

**MAŁGORZATA SZTUBECKA, JACEK SZTUBECKI\***

**BADANIA KLIMATU AKUSTYCZNEGO  
NA TERENACH REKREACYJNO-WYPOCZYNKOWYCH**

*Streszczenie*

*Artykuł zawiera ocenę zanieczyszczenia hałasem parku zdrojowego, którą oparto na analizie różnic pomiędzy rzeczywistymi wynikami pomiaru równoważnego poziomu dźwięku a odczuciami osób odwiedzających park zdrojowy. Wyniki sondaży opracowano statystycznie oraz wykorzystując teorię zbiorów rozmytych. Interpretacja wyników dowiodła, że ocena klimatu akustycznego występującego na obszarze parku zdrojowego, powinna być określana w oparciu o pomiary poziomu dźwięku i badania sondażowe, a użyty rozmyty model jest właściwy dla tego typu obserwacji.*

Słowa kluczowe: zanieczyszczenie powietrza, hałas, tereny zielone, analiza rozmyta

**WPROWADZENIE**

Zanieczyszczeniami powietrza są wszystkie substancje stałe, ciekłe, gazowe, hałas i wibracje oraz energia promieniotwórcza, występujące w ilościach powodujących zakłócenia lub zagrożenia prawidłowego funkcjonowania biosfery, w tym zdrowia człowieka [Rogalski 2005]. Czynniki te działają również na inne elementy środowiska. Kształtowanie środowiska pod względem akustycznym jest postępowanie oparte na formowaniu warunków akustycznych tak, aby były one optymalne z punktu widzenia potrzeb zdrowia i działalności człowieka [Sadowski 1978].

Parki stanowią jeden z ważnych składników środowiska przyrodniczego i kulturowego. Głównym zadaniem parków jest tworzenie warunków do spokojnego wypoczynku o charakterze indywidualnym i niezorganizowanym [Borcz 2002; Kujawski, Luther, Sztubecka 2008]. Zieleń wpływa korzystnie na środowisko terenów zurbanizowanych (ogranicza rozprzestrzenianie się pyłów, gazów i hałasów) i dostarcza przestrzeni niezbędnej do rekreacji. Parki jako

---

\* Wydział Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy

obszary cisy, są miejscem wypoczynku oraz spotkań towarzyskich. Pozwalają na spędzanie wolnego czasu, który może być wykorzystany na odpoczynek lub rozrywkę [Młynarczyk 2002; Hudak 2011; Malec 2014].

### OBIEKT BADAŃ

Tereny zieleni parkowej w wielu polskich uzdrowiskach są często jedynymi skomponowanymi dużymi terenami zieleni urządzonej w całej miejscowości [Skiba 2008; Skiba 2013]. Towarzyszą im większe lub mniejsze płaszczyzny wodne, fontanny i wodotryski pełniące głównie funkcje dekoracyjne, oraz lecznicze. Temu samemu celowi służą również łąki w Ciechocinku, i specjalnie wznoszone wyłącznie dla celów terapeutycznych, np. w Konstancinie i Inowrocławiu [Węclawowicz-Bilska 2014]. System urządzeń na tych terenach powinien uwzględniać odpowiednie strefy – cisy, turystyki, rekreacji.

Nizinne Uzdrowisko Inowrocław, powstało w 1875 roku. Park Zdrojowy, położony na obrzeżu miasta po jego zachodniej stronie jest funkcjonalnie zagospodarowany i przystosowany do działalności leczniczej i rekreacyjnej, zabezpieczając podstawowe wymogi uzdrowiska (fot. 1).



Fot. 1. Obszar Parku Zdrojowgo w Inowroclawiu [www.solanki.pl]  
Phot. 1. The area of Spa Park in Inowroclaw [www.solanki.pl]

Ponieważ przez przeważającą liczbę dni w roku wiatry wieją z kierunku zachodniego, korzystne usytuowanie zapewnia, iż na obszar parku nie są przenieszone zanieczyszczenia powietrza od strony miasta oraz umożliwia grawitacyjny spływ mas powietrza i naturalną wentylację. Wpływa to również na rozprzestrzenianie się hałasu na tym obszarze. W obrębie badanego terenu istnieje kilka źródeł infiltrujących i emitujących hałasy do parku. Do źródeł zewnętrznych należą: kolej, ruch drogowy, lotnictwo. Do źródeł wewnętrznych zaliczamy boiska sportowe, kawiarnie, muszlę koncertową, zakłady i obiekty przyrodolecnicze. W związku z powyższym, szczególną uciążliwością może okazać się przenikanie hałasu komunikacyjnego, kolejowego do wnętrza parku lub rozprzestrzenianie się hałasu pochodzącego od źródeł funkcjonujących na terenie parku albo zanieczyszczeń wynikających z przemysłowego charakteru miasta.

