracownicy portu lotniczego, pasażerowie, goście odwiedzający port lotniczy i mieszkańcy terenów sąsiadujących z portem oraz terenów, nad którymi odbywa się ruch lotniczy). Dla wielu osób, zwłaszcza pracowników portu lotniczego, zewnętrzny hałas lotniczy związany jest ze środowiskiem pracy.

Otoczenie bliskie lotniska rozumiane jest jako obszar portu lotniczego. Związany jest z dwoma rodzajami hałasu wywoływanych przez:

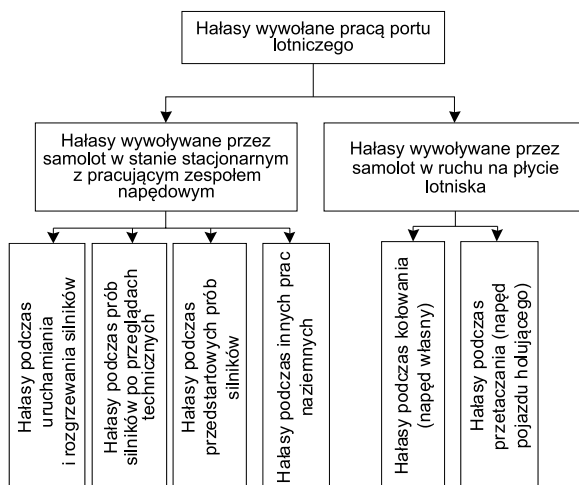
- czynności związane z samolotem w stanie stacjonarnym,
- ruch samolotu po płycie lotniska.

Szczegółowe rodzaje hałasów związanych z powyższymi operacjami zostały przedstawione na rysunku 2.

Hałas wywoływany pracą portu lotniczego oddziałuje na wiele osób znajdujących się w obrębie lotniska i pomieszczeniach lotniska i obejmuje on [5]:

- personel naziemnej obsługi lotów,
- naziemny personel portu lotniczego,
- administracyjny personel portu lotniczego,
- pasażerowie portu lotniczego,
- osoby wizytujące bądź odprowadzające pasażerów.

Podział hałasu lotniczego przedstawiony na rysunku 2 wskazuje, że różne czynności i operacje oddziałują na te same grupy osób z różnym nasileniem.



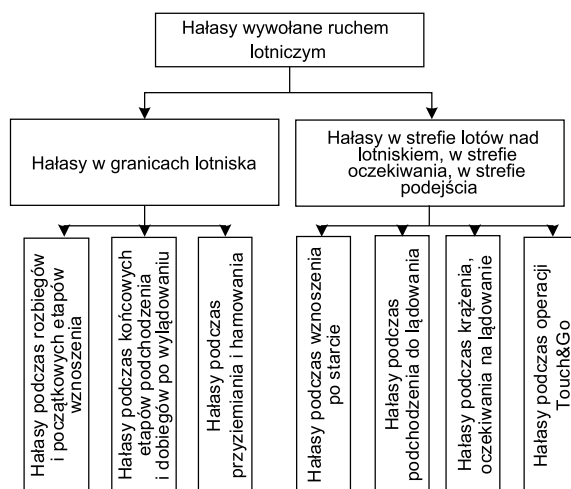
Rys. 2. Klasyfikacja hałasów wywołanych pracą portu lotniczego (opracowanie własne na podstawie [5])

Fig. 2. Noise classification at airport (own preparation on the [5])

Otoczenie dalsze lotniska pojmowane jest jako obszar bezpośrednio przylegający do terenu portu lotniczego, ale niestanowiący jego integralnej części. Związany jest z dwoma rodzajami hałasu wywołanymi przez:

- ruch samolotu w granicach lotniska,
- ruch samolotu wokół terenu lotniska.

Podział hałasu związanego z powyższymi operacjami został przedstawiony na rysunku 3.



Rys. 3. Klasyfikacja hałasów wywołanych ruchem lotniczym (opracowanie własne na podstawie [5])

Fig. 3. Noise classification during air traffic (own preparation on the [5])

Hałas związany z ruchem lotniczym oddziałuje głównie na mieszkańców stref podejścia, wznoszenia, stref krążenia nad lotniskiem bądź stref oczekiwania. Uciążliwość hałasu w konkretnym punkcie otoczenia zależy od intensywności ruchu lotniczego (częstości startów lub lądowań). Sposób odbioru uciążliwości również jest złożony i zależy od indywidualnej wrażliwości mieszkańców na hałas [7].

