

URBAN DESIGN

URBANISTYKA

AGNIESZKA JASZCZAK

DSc Eng., UWM Professor
University of Warmia and Mazury in Olsztyn
Department of Landscape Architecture
Bioeconomy Research Institute, Kaunas, Lithuania
Vytautas Magnus University, Lithuania
e-mail: agnieszka.jaszczak@uwm.edu.pl
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4695-0488>

BEATA DREKSLER

PhD Eng. Land. Arch.
American University of Beirut, Lebanon
Department of Landscape Design and Ecosystem Management
e-mail: bd08@aub.edu.lb
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4164-8180>

EWELINA POCHODYŁA-DUCKA

MSc Eng. Land. Arch.
University of Warmia and Mazury in Olsztyn
Department of Landscape Architecture
e-mail: ewelina.pochodyla@uwm.edu.pl
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9781-7230>

CAN GREEN AREAS BE A NOISE BARRIER IN CITIES? ANALYSIS OF CENTRALNY PARK IN OLSZTYN IN TERMS OF NOISE IMPACT AND SOUNDSCAPE MODELING

CZY TERENY ZIELENI MOGĄ STANOWIĆ BARIERĘ OGRANICZAJĄCĄ
HAŁAS W MIASTACH? ANALIZA PARKU CENTRALNEGO W OLSZTYNIE
POD KĄTEM ODDZIAŁYWANIA NA HAŁAS I MODELOWANIA KRAJOBRAZU
DŹWIĘKOWEGO

ABSTRACT

In the contemporary world, where globalization and industrialization are progressing, there are no large cities that do not generate noise. Noise is usually connected with industrial areas, airports, circulation spaces or city centres. However, it is increasingly felt in places that have previously been associated with peace and quiet, such as suburban housing estates, recreational areas, urban forests, and parks. Noise penetrates public space, robbing this landscape of silence, pleasant sounds or positive sounds. The negative impact of noise on the life processes of humans and animals is worrying. Sound quality should be treated as an element of landscape quality, therefore it should be considered in planning processes or urban space development projects. The aim of this paper is to present an analysis of the soundscape in city space and of the level of noise in Centralny Park in Olsztyn, Poland. Guidelines were also drawn up for the proper management of park space in terms of reducing noise impact, and a model (recommendation) for analysed areas was formulated. The study consisted of:

- measurements of sound pressure levels (SPL) at selected points in two periods,
- interviews with park users and the preparation of a mental map,
- preparing a design scheme for a redesign of the park.

The results confirmed the difference between SPL in the leafless and leafy period. They also showed a clear relationship between the perception of sounds and well-being in the park.

Keywords: noise measurements, public space, soundscape, city park, city acoustic, green infrastructure



STRESZCZENIE

We współczesnym świecie, w którym postępuje globalizacja i industrializacja, nie znajdziemy dużego miasta, które nie generowałoby hałasu. Hałas jest najczęściej związany z terenami przemysłowymi, lotniskami, przestrzeniami komunikacyjnymi czy centrami miast. Coraz częściej jest jednak odczuwalny w miejscach, które do tej pory kojarzyły się z ciszą i spokojem, takich jak osiedla podmiejskie, tereny rekreacyjne, miejskie lasy i parki. Hałas przenika przestrzeń publiczną, ograbiając ten pejzaż z ciszy, przyjemnych, pozytywnych dźwięków. Niepokojący jest negatywny wpływ hałasu na procesy życiowe ludzi i zwierząt. Jakość dźwięku należy traktować jako element jakości krajobrazu, dlatego należy ją uwzględniać w procesach planistycznych czy projektach zagospodarowania przestrzeni miejskiej. Celem artykułu jest analiza zjawiska pejzażu dźwiękowego w przestrzeni miejskiej oraz analiza poziomu hałasu w parku Centralnym w Olsztynie (Polska). Opracowano również wytyczne właściwego gospodarowania przestrzenią parkową pod kątem ograniczenia oddziaływania hałasu oraz wykonano model (rekomendację) dla analizowanego terenu. Badania obejmowały:

- pomiary poziomu ciśnienia akustycznego (SPL) w wybranych punktach w dwóch okresach,
- wywiad z użytkownikami parku i przygotowanie mapy mentalnej,
- opracowanie wytycznych i schematu przeprojektowania parku.

Wyniki potwierdzają różnicę między SPL w okresach bezlistnym i ulistnionym, pokazują również wyraźny związek między percepcją dźwięków a samopoczuciem użytkowników parku.

Słowa kluczowe: pomiary hałasu, przestrzeń publiczna, park miejski, zielona infrastruktura, krajobraz dźwiękowy, akustyka miasta

1. GENERAL INFORMATION

Soundscape is a term that refers to the sounds that occur in a given environment, as well as how people perceive them (Schafer, 1982; Raimbault and Dubois, 2005; Bernat, 2015; Rehan, 2016; Małkowska, 2018). It can be generated by natural noises and by human activity.

The soundscape in cities affects the well-being, mood, and health of residents, and good quality soundscapes can help people to relax and improve concentration, while sound pollution can cause stress, reduced sleep quality, and even health problems (Berglund and Nilsson, 2006; Bernat, 2008; Cerwén, 2016; Cerwén, Pedersen and Pálsdóttir, 2016; Aletta, Oberman and Kang, 2018a). Researchers increasingly often study the impact of the soundscape on health (Xie, Kang and Mills, 2009; Alvarsson, Wiens and Nilsson, 2010; Meng, Lee and Ma, 2022), and its appropriate shaping is becoming an essential element of urban and regional spatial planning (Alvarsson, Wiens and Nilsson, 2010; Aletta et al., 2016; Kang et al., 2016; Aletta, Oberman and Kang, 2018b). For over a decade, cities have been trying to improve the quality of their soundscapes by applying various solutions, such as installing noise barriers along roads or reducing noise generated by industry, as well as promoting the use of public transport. In the case of suburban areas or housing estates that are directly connected to expressways, solutions such as soundproofing screens are commonly used, while such methods of noise minimization are unlikely to be possible and, in principle, are not recommended in city centres, i.e., where there is dense development. One way to reduce the negative effects of noise is

properly composed urban greenery that features specific plant forms. Plants, especially those with large and dense leaves, can act as natural soundproofing screens, and absorb some of the sounds and noise. In addition, greenery can also act as a natural air filter, reducing particulate matter and pollutant concentrations in the air, which can indirectly reduce noise.

This paper discusses an approach to landscape architecture and the soundscape (Cerwén, 2016), a key term used in sound ecology. Porteous and Martin (1985) investigated the soundscape already in the 1980s, although the term was used by Southworth (1969) in a study of urban space in Boston (Axelsson, Gustavino and Payne, 2019). Research on the soundscape is usually overlooked or treated marginally in the design of public spaces, including green areas. However, it can affect the way parks are designed, potentially reducing noise-related nuisance. In the design process, attention is most often paid to examining preferences for introducing uses and aesthetic assets, and these studies rarely concern opinions on noise or sound preferences (Jo and Jeon, 2020; Liu et al., 2022).

Research scope

This multi-year study set out to assess the soundscape of Olsztyn's city parks with the aim of enhancing their acoustic design (the results were documented in 2021). The results presented in this paper are based on the analysis of Centralny Park. The aim was to analyse sound pressure levels (SPL) and characteristic sounds and define guidelines for the 'redesign' of the park with consideration for its acoustics. The SPL measurements were intended to supplement the scope of qualitative research and acoustic map analysis.

Earlier, a simplified functional and spatial analysis of the park's surroundings was performed. Park users were also interviewed during a soundwalk. The authors also formulated a model (recommendation) for the area.

Methodology

The study was divided into three stages (Ill. 1):

- 1) SPL analysis,
- 2) interviews with park users during a soundwalk,
- 3) preparation of guidelines.

The study's multi-directional approach based on selecting mixed research methods was its key feature. This allowed for a more comprehensive look at the city park's soundscape from a landscape architecture perspective.

The first stage of this study was preceded by the analysis of an available acoustic map (Ill. 2), which was prepared for the needs of the environmental noise protection programme for the city of Olsztyn (preliminary source review).

The development of the acoustic map and making the results available to residents resulted from the provisions of the Act of 27 April 2001, Environmental Protection Law, Dz.U. 2008, No. 25, item 150. Such an obligation results from implementing Directive 2002/49/EC. The main objective of the implementation of an acoustic map is *the presentation of data on an existing or predicted noise situation in terms of a noise indicator, indicating breaches of any relevant limit value in force, the number of people affected in a certain area, or the number of dwellings exposed to certain values of a noise indicator in a certain area* (Directive 2002/49/EC of the European Parliament and of the Council of 25 June 2002 relating to the assessment and management of environmental noise, 2002, art. 3, letter 'q'), obtain up-to-date information on the acoustic state of the environment, taking into account demographic data on land development and use, and thus providing a basis for developing Community measures to reduce noise emitted by the major sources, in particular road. Afterwards, the authors commenced with their original research. An initial reconnaissance of the area, an analysis of elements that may affect the soundscape (vegetation, terrain, use zones, street and park furniture, etc.), and an analysis of uses in areas located near the park were carried out in October 2021. The original noise level analysis was repeated in the area because the results from 2017 were subject to error (unreliable reading caused by the noise of road works). Therefore SPL analyses were performed on 10 March 2022 (leafless period) and 19 May 2022 (leafy period). The tests were conducted

in the afternoon (13:00–15:00/14:00–16:00), with moderate wind and sunny weather. No mass events or other activities that could disturb the perception of the soundscape took place in the analysed areas during the analysis periods.