Jednak tego, czy hałas w parku jest uciążliwy dla odwiedzających, nie można wywnioskować jedynie z samych pomiarów. Osoby przebywające na terenie parku mogą bowiem zwracać uwagę na hałas, którego nie bierze się pod uwagę w ustaleniach normowych. Ocenę tych odczuć można jedynie uzyskać na podstawie badań sondażowych osób przebywających na tym terenie. Mają one za zadanie określenie subiektywnej uciążliwości odbieranego hałasu.

#### METODYKA I WYNIKI BADAŃ

Aby scharakteryzować odczucia osób odwiedzających park należało wykonać pomiary równoważnego poziomu dźwięku – LAeq. W tym celu, punkty zlokalizowano w miejscach występowania hałasu pochodzącego od różnych źródeł możliwych do zidentyfikowania na rozpatrywanym terenie, dostosowując je jednocześnie do głównych ciągów komunikacyjnych parku i skupisk przebywania ludzi. Wybór taki pozwalał wyodrębnić:

- immisję hałasu komunikacyjnego z otaczających ulic,
- emisję ze źródeł wewnętrznych (muzyka, odgłosy ludzi i zwierząt).

Pomiary obejmowały cztery pory roku. Na ich podstawie otrzymano średnie wartości poziomu dźwięku w poszczególnych sezonach (tab. 1).

*Tab. 1. Średni poziom dźwięku w poszczególnych sezonach [oprac. aut.]*

*Tab. 1. Mean sound levels in each seasons [own elaboration]*

Sezony Seasons	Średnia wartość poziomu dźwięku, dB Mean sound level, dB
lato (summer)	50,3
jesień (autumn)	48,3
zima (winter)	46,4
wiosna (spring)	49,2

Na podstawie badania poziomu dźwięku na danym terenie można określić ewentualne przekroczenia tego poziomu, w odniesieniu do wartości zawartych w normach. Gdy jednak takich przekroczeń nie stwierdzi się, nie ma podstaw do jakichkolwiek działań ochronnych na badanym obszarze. Ponieważ parki są to miejsca wypoczynku i rekreacji oraz, w przypadku parku zdrojowego, obszarem lecznictwa uzdrowiskowego, a osoby je odwiedzające mogą odczuwać negatywnie występujące tam hałasy, celowym było przeprowadzenie odpowiednich badań sondażowych na ten temat.

W opracowaniu statystycznym ankiet rozkład poziomu dźwięku w badanej próbie przyjęto jako rozkład normalny, z wartością średnią równą wartości referencyjnej. Danymi wyjściowymi dla analiz były różnice pomiędzy hałasem zmierzonym a postrzeganym. Jako postrzeganie hałasu z kilku źródeł, przyjęto hałas najsilniejszy, ponieważ odpowiada to odczuciom negatywnym (sytuacja jest postrzegana poprzez jej najmniej przyjemny aspekt). Ostatecznie więc każdemu ankietowanemu przypisano ocenę hałasu najbardziej dokuczliwego. Wynikiem analizy statystycznej ankiet jest średnie arytmetyczne postrzeganie hałasu w poszczególnych sezonach (tab. 2).

Tab. 2. Wartość średnia uzyskana z analizy statystycznej [oprac.aut.]