Jednym z głównych źródeł hałasu na terenie miasta Poznania jest lotnisko wojskowe Krzesiny, gdzie stacjonują samoloty wielozadaniowe F-16. Tereny zagrożone ponadnormatywnym oddziaływaniem hałasu lotniczego znajdują się w bezpośrednim sąsiedztwie lotniska (w nie więcej odległości od płyty lotniska) oraz pod korytarzami dolotów i odlotów. W obszarze tych operacji znajdują się tereny zabudowy mieszkaniowej jednorodzinnej oraz tereny mieszkaniowo-usługowe. Dla tego typu terenów wartość dopuszczalna  $L_{DWN}$  wynosi 60 dB. Na rysunku 4 przedstawiono równoważny poziom hałasu w bezpośrednim otoczeniu lotniska Krzesiny. Jasna izolinia określa poziom 60 dB, natomiast szara izolinia – 55 dB.



Rys. 4. Poziom równoważny hałasu w otoczeniu lotniska Krzesiny w porze dziennej [3]

Fig. 4. Aircraft noise level near Krzesiny Airport at day time [3]

Na podstawie analiz badawczych w związku z opracowaniem mapy akustycznej miasta Poznania wojewoda wielkopolski, rozporządzeniem nr 40/07 z dnia 31 grudnia 2007 roku, ustanowił nowe rozporządzenie w sprawie utworzenia obszaru ograniczonego użytkowania dla lotniska wojskowego Poznań–Krzesiny w Poznaniu, zmieniające dotychczas obowiązujące rozporządzenie nr 82/03 wojewody wielkopolskiego z dnia 17 grudnia 2003 r. (Dz. Urz. Woj. Wlkp. 2008, No. 1/1).

W rozporządzeniu z 2007 roku – obszar ograniczonego użytkowania dla lotniska wojskowego Poznań–Krzesiny stanowi teren ograniczony linią, zwaną dalej „granicą obszaru ograniczonego użytkowania, na której dopuszczalny poziom hałasu od startów, lądowań i przelotów statków powietrznych jest równy 55 dB w porze dziennej i 45 dB w porze nocnej”.

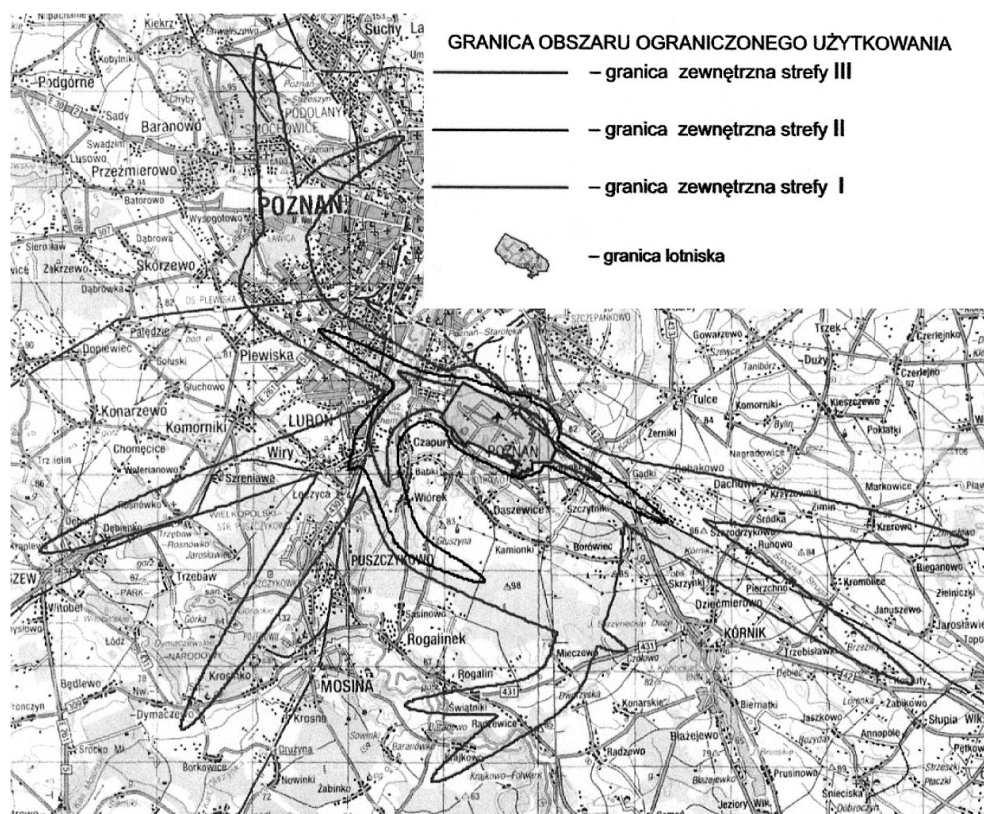
W obszarze ograniczonego użytkowania wyodrębnia się trzy strefy:

- strefę I, w której dopuszczalny długookresowy średni poziom dźwięku A od startów, lądowań i przelotów statków powietrznych oraz od operacji naziemnych i pozostałych źródeł hałasu związanych z funkcjonowaniem lotniska mieści się w przedziale 55–60 dB,



- strefę II, w której dopuszczalny długookresowy średni poziom dźwięku A od startów, lądowań i przelotów statków powietrznych oraz od operacji naziemnych i pozostałych źródeł hałasu związanych z funkcjonowaniem lotniska mieści się w przedziale 50–55 dB,
- strefę III, pomiędzy zewnętrzną granicą strefy II oraz granicą obszaru ograniczonego użytkowania.

Rozmieszczenie stref ograniczonego użytkowania wokół lotniska wojskowego Poznań–Krzesiny, przedstawiono na rysunku 5.



Rys. 5. Obszar ograniczonego użytkowania lotniska wojskowego Poznań–Krzesiny [13]

Fig. 5. Area of restricted use of military airport Poznań–Krzesiny [13]

W obszarze ograniczonego użytkowania wprowadzono ograniczenia w zakresie przeznaczenia terenu, wymagań technicznych dotyczących budynków oraz sposobu korzystania z terenów, określone w załączniku nr 3 do rozporządzenia. I tak na przykład ograniczenia w zakresie przeznaczenia terenu obejmują [4, 6]:

- w strefie I – zakazano przeznaczania terenu pod budowę budynków mieszkalnych, szpitali, domów opieki społecznej i budynków związanych ze stałym pobytem dzieci i młodzieży, takich jak szkoły, przedszkola, internaty, domy dziecka itp.,

- w strefie II – zakazano przeznaczania terenu pod budowę szpitali, domów opieki społecznej i zabudowy związanej ze stałym pobytom dzieci i młodzieży, takich jak internaty, domy dziecka itp.,
- w strefie III – nie wprowadzono ograniczeń w zakresie przeznaczenia terenu.

## 5. Wnioski

Przedstawione podstawowe problemy związane z hałasem lotniczym wskazują, że zadania oceny hałasu lotniczego są bardzo złożone. Wpływa na to duży obszar objęty tym hałasem, jego wysoki poziom, krótki charakter oddziaływania oraz szeroki zakres częstotliwości. Rozwój portów lotnictwa cywilnego oraz wprowadzania do lotnictwa wojskowego nowych samolotów charakteryzujących się wysokim poziomem dźwięku wymaga jego dokładnej oceny w pasmach infradźwiękowym i słyszalnym na lotnisku i w jego otoczeniu. Kolejne prace z tego zakresu dotyczyć będą oceny hałasu lotniczego oraz badań symulacyjnych związanych z jego propagacją.

## Literatura

- [1] ACGIH, *Threshold limit values for chemical substances and physical agents*, Biological Exposure Indices, ACGIH, Cincinnati 1998.
- [2] Jaśkowski J. (red.), *Wpływ wybranych czynników fizykochemicznych na człowieka*, Gdańsk 1991.
- [3] Kijewski T., *Samolot a środowisko – hałas i emisja spalin*, Seminarium Dyplomowe 2001/2002, Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa, Politechnika Rzeszowska, Rzeszów 2002.
- [4] Makarewicz R. (red.), *Mapa akustyczna miasta Poznania wraz z programem ochrony środowiska przed hałasem*, Centrum Badań Akustycznych. Fundacja Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza, Poznań 2008.
- [5] Rajpert T., *Hałas lotniczy i sposoby jego zwalczania*, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 1980.
- [6] Ratajczak J., *Obszar ograniczonego użytkowania dla lotniska wojskowego Poznań–Krzesiny w Poznaniu*, Materiały konferencyjne „Problem hałasu w mieście”, Poznań 2008.
- [7] Schreckenber g D., Meis M., Kahl C., Peschel Ch., Eikmann T., *Aircraft Noise and Quality of Life around Frankfurt Airport*, International Journal of Environmental Research and Public Health, 7/2010.
- [8] Tomaszewski F., Wojciechowska E., *Ocena poziomu hałasu generowanego przez wybrane pojazdy szynowe*, Pojazdy Szynowe, nr 3–4, Warszawa 2004.
- [9] Ver cam men M.L.S., *Setting limits for low frequency noise*, Journal of Low Frequency Noise and Vibration, Vol. 8, No. 4, 1980.
- [10] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 14 czerwca 2007 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku (Dz.U. Nr 120, poz. 826).
- [11] Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 29 listopada 2002 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy (Dz.U. z 2002 r. Nr 217, poz. 1833).