Methods

1. Assessment of the soundscape of the park at selected points in terms of noise intensity (a) and types of sounds (b) in leafless and leafy periods

The analyses of perceived sound intensity aimed to determine which places in parks are most exposed to noise. SPLs were measured in dBA at nodal points of circulation routes and distinct places. In order to obtain reliable results, three measurements were made at each site and then averaged. The measurements were taken at a height of 1.4 m. The intervals between the three measurements lasted 60 s. A Beha Amprobe 93517D soundmeter was used to take the measurements. The results were presented in the form of a graph. The data obtained aided in locating the quietest and loudest places and the average sound intensity value for the entire park. However, the use of this research procedure was to determine which places in the park were most exposed to noise. A set of measurement points located throughout the park, in characteristic places, from its borders to its interior, was determined. This placement was intentional because the authors wanted to analyse the interiors used by residents for more extended periods of the day. This meant that the measurements were not confined to road lanes and access routes, especially at the border between the park and transport areas.

The analysis of selected points (e.g., bridges, park entrances/exits, fountains, playgrounds, etc.) in the park that were distinctive in terms of sound structure, was aimed at determining characteristic sounds and background noises at given points and assessing their quality during soundwalks. The results are presented in Table 1 for selected points of the park under study in a leafless and leafy state.

Tab. 1. Numbers of characteristic points selected for Test I/a, and I/b. Original work.

Stage of the analyses	Measuring points
No of points selected for Test I/a (No of points selected for Test I/b)	32 (6)
Selected points in park for Test I/b	3, 7, 15, 18, 25, 30

2. Soundwalk with park users

The concept of a mental map, i.e., a subjective image of a geographical space in the human mind, unique to each observer, is based on an individual's experience and level of information (mental landscape) and is well established in geography, behavioural sciences, and psychology.

As public participation is a crucial element of acoustic design, the subjective opinion of the park's users was considered in the study. The study was intended to supplement previous measurements and indicate how users perceived the park's space depending on the acoustics. The study, in the form of a walk and an interview with the respondents in the park, was conducted during a leafy period. The number of respondents who participated in the soundwalk was 20. The participants were aged 18–75. They were all living in Olsztyn at the time. The study consisted of mapping areas that, according to the participants, were characterized by positive sounds, and places where undesirable sounds occurred. Each participant was asked to locate these areas on the map. The route passed through the points marked earlier. The data obtained at the site were digitized and presented as a graphical strolling map. Points evaluated positively were marked in green, and points evaluated negatively were marked in red.

3. Guidelines and recommendations for the future development of the park

Based on the information obtained during the study, a set of guidelines and recommendations was developed to improve the quality of the soundscape of the park, including guidelines for supplementing plantings and interventions to improve the park's development in terms of noise suppression on the one hand, and generating positive sounds on the other.

LITERATURE REVIEW

Soundscape research focuses on studying and analysing sound quality in various environments, including urban, rural, and natural (Ulrich et al., 1991; Jennings and Cain, 2013; Zhang, Kang and Kang, 2017; Zhao, Xu and Ye, 2018; Shu and Ma, 2020; Ratcliffe, 2021). One of the leading soundscape research institutions is the World Forum for Acoustic Ecology, founded in 1993. This organization studies the impact of sound on human health and well-being and promotes noise prevention and sound quality improvement methods. For example, in France, a psycholinguistic analysis of sounds was conducted to identify semantic categories of environmental sounds and establish appropriate sound quality

criteria for urban soundscapes (Guastavino, 2006). Soundscape assessment in terms of users' reactions and the influence of sounds in stressful situations was conducted by Annerstedt et al. (2013).

One example of soundscape research is the Hush City Mobile Lab project, run by the Technical University of Berlin. This project focuses on studying soundscapes in cities and uses digital tools such as mobile apps to collect data from residents about the noise in their environment (Radicchi and Vida, 2018). In the US, the US Environmental Protection Agency is conducting a research programme on the impact of noise on human health and well-being, including health problems such as high blood pressure, sleep problems, and stress. In Europe, organizations such as the Soundscape Forum and the European Acoustics Association also address the impact of noise on human health and quality of life in their research, as well as the development of strategies and tools to improve the quality of the soundscape.

Research has shown that individuals prefer natural sounds and perceive them as pleasant. Aletta and Kang (2019) highlighted the positive impact of green spaces on the soundscape, including the presence of birdsongs and wind rustling tree leaves. Guastavino (2006) conducted a study on the ideal urban soundscape and found that the presence of nature sounds contributed significantly to cityscape preference.

Studies have shown that greenery can have a beneficial effect on noise reduction. For example, dense rows of trees along busy roads can help reduce noise by around 50%, and greenery in parks or around residential buildings can help reduce noise by up to 8-10 dBA. Therefore, greenery is often used as one of the methods of combating acoustic pollution (Farina, 2019; Kang et al., 2023). Planting trees and shrubs along streets and around residential buildings and creating parks and gardens or green walls can help reduce noise, positively impacting the quality of life in cities (Steele et al., 2016; Oquendo-Di Cosola, Olivieri and Ruiz-García, 2022). Greenery in parks can play an essential role in reducing noise in the urban environment (Lacasta et al., 2016). First of all, parks are places where vegetation naturally occurs, including trees, shrubs, and grasses, which can act as natural noise barriers if planted sufficiently dense and compact (Yang et al., 2010). This vegetation can absorb sounds (Wong et al., 2010), reducing noise in and around parks. As found by Nilsson and Berglund's research (2006) in Sweden, at least 80% of individuals visiting so-called 'quiet areas', including suburban and urban parks, should perceive the acoustic environment as good, with street noise levels not exceeding 50 dB.

In addition, parks are often located in strategic places, city centres, or, for example, near busy streets. In these cases, parks can act as natural screens that block outside sounds and prevent them from spreading into the surroundings. It is also worth noting that parks are public spaces often open and accessible to all city residents. This allows people to use parks to rest, relax and enjoy themselves, which helps reduce stress and improve the well-being of people exposed to noise in urban environments (Lercher et al., 2016; Bild et al., 2018).

In addition to noise suppression, parks generate sounds that are positively perceived by users. Positive sounds include birds singing, the rustle of trees, grass or leaves, the sound of water in a river, a fountain, and sound installations

2. RESEARCH AREA

The research area was Centralny Park (Tab. 2), located in Olsztyn in the Warmian-Masurian Voivodeship (Ill. 3). The park is covered by the Local Spatial Development Plan of Olsztyn (Resolution No. XXX/371/08 of the Olsztyn City Council of 27 August 2008).

The selection of the park for analysis was made based on the following:

- the park’s area — it is one of the largest parks in the city,
- location — it is in the very centre of the city,
- accessibility — it is open to the public and frequently visited by residents,
- noise sources — the primary source of noise here is traffic, especially at the border of the park,
- functional programme — due to the park’s diverse programme.

The park analysed is open to the public all year round. Its vegetation cover structure is based on tree and shrub plantings as well as large fragments of lawns with low vegetation.

3. RESULTS

Results of noise measurements in the leafless and leafy period

The number of measurement points selected was 32. Noise measurements made in the leafless period found that the lowest sound intensity occurred at point 23 (30.7 dBA), and the highest values were read at point 25 (58 dBA). The average of the measurements for the leafless period in Centralny Park was 45.6 dBA. For the leafy period, the quietest point was 23 (29.7 dBA), the loudest points were 3 and 7 (51 dBA), and the average measurement was 42.9 dBA (Ill. 4). The

Tab. 2. The basic characteristics of Centralny Park. Original work.

Characteristic	Detail information
Location in the city	Centre
Total area [ha]	13.0
Forms of greenery	Old trees, large lawn areas, shrubs and perennials (in newly designed areas)
Type / Special elements in parks	Landscape style with modern elements, playground, four bridges, kayak pier, fountain, bike/walking paths, mini amphitheatre/

main source of noise in both periods was the transport network that surrounds the park. Readings from the leafy period indicated that the noise level decreased at 22 Stycznia Street and at the Museum of Modernity. However, the intensity of sounds from Niepodległości Street (points 6, 7, 8) and in the city centre (due to the activation of fountains, at points 15 and 16) increased. The quietest place in both cases was among trees and bushes surrounded by an escarpment in the northern part of the park (points 22 and 23). When analysing the differences in the soundscape between the leafless and leafy periods, it was noticed that traffic was the primary source of the noise. Areas characterized by sounds generated naturally (birds singing, the rustle of grass and leaves) and artificially (water in fountains) were unanimously assessed as positive. During the leafy period, the impact of transport and circulation on the soundscape diminished slightly. The emission of sounds related to the use of the park has increased (increased number of visitors, activation of fountains). The results have been presented graphically on maps in Illustration 5 (Ill. 5).