Tab. 2. The statistical mean values [own elaboration]

Sezony Seasons	Wartość średnia uzyskana z analizy statystycznej, dB The statistical mean value, dB
lato (summer)	48,6
jesień (autumn)	47,3
zima (winter)	47,6
wiosna (spring)	49,0

Pomiary hałasu dostarczają informacji liczbowych, które tworzą zbiory o danej liczbie elementów. Badania dotyczące informacji o odbiorze natężenia dźwięku przez człowieka nie należą jednak do grupy informacji tak lub nie lecz zawierają w sobie pewne przedziały przynależności do rozpatrywanego zbioru informacji o odczuciu odbierania hałasu. Takie cechy danych uwzględnia teoria zbiorów rozmytych [Mrówczyńska 2012]. Analizę za pomocą zbiorów rozmytych rozpoczęto od wyznaczenia zbioru rozmytego i relacji rozmytej. W wyniku złożenia zbioru rozmytego z relacją otrzymuje się zbiór będący wartością wyjściową do wyznaczenia wektorów punktacji ocen. W końcowej fazie obliczono z nich wartości średnie, które stanowią wynikową punktację hałasu w poszczególnych sezonach oraz porównano je z wartościami uzyskanymi z pomiaru rzeczywistego (tab. 3).

Tab. 3. Wartość średnich wektorów [oprac.aut.]

Tab. 3. The average vectors values [own elaboration]

Sezony Seasons	Wartość średnich wektorów, dB The average vectors values, dB
lato (summer)	48,5
jesień (autumn)	47,3
zima (winter)	47,7
wiosna (spring)	48,4

### DYSKUSJA WYNIKÓW

Dla oceny uciążliwości odbieranych hałasów, na terenie obiektu badawczego, ankietowani posługiwali się umieszczoną w ankiecie czterostopniową skalą pozwalającą określić dokuczliwość odbieranych dźwięków. Końcowe opracowanie oparto na porównaniu różnic z wartości pomierzonych i sondażowych. W tabeli 4 zestawiono różnice wyznaczone pomiędzy wartościami ankietowymi a wartościami pomiarowymi dla poszczególnych sezonów, wyrażone w decybelach.

Obliczone różnice służą porównaniu mierzonych wartości z wynikami sondażu. Jeżeli odczucie hałasu przez odwiedzających zgadzałoby się z fizycznym pomiarem, to różnice wykazane w tabeli 4 powinny kształtować się na tym samym poziomie. Wykazano jednak istnienie rozbieżności między nimi szczególnie w sezonach letnim (-1,7 i -1,8 dB) i zimowym (1,2 i 1,3 dB). Największą różnicę uzyskano w sezonie letnim, najmniejszą w sezonie zimowym. Zatem w lecie, ankietowani wykazują mniejszą wrażliwość na hałas natomiast w sezonie zimowym różnica wskazuje na zwiększenie czułości w odbiorze słyszanych hałasów. Poza tym, wykorzystanie teorii zbiorów rozmytych, w tego typu opracowaniach, jest właściwe co potwierdzają otrzymane różnice. Otrzymane wartości są porównywalne z analizą statystyczną.

Takie postępowanie dowiodło odmienne postrzeganie hałasu przez osoby przebywające w parku od fizycznych pomiarów jego poziomu.



Tab. 4. Zestawienie wyników uzyskanych ze statystyki i analizy rozmytej [oprac. aut.]

Tab. 4. Summary of the results of statistical and fuzzy analysis [own elaboration]

Sezony Seasons	Wartość statystyczna – pomiar The statistical value – measure [dB]	Wartość romyta – pomiar The fuzzy value – measure [dB]
lato (summer)	-1,7	-1,8
jesień (autumn)	-1,0	-1,0
zima (winter)	1,2	1,3
wiosna (spring)	-0,2	-0,8