Analysis of selected characteristic points

Positive sounds are generated by fountains and trees (Tab. 3). In the landscape, the sound of church bells is assessed very positively. Centralny Park is characterized by a rich use programme, which attracts many users. The park’s location in the city centre (near the Old Town) also contributes to the place’s attractiveness. For this reason, anthropological noises (passers-by, cyclists, children playing in a playground, etc.) considerably impact the park’s soundscape. Traffic noise, however, is only partially suppressed by escarpments and groups of trees and shrubs.

Tab. 3. Characteristic of sound structure in the parks. Original work.

Type of sounds	Detail information
Background sounds	Positive — grass, wind sounds; Negative — vehicle noise
Characteristic sounds in leafless period	Pedestrian, cars, seasonal works
Characteristic sounds in leafy period	Rustling leaves (harmonious), sound of fountain
Constant sound set	Pedestrian, singing birds, church bells, cars

Results of a soundwalk with park users

The results of the empirical study with park users are presented on the map shown in Illustration 6. Based on the soundwalk, it should be noted that park users reported the places inside the area as the most attractive in terms of sound impressions. Pleasant feelings were intensified by the immediate vicinity of a watercourse (River Łyna) and the sound of a fountain. However, some users, especially seniors, noted the increased noise generated by the proximity of play facilities (points 3, 15, 28, 31). The northern (points 20, 21, 24, 25) and southern boundaries of the park (points 6, 7, 8, 10), which border busy streets, were reported as the loudest and most unpleasant from a soundscape perspective.

Guidelines and recommendations for the future development of the park

In order to improve the quality of the soundscape, the following general guidelines were formulated for Centralny Park and park greenery in Olsztyn:

- increasing the density of trees and shrubs on the outskirts of the park with coniferous and deciduous species with high insulative potential, including varieties compatible with the habitat,
- prohibition of placing sound-based advertisements near the park and on its territory,
- identification of acoustically valuable places,
- acoustic design, including recreating the park's audiosphere, highlighting valuable sounds, introducing vertical greenery,
- proposing pro-social and educational activities, i.e., soundwalks, educational paths, spatial installations, etc.,
- creating an acoustic card of the park,
- monitoring the quality of the soundscape.

The analysis results indicate the need to 'redesign' the park in specific places. This is due to the higher noise level and the lack of the so-called accompanying (positive) sounds. Ill. 7. indicates the need to supplement with compact tall vegetation (trees) with accompanying medium and low vegetation (shrubs and perennials). Another element of the intervention is using grasses that introduce positive sounds (with the movement of the wind). Waterside vegetation was planned for a similar purpose.

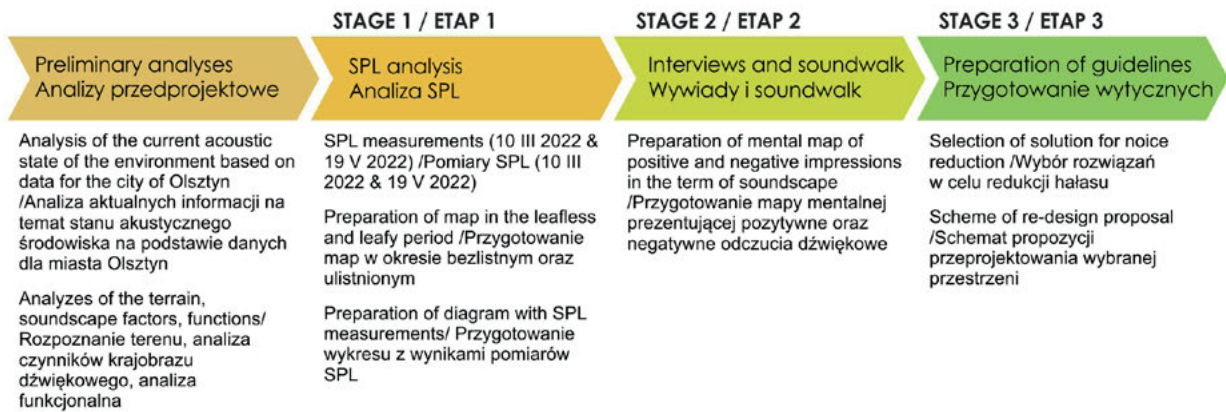
4. CONCLUSIONS

The aim of research on soundscapes is most often to conduct acoustic assessments, typify sounds, and analyse the ecological and sociological context. As stated in the paper, it is essential to carefully plan and effectively act to preserve and protect the values of soundscapes and, where necessary, to introduce measures to minimize the harmful effects of noise. This should also be implemented at the level of planning public spaces, including green areas, and promoting projects that improve the sound layer of the city.

The study emphasized the impact of park spaces on residents' health, with particular consideration given to the role of greenery in suppressing various noise sources. We also emphasize the need to protect plant forms because they are a valuable barrier against noise and the need to plan new compact forms where this barrier is insufficient. This study aimed to assess the soundscape of Centralny Park in Olsztyn and determine directions for its redesign, with a focus on reducing noise and improving user well-being. The key findings and conclusions are as follows:

- 1) The spatial and functional structure of the park and its surroundings have a direct relationship with the soundscape, influencing the well-being of park users.
- 2) Sound pressure level (SPL) measurements conducted during both leafless and leafy periods showed that vegetation contributed less to noise inhibition during the leafless period compared to the leafy period.
- 3) User interviews indicated a significant noise risk, particularly in close proximity to the park's external borders.
- 4) There is a psychological connection between the visual and auditory perception of the park, as confirmed by the results of interviews.

The study proposes incorporating acoustic analyses into the design or redesign of green areas, especially those located in city centres, to improve user well-being and reconfigure specific sections within existing parks.



III. 1. Stages of the study. Original work.

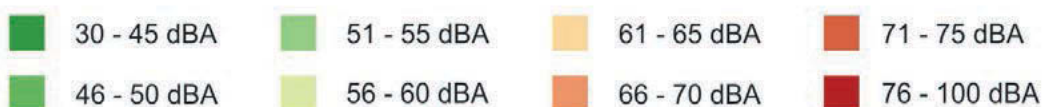
II. 1. Etapy badań. Opracowanie własne.



Legend/ Legenda:

Study area/Obszar badań

Level of noise/ Poziom hałasu:

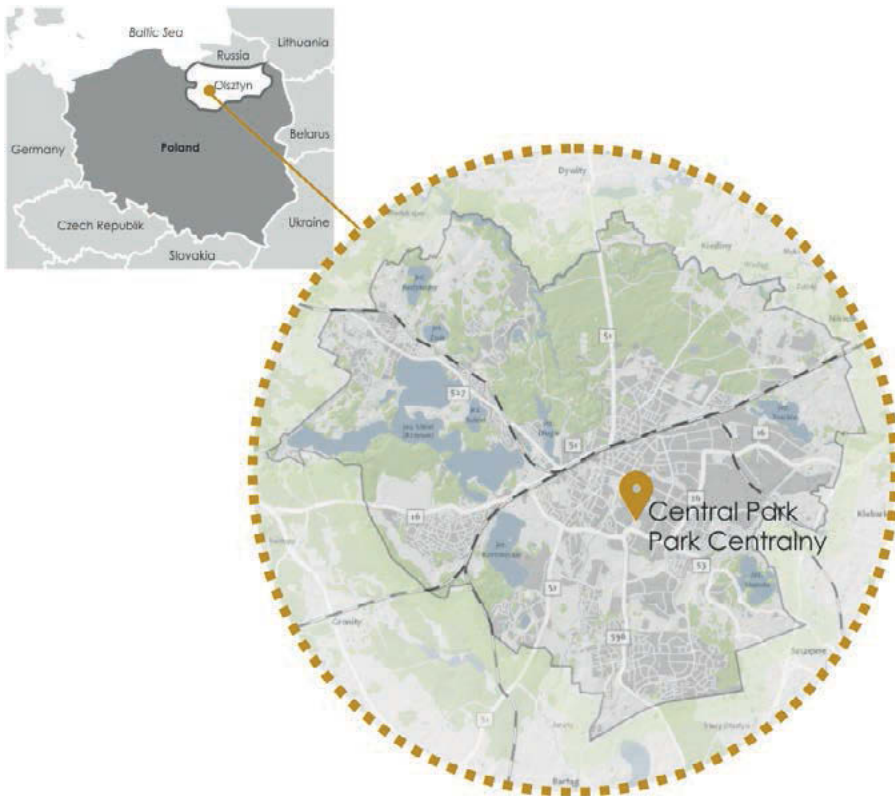


III. 2. Acoustic map within boundaries of Centralny Park in Olsztyn.

Source: Original work based on the Acoustic Map of Olsztyn.

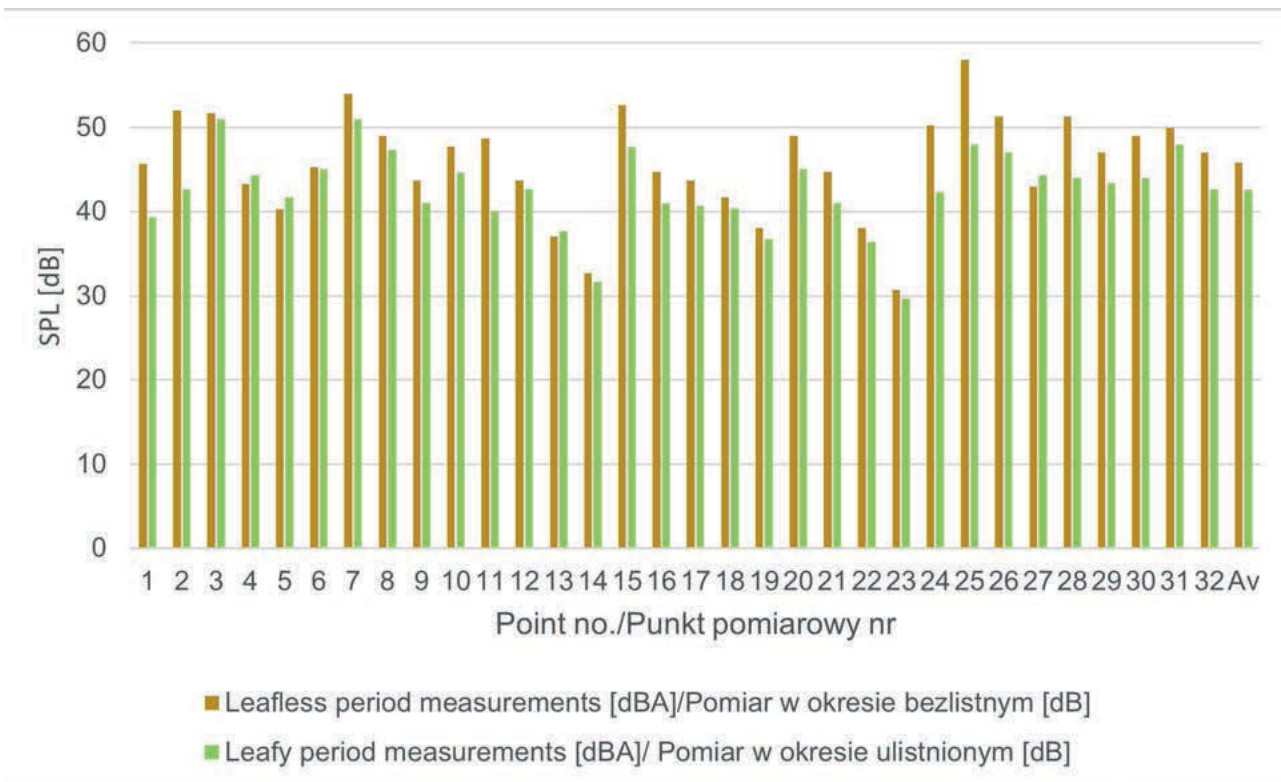
II. 2. Mapa akustyczna w granicach parku Centralnego w Olsztynie.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Mapy Akustycznej Olsztyna.



III. 3. Location of Centralny Park in Olsztyn.
Original work.

II. 3. Lokalizacja parku Centralnego w Olsztynie.
Opracowanie własne.



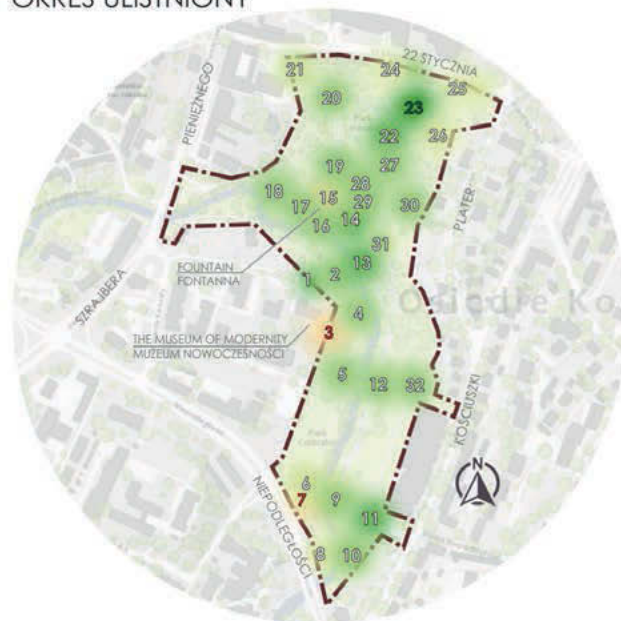
III. 4. SPL measurements [dBA] in Centralny Park in Olsztyn. Original work.

II. 4. Poziom hałasu [dB] w parku Centralnym w Olsztynie. Opracowanie własne.

LEAFLESS PERIOD
OKRES BEZLISTNY



LEAFY PERIOD
OKRES ULISTNIONY



Legend/ Legenda:

Study area/ Obszar badań

Measuring point/ Punkt pomiarowy

Quietest/loudest points / najcichszy i najgłośniejszy punkt

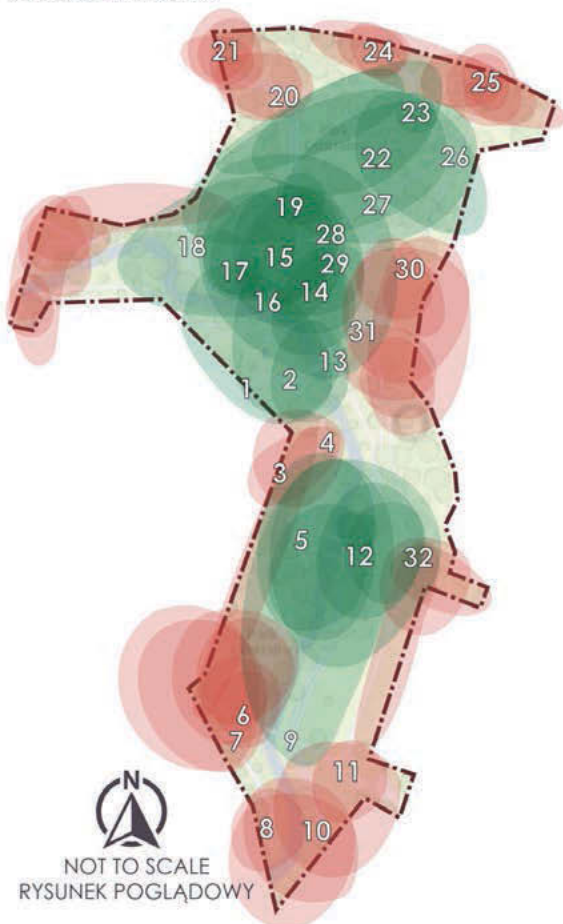
SPL



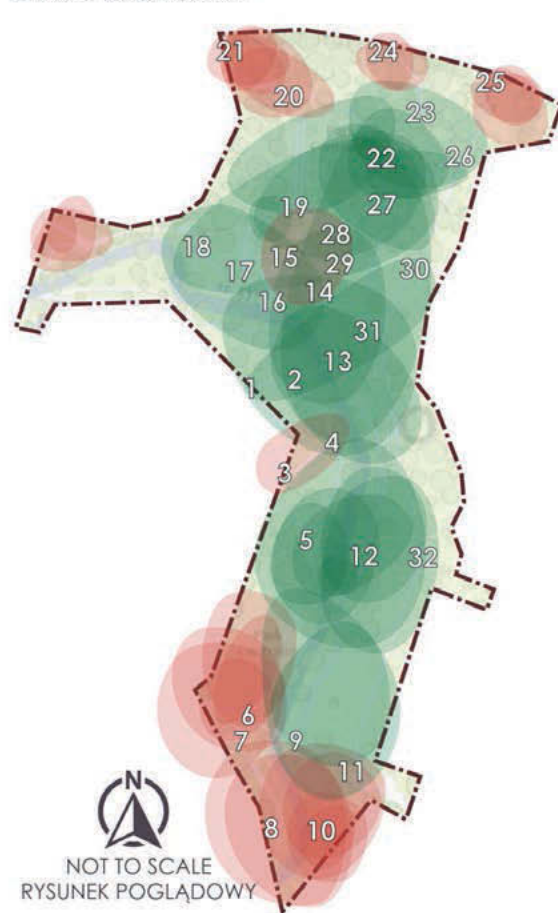
III. 5. Results of soundscape evaluation (SPL measurements) presented on a map of Centralny Park during a leafless and leafy period. In the leafless period, point 23 was the quietest, and point 25 was the loudest. In the leafy period, points 14 and 23 were the quietest, point 3 and 7 were the loudest. Original work.

II. 5. Wyniki oceny krajobrazu dźwiękowego (pomiar SPL) przedstawione na mapie parku Centralnego w okresach bezlistnym i ulistnionym. W okresie bezlistnym punkt 23 jest najcichszy, a punkt 25 najgłośniejszy. W okresie ulistnionym punkty 14 i 23 są najcichsze, punkty 3 i 7 — najgłośniejsze. Opracowanie własne.