### WNIOSKI

- Poziom hałasu na terenie parku zdrojowego w Inowrocławiu, jest wyraźnie skorelowany z porami roku. Wiosną i latem jest wyższy, jesienią i zimą niższy.
  - W badaniach otrzymane różnice pomiędzy pomiarem rzeczywistym a wartościami uzyskanymi z analizy statystycznej oraz analizy rozmytej ankiet, kształtują się na tym samym poziomie, w zakresie od -1,8 do 1,3 dB. Wskazuje to na porównywalność obu metod.
  - Wartości różnic wskazują na odmiennosc w odbiorze hałasów przez osoby odwiedzające park (szczególnie w sezonach letnim i zimowym). W sezonie letnim różnice wynosiły odpowiednio na poziomie -1,7 i -1,8 dB. Wskazuje to na mniejszą wrażliwość osób odbierających dobiegające hałasy. Natomiast w sezonie zimowym z wartościami: 1,2 i 1,3 dB, wystąpił wzrost wrażliwości ankietowanych na hałas.
  - Wyniki subiektywnego odbioru hałasu okazały się rozbieżne w stosunku do wartości pomierzonych. Przy dużym nagromadzeniu bodźców słuchowych, intensywność odbioru pojedynczych hałasów maleje natomiast przy ich braku, pojedynczy dźwięk nie będący dokuczliwym może przeszkadzać.
- Biorąc pod uwagę wszystkie zaprezentowane w niniejszej pracy badania i przeprowadzone analizy należy stwierdzić, iż właściwa ocena klimatu akustycznego występującego na obszarze Parku Zdrojowego, powinna być wyznaczana w oparciu o jednoczesny pomiar poziomu dźwięku oraz badania sondażowe.

**LITERATURA**

1. BORCZ Z.; 2002. Elementy projektowania zieleni. Wydawnictwo AR, Wrocław. 37-43; 106-111.
2. HUDAK M.; 2011. Wybrane turystyczne szlaki wodne a obszary Natura 2000 i inne obszary chronione w woj. lubuskim. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Zielonogórskiego; Inżynieria Środowiska Nr 142-22; 109-119.
3. KUJAWSKI E., LUTHER L., SZTUBECKA M.; 2008. Problemy oceny poziomu hałasu na obszarze parków miejskich, Czasopismo Techniczne „Środowisko”, zeszyt 19/2008 (rok 105), Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków 2008; 165-170.
4. MALEC T.; 2014. Tereny zielone w zabytkowym krajobrazie Krakowskiego Kazimierza. Teka Kom. Arch. Urb. Stud. Krajobr. – OL PAN, X/3; 5-15.
5. MŁYNARCZYK K.; red. 2002. Agroturystyka. Wyd. UWM. Olsztyn; 154-155.
6. MRÓWCZYŃSKA M.; 2012. Aproksymacja funkcji wielu zmiennych za pomocą sieci neuronowych i systemów rozmytych. Przegląd Geodezyjny 20, nr 2; 3-7.
7. ROGALSKI L.; 2005. Emisja zanieczyszczeń do atmosfery w zależności od spalane go paliwa. Inżynieria Ekologiczna 13; 158.
8. SADOWSKI J.; 1978. Zagadnienia hałasu i wibracji, Rozdział w pracy zbiorowej pod red. Michajłowa W. i Zabierowskiego K. Ochrona i kształtowanie środowiska, Wydawnictwa Naukowe PWN, Warszawa-Kraków; 373-400.
9. SKIBA M.; 2008. Rozmyte miary percepcji krajobrazu W: Zarządzanie krajobrazem kulturowym = Cultural landscape management, red. U. Myga-Piątek, K. Pawłowska. Sosnowiec : Komisja Krajobrazu Kulturowego PTG, 2008 - (Prace Komisji Krajobrazu Kulturowego PTG ; 10) - ISBN: 978-83-61695-02-8; 123-130.
10. SKIBA M.; 2013. Kształtowanie obrazu miasta. Rola prawa i mechanizmów ekonomicznych. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Zielonogórskiego; Inżynieria Środowiska Nr 150-30; 143-154.
11. WĘCŁAWOWICZ-BILSKA E.; 2014. "Green cities" Technical Transactions. Architecture; Y. 111, iss. 4-A (2014), ISSN 1897-6271; 3-18.
12. [www.solanki.pl](http://www.solanki.pl)

---

## ACOUSTIC CLIMATE STUDY IN RECREATION AND LEISURE AREA

### *S u m m a r y*

*The paper includes an assessment of noise pollution in the spa park area, which was based on differences analysis between actual results of equivalent sound level and the spa park visitors feelings. The results of questionnaires were statistically analyzed and the fuzzy sets theory. Interpretation of the results has shown that the assessment of the spa park acoustic climate should be determined on the basis of sound level measurements and questionnaires. The fuzzy model is appropriate for this type of observation.*

Key words: air pollution, noise, green areas, fuzzy sets