LEAFLESS PERIOD
OKRES BEZLISTNY



LEAFY PERIOD
OKRES ULISTNIONY

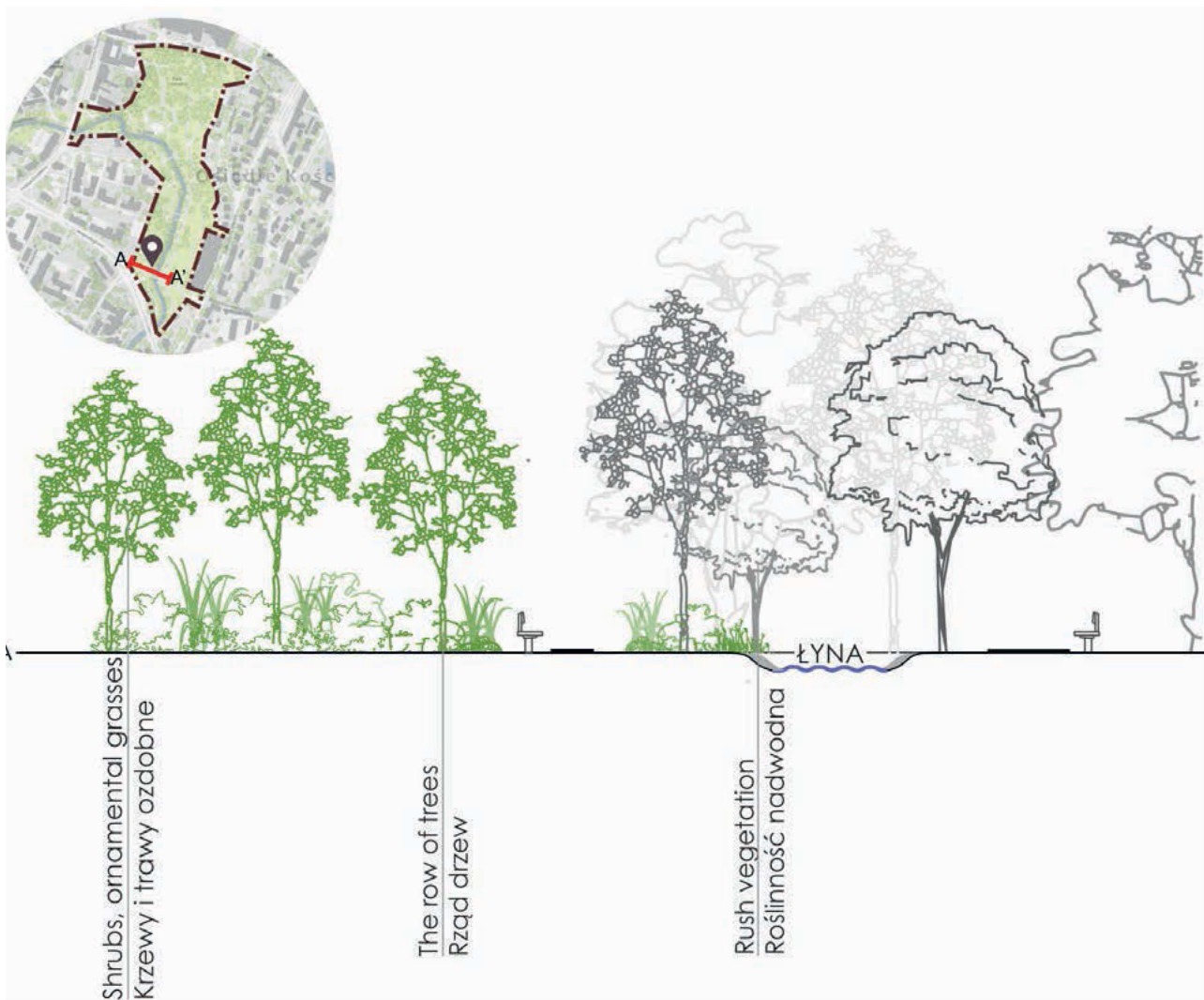


Legend/ Legenda:

-  Positive sound sensations/Pozytywne odczucia dźwięków
-  Negative sound sensations/Negatywne odczucia dźwięków

III. 6. Soundwalk results. Respondents identified noisy spaces (red) and noise-free and positive-sounding spaces (green). Original work.

II. 6. Rezultaty analizy podczas spaceru dźwiękowego. Respondenci wskazali przestrzenie głośnie (kolor czerwony) oraz przestrzenie wolne od hałasu i zapewniające pozytywne odczucia dźwiękowe (kolor zielony). Opracowanie własne.



Legend/ Legenda:

— Existing elements/Elementy istniejące

— Proposed elements/Elementy proponowane

III. 7. Scheme for the redesign of the A-A' zone in Centralny Park. Original work.

II. 7. Schemat propozycji przeprojektowania sekcji A-A' w parku Centralnym. Opracowanie własne.

1. INFORMACJE OGÓLNE

Krajobraz dźwiękowy, nazywany również dźwiękowym pejzażem, to pojęcie odnoszące się do dźwięków, które występują w danym otoczeniu, a także do sposobu, w jaki są one odbierane przez ludzi (Schaffer, 1982; Raimbault i Dubois, 2005; Bernat, 2015; Rehan, 2016; Małkowska, 2018). Może być on generowany przez naturalne odgłosy i przez działalność człowieka.

Krajobraz dźwiękowy w miastach wpływa na samopoczucie, nastrój i zdrowie mieszkańców, przy czym jego dobra jakość może pomóc w relaksie i poprawie koncentracji, podczas gdy zanieczyszczenie dźwiękowe może powodować stres, zmniejszenie jakości snu, a nawet problemy zdrowotne (Berglund i Nilsson, 2006; Bernat, 2008; Cerwén, 2016; Cerwén, Pedersen i Pasdottir, 2016; Aletta, Oberman i Kang, 2018a). Wpływ krajobrazu dźwiękowego na zdrowie jest coraz częściej badany przez naukowców (Xie, Kang i Mills, 2009; Alvarsson, Wiens i Nilsson, 2010; Meng, Lee i Ma, 2022), a jego odpowiednie kształtowanie staje się ważnym elementem planowania przestrzennego w miastach i regionach (Alvarsson, Wiens i Nilsson, 2010; Aletta i in., 2016; Kang i in., 2016; Aletta, Oberman i Kang, 2018b).

Od co najmniej kilkunastu lat miasta starają się poprawić jakość krajobrazu dźwiękowego poprzez stosowanie różnych rozwiązań, takich jak np. zakładanie ekranów dźwiękochłonnych wzdłuż dróg, czy przez ograniczanie hałasu generowanego przez przemysł, a także promowanie korzystania z transportu publicznego. W przypadku obszarów podmiejskich czy osiedli bezpośrednio powiązanych z drogami szybkiego ruchu, rozwiązania takie jak ekrany dźwiękoszczelne są stosowane powszechnie, natomiast tego typu sposoby zminimalizowania hałasu raczej nie są możliwe — i w zasadzie nie są wskazane — w centrum miast, czyli tam, gdzie jest zwarta zabudowa. Pewnym sposobem na redukcję negatywnych skutków hałasu jest odpowiednio skomponowana zieleń miejska z uwzględnieniem określonych form roślinnych. Rośliny, zwłaszcza te o dużych i gęstych liściach, mogą działać jako naturalne ekrany dźwiękochłonne, absorbując część dźwięków i hałasu. Dodatkowo zieleń może również działać jako naturalny filtr, redukując ilość pyłów i zanieczyszczeń w powietrzu, co pośrednio może wpłynąć na redukcję hałasu.

Zaprezentowane w niniejszym artykule badania nawiązują do podejścia architektury krajobrazu i pejzażu dźwiękowego (Cerwén, 2016), który jest kluczowym terminem używanym w ekologii dźwięku. Prace Porteousa i Mastina (1985) były poświęcone

tematyce pejzażu dźwiękowego już w latach 80. XX wieku, chociaż termin został użyty przez Southwortha (1969) w badaniu przestrzeni miejskiej w Bostonie (Axelsson, Gustavino i Payne, 2019). Badania nad krajobrazem dźwiękowym są zwykle pomijane lub traktowane marginalnie w procesie planowania przestrzeni publicznej, w tym terenów zieleni, chociaż mogą wpływać na sposób projektowania parków, potencjalnie skutkując redukcją uciążliwości hałasu. W procesie planowania zwraca się najczęściej uwagę na badanie preferencji względem wprowadzenia funkcji oraz wartości estetycznych, natomiast rzadko badania te dotyczą opinii na temat hałasu czy preferencji dźwiękowych (Jo i Jeon, 2020; Liu i in., 2022).

Cel pracy

Założeniem wieloletnich badań była ocena krajobrazu dźwiękowego parków miejskich Olsztyna, ukierunkowana na wzmocnienie projektowania akustycznego (wyniki opisano w opracowaniach w 2021 roku). Z kolei prezentowane w tej pracy wyniki badań oparto na analizie parku Centralnego. Celem była analiza poziomu hałasu (SPL) oraz analiza charakterystycznych dźwięków, a także określenie wytycznych w kierunku przeprojektowania parku z zwracając uwagę na jego akustykę. Pomiar SPL miały na celu uzupełnienie zakresu badań jakościowych i analizy mapy akustycznej. Wcześniej wykonano uproszczoną analizę funkcjonalno-przestrzenną otoczenia parku. Przeprowadzono też wywiad z użytkownikami parku podczas spaceru dźwiękowego (*soundwalk*). Autorzy wykonali również model (rekomendację) dla wybranego obszaru.

Metodyka

Badania podzielono na trzy etapy (il. 1):

- 1) analizy SPL,
- 2) wywiady z użytkownikami parku w czasie spaceru dźwiękowego,
- 3) przygotowanie wytycznych.

Ważnym punktem było wielokierunkowe podejście oparte na doborze mieszanych metod badawczych. Pozwoliło to na szersze spojrzenie na krajobraz dźwiękowy parku miejskiego z perspektywy architektury krajobrazu.

Pierwszy etap prac własnych został poprzedzony analizą dostępnej mapy akustycznej (il. 2), którą stworzono dla Olsztyna na potrzeby przygotowania programu ochrony przed hałasem (badania wstępne źródłowe). Obowiązek opracowania mapy akustycznej oraz udostępnienia wyników opracowania mieszkańcom jest uregulowany Ustawą z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska (Dz. U. z 2008 r.

Nr 25, poz. 150). Taki obowiązek wynika z zaimplementowania Dyrektywy 2002/49/WE. Zasadniczym celem realizacji mapy akustycznej, jest *przedstawianie, w kategoriach wskaźnika hałasu, danych dotyczących aktualnej lub przewidywanej sytuacji w zakresie hałasu, ze wskazaniem przypadków naruszenia odnośnej obowiązującej wartości granicznej, liczby dotkniętych osób na określonym obszarze lub liczby lokali mieszkalnych poddanych działaniu pewnej wartości wskaźnika hałasu na pewnym obszarze* (Dyrektywa 2002/49/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 25 czerwca 2002 r. odnosząca się do oceny i zarządzania poziomem hałasu w środowisku, 2002, art. 3, litera ‘q’), a tym samym stworzenie podstawy dla rozwijania środków wspólnotowych w zakresie obniżania hałasu z głównych źródeł, w szczególności z taboru drogowego.

Następnie przystąpiono do badań własnych (autorskich). Na początku rozpoznano teren oraz wykonano analizę elementów mogących mieć wpływ na krajobraz dźwiękowy (roślinność, ukształtowanie terenu, strefy użytkowe, mała architektura itp.) oraz analizę funkcji na terenach zlokalizowanych w pobliżu parku. Analizy te przeprowadzono w październiku 2021 roku. Badania autorskie polegające na analizie poziomu hałasu przeprowadzono na tym terenie po raz drugi, ze względu na fakt, że wyniki wcześniejszych analiz dla parku Centralnego z 2017 roku były obarczone błędem (niewiarygodny odczyt spowodowany hałasem robót drogowych). Dlatego też ponowne pomiary (SPL) wykonano 10 marca 2022 roku (okres bezlistny) i 19 maja 2022 roku (okres ulistniony). Badania odbywały się w godzinach popołudniowych (13:00–15:00/14:00–16:00), przy umiarkowanym wietrze i słonecznej pogodzie. W trakcie prowadzenia badań na analizowanych terenach nie odbywały się imprezy masowe ani inne działania mogące zakłócić odbiór krajobrazu dźwiękowego.

Zastosowane metody

1. Ocena krajobrazu dźwiękowego parku w wybranych punktach pod kątem natężenia hałasu (A) i rodzajów dźwięków (B) w okresach bezlistnym i ulistnionym

Analizy odczuwanego natężenia dźwięków miały na celu określenie, które miejsca w parkach są najbardziej narażone na hałas. Dźwięki mierzono w wartościach dB SPL w punktach węzłowych ciągów komunikacyjnych i miejscach charakterystycznych. W celu uzyskania wiarygodnych wyników wykonano po trzy pomiary w każdym miejscu, a następnie uśredniono. Pomiary wykonano na wysokości

1,4 metra. Przerwy między trzema pomiarami trwały 60 sekund. Do pomiaru wykorzystano decybelomierz Beha Amprobe 93517D. Wyniki zaprezentowano w formie wykresu. Na podstawie otrzymanych danych wyznaczono miejsca najcichsze i najgłośniejsze oraz średnią wartość natężenia dźwięku dla całego parku.

Zastosowanie tej procedury badawczej miało na celu określenie, które miejsca w parku są najbardziej narażone na hałas. Wybrane punkty pomiarowe określono na terenie całego parku, w charakterystycznych miejscach, od granic parku do jego wnętrza. Było to działanie celowe, ponieważ autorom zależało na przeanalizowaniu wnętrza wykorzystywanych przez mieszkańców przez dłuższy okres dnia. W ten sposób nie ograniczono się do pasów ruchu i dróg dojazdowych, zwłaszcza na granicy parku z terenami komunikacyjnymi.

Analiza wybranych punktów charakterystycznych (np. mostów, wejść/wyjść z parków, fontann, placów zabaw itp.) w parku pod kątem struktury dźwiękowej, miała na celu określenie charakterystycznych dźwięków oraz odgłosów tła w danych punktach i ocenę ich jakości podczas spacerów dźwiękowych. Wyniki dla wybranych punktów danego parku w stanach bezlistnym i ulistnionym przedstawiono w tabeli 1.

Tab. 1. Liczby punktów charakterystycznych wybranych dla Testu I/a oraz I/b. Opracowanie własne.

Etap badań	Punkty pomiarowe
Liczba punktów pomiarowych dla Testu I/a (Liczba punktów pomiarowych dla Testu I/b)	32 (6)
Punkty pomiarowe wybrane do Testu I/b	3, 7, 15, 18, 25, 30

2. Spacer dźwiękowy z użytkownikami parku

Koncepcja mapy mentalnej, czyli subiektywnego obrazu przestrzeni dla człowieka, unikalnego dla każdego obserwatora, opiera się na indywidualnym doświadczeniu i poziomie informacji (krajobraz mentalny) i jest dobrze ugruntowana w geografii, naukach behawioralnych i psychologii.

Ponieważ udział społeczeństwa jest kluczowym elementem projektowania akustycznego, w badaniach uwzględniono subiektywną opinię użytkowników parku. Badanie miało na celu uzupełnienie wcześniejszych pomiarów oraz wskazanie, jak użytkownicy

postrzegają przestrzeń parku w zależności od akustyki. Badanie w formie spaceru i wywiadu z respondentami w parkach przeprowadzono w okresie ulistnionym. Do badania przystąpiło 20 osób w przedziale wiekowym 18–75 lat. Wszystkie mieszkały w tym okresie w Olsztynie. Badanie polegało na mapowaniu obszarów, które zdaniem uczestników charakteryzują się pozytywnymi dźwiękami oraz miejsc, w których występują dźwięki niepożądane (hałas). Oznacza to, że każdy uczestnik miał za zadanie wskazać te obszary na mapie. Trasa przebiegała przez punkty wyznaczone wcześniej. Uzyskane *in situ* dane zostały zdigitalizowane, a następnie przedstawione w formie mapy spacerowej. Kolorem zielonym zaznaczono miejsca oceny pozytywnej, kolorem czerwonym — miejsca oceniane negatywnie.

3. Wytyczne i zalecenia dotyczące przyszłego zagospodarowania parku

Na podstawie informacji uzyskanych w trakcie badań opracowano zestaw wytycznych i zaleceń mających na celu poprawę jakości środowiska dźwiękowego parku, zawierający wskazówki dotyczące z jednej strony uzupełnienia nasadzeń oraz interwencji umożliwiających polepszenie zagospodarowania parku pod względem tłumienia hałasu, z drugiej zaś — wygenerowania dźwięków pozytywnych.

PRZEGLĄD LITERATURY

Badania nad krajobrazem dźwiękowym na świecie skupiają się na obserwacji i analizie jakości dźwięku w różnych środowiskach, w tym miejskim, wiejskim i naturalnym (Ulrich i in., 1991; Jennings i Cain, 2013; Zhang, Kang i Kang, 2017; Zhao, Xu i Ye, 2018; Shu i Ma, 2020; Ratcliffe, 2021). Jednym z czołowych ośrodków badawczych w dziedzinie krajobrazu dźwiękowego jest World Forum for Acoustic Ecology (Światowe Forum Ekologii Akustycznej), które zostało założone w 1993 roku. Organizacja ta zajmuje się badaniem wpływu dźwięku na ludzkie zdrowie i dobre samopoczucie oraz propagowaniem metod zapobiegania hałasowi, a także poprawy jakości dźwięku. Na przykład we Francji przeprowadzono psycholingwistyczną analizę dźwięków w celu zidentyfikowania semantycznych kategorii dźwięków środowiskowych i nadania odpowiednich kryteriów jakości dźwięku dla miejskich krajobrazów dźwiękowych (Guastavino, 2006). Ocenę krajobrazu dźwiękowego pod względem reakcji odbiorców i wpływu dźwięków w kontekście sytuacji stresogennych przeprowadzili Annerstedt i in. (2013).

Przykładem badań nad krajobrazem dźwiękowym jest projekt Hush City Mobile Lab, prowa-

dzony przez Uniwersytet Techniczny w Berlinie. Projekt ten koncentruje się na badaniu krajobrazów dźwiękowych w miastach i wykorzystuje narzędzia cyfrowe, jakimi są aplikacje mobilne, aby zbierać dane od mieszkańców na temat hałasu w ich otoczeniu (Radicchi i Vida, 2018). W Stanach Zjednoczonych amerykańska Agencja Ochrony Środowiska prowadzi program badawczy na temat wpływu hałasu na zdrowie i samopoczucie ludzi, z uwzględnieniem takich dolegliwości jak nadciśnienie, problemy ze snem i stres. W Europie organizacje typu Forum Krajobrazu Dźwiękowego czy European Acoustics Association również odnoszą się w badaniach do wpływu hałasu na zdrowie i jakość życia ludzi, a także opracowują strategie i narzędzia do poprawy jakości krajobrazu dźwiękowego.

Badania wykazały, że odbiorcy preferują naturalne dźwięki i postrzegają je jako przyjemne. Aletta i Kang (2019) zwrócili uwagę na pozytywny wpływ terenów zieleni na krajobraz dźwiękowy, w tym obecność śpiewu ptaków i szumu wiatru wśród drzew. Guastavino (2006) przeprowadził badanie idealnego miejskiego pejzażu dźwiękowego i stwierdził, że obecność dźwięków natury znacząco przyczyniła się do polepszenia odbioru krajobrazu miasta.

Z przeprowadzonych badań wynika również, że zieleń może mieć korzystny wpływ na redukcję hałasu. Na przykład drzewa rosnące wzdłuż ruchliwych dróg mogą pomóc w zmniejszeniu hałasu o około 50%, a zieleń w parkach lub wokół budynków mieszkalnych może pomóc w redukcji hałasu nawet o 8–10 dB. Dlatego też zieleń jest często wykorzystywana jako jedna z metod walki z zanieczyszczeniem akustycznym (Farina, 2019; Kang i in., 2023). Zasadzenie drzew i krzewów wzdłuż ulic i wokół budynków mieszkalnych, a także tworzenie parków i ogrodów czy zielonych ścian może pomóc w redukcji hałasu, co wpływa pozytywnie na jakość życia w miastach (Steele i in., 2016; Oquendo-Di Cosola, Olivieri i Ruiz-García, 2022). Zieleń w parkach może odgrywać istotną rolę w tłumieniu hałasu w środowisku miejskim (Lacasta i in., 2016). Parki są przede wszystkim miejscami, w których w naturalny sposób występuje roślinność, w tym drzewa, krzewy i trawy, które mogą działać jako naturalne bariery akustyczne, jeśli nasadzenia są odpowiednio gęste i zwarte (Yang i in., 2010). Roślinność ta może pochłaniać dźwięki (Wong i in., 2010), co przyczynia się do tłumienia hałasu w parkach oraz ich okolicach. Jak wynika z badań Nilsson i Berglund (2006) w Szwecji co najmniej 80% osób odwiedzających tzw. „obszary ciche”, w tym parki podmiejskie i miejskie, powinno oceniać środowisko akustyczne jako dobre, przy hałasie ulicznym nie przekraczającym 50 dB.

Ponadto parki są często położone w strategicznych miejscach, centrach miast czy na przykład w pobliżu ruchliwych ulic. W takich przypadkach parki mogą działać jako naturalne ekrany, które blokują dźwięki z zewnątrz i zapobiegają ich rozprzestrzenianiu się w otoczeniu. Warto również zauważyć, że parki to przestrzenie publiczne, które często są otwarte i dostępne dla wszystkich mieszkańców miasta. Dzięki temu ludzie mogą korzystać z parków jako miejsc do wypoczynku, relaksu i rekreacji, co pomaga w zmniejszeniu stresu i poprawieniu samopoczucia osób narażonych na hałas w środowisku miejskim (Lercher i in., 2016; Bild i in., 2018).

Oprócz tłumienia hałasu parki generują dźwięki pozytywne, jak na przykład śpiew ptaków, szum drzew i traw, szelest liści, szum wody w rzekach, fontannach czy instalacjach dźwiękowych. Dźwięki te odbierane są przez użytkowników. Odnotowano też powiązania pomiędzy pozytywnym odbiorem pejzażu dźwiękowego a wizualną percepcją zieleni (Marry i Defrance, 2013).

2. OBSZAR BADAŃ

Obszar badań dotyczy parku Centralnego (tab. 2) położonego w Olsztynie w województwie warmińsko-mazurskim (il. 3). Wybrany park objęty jest miejscowym planem zagospodarowania przestrzennego Olsztyna (Uchwała Nr XXX/371/08 Rady Miejskiej Olsztyna z dnia 27 sierpnia 2008 r.).

Wyboru parku do analiz dokonano na podstawie:

- powierzchni parku — jeden z największych parków w mieście,
- lokalizacji — ściśle centrum miasta,
- dostępności — teren ogólnodostępny i często odwiedzany przez mieszkańców,
- źródeł hałasu — transport jako główne źródło hałasu, zwłaszcza na granicy parku,
- programu funkcjonalnego — ze względu na różnorodny program.

Analizowany park jest ogólnodostępny przez cały rok. Struktura szaty roślinnej opiera się na nasadzeniach drzew i krzewów oraz dużych fragmentach trawników wraz z roślinnością niską.

3. WYNIKI BADAŃ

Wyniki pomiarów hałasu w okresach bezlistnym i ulistnionym

Badania przeprowadzono w 32 punktach pomiarowych. W wyniku pomiarów hałasu w okresie bezlistnym wskazano, że najniższe natężenie dźwięków występowało w punkcie 23 (30,7 dB), natomiast najwyższe wartości odczytano w punkcie 25 (58 dB).

Tab. 2. Podstawowa charakterystyka parku Centralnego. Opracowanie własne.

Cecha	Informacje szczegółowe
Lokalizacja na tle miasta	Ścisłe centrum miasta
Obszar parku [ha]	13,0
Formy zieleni	Starodrzew, duże powierzchnie trawników, krzewy i byliny (na nowo projektowanych terenach).
Stylistyka i elementy charakterystyczne	Styl krajobrazowy z nowoczesnymi elementami, plac zabaw, cztery mostki, pomost kajakowy, fontanna, ścieżki rowerowe/pieszne, mini amfiteatr.

Średnia z pomiarów w okresie bezlistnym na terenie parku Centralnego wynosi 45,6 dB. W okresie ulistnionym najcichszy punkt to 23 (29,7 dB), a najgłośniejsze punkty to 3 i 7 (51 dB). Średnia pomiarów wynosi 42,9 dB (il. 4). Głównym źródłem hałasu w obu okresach jest sieć komunikacyjna, która otacza park. Badania z okresu ulistnionego wskazują, że poziom hałasu zmniejszył się przy ulicy 22 Stycznia oraz przy Muzeum Nowoczesności. Wzrosło natomiast natężenie dźwięków od ulicy Niepodległości (punkty 6, 7, 8) oraz w centrum — w związku z uruchomieniem fontann (punkty 15 i 16). Najspokojniejsze miejsce w obu przypadkach znajdowało się wśród drzewostanów i krzewów otoczonych skarpą w północnej części parku (punkty 22 i 23).

Analizując zmiany krajobrazu dźwiękowego, jakie zaszły w okresach bezlistnym i ulistnionym, zauważono, że głównym źródłem hałasu była komunikacja. Obszary charakteryzujące się dźwiękami generowanymi naturalnie (śpiew ptaków, szum traw i liści) oraz sztucznie (szum wody w fontannach) jednogłośnie oceniono pozytywnie. W okresie ulistnionym wpływ komunikacji na krajobraz dźwiękowy nieznacznie się zmniejszył. Zwiększyła się emisja dźwięków związanych z użytkowaniem parku (wzrost liczby odwiedzających, uruchomienie fontann). Graficzne przedstawienie wyników znajduje się na mapach (il. 5).

Analiza wybranych punktów charakterystycznych

Pozytywne dźwięki generują fontanny i drzewa (tab. 3). W krajobrazie dźwięków kościelnych oceniany jest bardzo pozytywnie. Park Centralny

Tab. 3. Charakterystyka struktury dźwięku w parkach. Opracowanie własne.

Rodzaj dźwięków	Informacje szczegółowe
Dźwięki tła	Pozytywne — szum traw i wiatru, Negatywne — ruch samochodowy
Charakterystyczne dźwięki w okresie bezlistnym	Piesi, ruch samochodowy, prace sezonowe
Charakterystyczne dźwięki w okresie ulistnionym	Szeleszczące liście (harmonijny dźwięk), fontanna
Stały zestaw dźwięków	Piesi, świergot ptaków, dzwony kościelne, ruch samochodowy

charakteryzuje się bogatym programem użytkowym, co przyciąga wielu użytkowników. Na atrakcyjność miejsca wpływa również położenie w centrum miasta (sąsiedztwo Starego Miasta). Z tego powodu odgłosy antropologiczne (przechodnie, rowerzyści, dzieci bawiące się na placu zabaw itp.) mają ogromny wpływ na krajobraz dźwiękowy parku. Hałas komunikacyjny jest jednak tylko fragmentami tłumiony przez skarpy i grupy drzew oraz krzewów.

Wyniki spaceru dźwiękowego z użytkownikami parku

Rezultaty badania empirycznego przeprowadzonego z udziałem użytkowników parku zaprezentowano na mapie (il. 6). Należy zauważyć, że na podstawie przeprowadzonego spaceru dźwiękowego, użytkownicy parku jako najatrakcyjniejsze pod względem wrażeń dźwiękowych wskazują miejsca wewnątrz obszaru. Przyjemne odczucia potęguje bezpośrednie sąsiedztwo zbiornika wodnego (rzeka Łyna) oraz dźwięk fontanny. Użytkownicy, zwłaszcza osoby starsze, zwracali jednak uwagę na wzmożony hałas generowany przez bliskie sąsiedztwo obiektów zabawowych (punkty 3, 15, 28, 31). Granice parku — północna (punkty 20, 21, 24, 25) i południowa (punkty 6, 7, 8, 10) — które sąsiadują bezpośrednio z ruchliwymi ulicami, są wskazywane jako najgłośniejsze i nieprzyjemne z punktu widzenia krajobrazu dźwiękowego.

Wytyczne i rekomendacje w kierunku przyszłego zagospodarowania parku

W celu poprawy jakości krajobrazu dźwiękowego sformułowano następujące wytyczne ogólne

dotyczące parku Centralnego oraz zieleni parkowej w Olsztynie:

- zwiększenie zagęszczenia drzew i krzewów na obrzeżach parku o gatunki iglaste i liściaste, w tym odmiany zgodne z siedliskiem, o dużym potencjale izolacyjnym,
- zakaz umieszczania reklam dźwiękowych w pobliżu parku i na jego terenie,
- identyfikacja miejsc cennych pod względem akustycznym,
- projektowanie akustyczne, w tym odtworzenie audiosfery parku, wyeksponowanie wartościowych dźwięków, wprowadzenie zieleni wertykalnej,
- zaproponowanie działań prospołecznych i edukacyjnych typu: dźwiękowe spaceru, ścieżki edukacyjne, instalacje przestrzenne itp.,
- stworzenie akustycznej karty parku,
- monitorowanie jakości krajobrazu dźwiękowego.

Wyniki analiz wskazują na konieczność przeprojektowania parku w określonych miejscach. Związane jest to z większym natężeniem hałasu oraz brakiem tzw. dźwięków towarzyszących (pozytywnych). Na il. 7 została zobrazowana potrzeba uzupełnienia terenu zwartą roślinnością wysoką (drzewa) z towarzyszącą roślinnością średnią i niską (krzewy i byliny). Dodatkowym elementem interwencji jest zastosowanie traw, które wprowadzą dźwięki pozytywne (przy ruchu wiatru). W podobnym celu zaplanowano roślinność nadwodną.

4. PODSUMOWANIE

Celem badań nad krajobrazami dźwiękowymi jest najczęściej ocena akustycznych, a także typowanie dźwięków oraz analiza kontekstu ekologicznego i socjologicznego. Jak stwierdzono w niniejszym artykule, niezbędne jest staranne zaplanowanie i skuteczne działanie na rzecz zachowania i ochrony walorów krajobrazów dźwiękowych oraz — w razie konieczności — podjęcie działań minimalizujących szkodliwe skutki hałasu. Powinno to być realizowane również na poziomie planowania przestrzeni publicznych, w tym terenów zielonych oraz promowania projektów poprawiających pejzaż dźwiękowy miasta.

W pracy podkreślono wpływ przestrzeni parkowych na zdrowie mieszkańców, ze szczególnym uwzględnieniem roli zieleni w tłumieniu różnych źródeł hałasu. Zwrócono również uwagę na konieczność ochrony form roślinnych ze względu na to, że stanowią one cenną barierę przed hałasem. Wykazano także konieczność planowania nowych zwarłych form tam, gdzie ta bariera jest niewystarczająca.

Niniejsze opracowanie miało na celu ocenę krajobrazu dźwiękowego parku Centralnego w Olsztynie oraz wyznaczenie kierunków jego przeprojektowania, z naciskiem na redukcję hałasu i poprawę samopoczucia użytkowników. Kluczowe wnioski wyciągnięte z badań przedstawiono poniżej:

- 1) Struktura przestrzenna i funkcjonalna parku i jego otoczenia wykazuje bezpośredni związek z krajobrazem dźwiękowym, wpływając na samopoczucie użytkowników parku.
- 2) Pomiary poziomu ciśnienia akustycznego (SPL) przeprowadzone zarówno w okresie bezlistnym, jak i ulistnionym pokazały, że formy zieleni zdecydowanie w mniejszym stopniu przyczyniały się do tłumienia hałasu w okresie bezlistnym w porównaniu z okresem liściastym.
- 3) Wywiady z użytkownikami potwierdziły znaczne zagrożenie hałasem, szczególnie w bliskiej odległości od zewnętrznych granic parku.
- 4) Istnieje psychologiczny związek między wizualnym i dźwiękowym postrzeganiem parku, co odzwierciedlają wyniki przeprowadzonych wywiadów.

W badaniu zaproponowano włączenie analiz akustycznych do projektowania lub przeprojektowania terenów zielonych, zwłaszcza tych położonych w centrum miast, w celu poprawy samopoczucia użytkowników oraz rekonfigurację określonych sekcji w istniejących parkach.

REFERENCES

Acoustic Map. Available at: <https://www.olsztyn.eu/urząd-miasta/aktualnosci/article/mapa-akustyczna.html> (accessed: 22.01.2023).

Aletta, F., Kang, J. (2019), 'Promoting Healthy and Supportive Acoustic Environments: Going beyond the Quietness', *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(24). Available at: <https://doi.org/10.3390/ijerph16244988> (accessed: 4.10.2023).

Aletta, F. et al. (2016), 'An Experimental Study on the Influence of Soundscapes on People's Behaviour in an Open Public Space', *Applied Sciences-Basel*, 6(910). Available at: <https://doi.org/10.3390/app6100276> (accessed: 4.10.2023).

Aletta, F., Oberman, T., Kang, J. (2018a), 'Associations between Positive Health-Related Effects and Soundscapes Perceptual Constructs: A Systematic Review', *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(11). Available at: <https://doi.org/10.3390/ijerph15112392> (accessed: 4.10.2023).

Aletta, F., Oberman, T., Kang, J. (2018b), 'Positive Health-Related Effects of Perceiving Urban Soundscapes: A Systematic Review', *Lancet*, 392, S3. Available at: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)32044-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)32044-0) (accessed: 4.10.2023).

Alvarsson, J.J., Wiens, S., Nilsson, M.E. (2010), 'Stress Recovery during Exposure to Nature Sound and Environmental Noise', *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 7(3), pp. 1036–1046. Available at: <https://doi.org/10.3390%2Fijerph7031036> (accessed : 4.10.2023).

Annerstedt, M. et al. (2013), 'Inducing physiological stress recovery with sounds of nature in a virtual reality forest — Results from a pilot study', *Physiology & Behavior*, 118, pp. 240–250. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2013.05.023> (accessed: 4.10.2023).

Axelsson, Ö., Guastavino, C., Payne, S.R. (2019), 'Editorial: Soundscape Assessment', *Frontiers in Psychology*, 10. Available at: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.02514> (accessed: 4.10.2023).

Berglund, B., Nilsson, M.E. (2006), 'On a Tool for Measuring Soundscape Quality in Urban Residential Areas', *Acta Acustica united with Acustica*, 92, pp. 938–944. Available at: <https://www.ingentaconnect.com/content/dav/aaua/2006/00000092/00000006/art00012?crawler=true> (accessed: 4.10.2023).

Bernat, S. (2015), *Dźwięk w krajobrazie. Podejście geograficzne*, Lublin: Wydawnictwo UMCS.

Bernat, S. (ed.) (2008), *Dźwięk w krajobrazie jako przedmiot badań interdyscyplinarnych*, Lublin: Wydawnictwo UMCS, 14.

Bild, E. et al. (2018), 'Public Space Users' Soundscape Evaluations in Relation to their Activities. An Amsterdam-Based Study', *Frontiers in Psychology*, 9. Available at: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.01593> (accessed: 4.10.2023).

Cerwén, G. (2016), 'Urban Soundscapes: A Quasi-Experiment in Landscape Architecture', *Landscape Research*, 41, pp. 481–494. Available at: <http://dx.doi.org/10.1080/01426397.2015.1117062> (accessed: 4.10.2023).

Cerwén, G., Pedersen, E., Pálsdóttir, A.M. (2016), 'The Role of Soundscape in Nature-Based Rehabilitation: A Patient Perspective', *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 13(12). Available at: <https://doi.org/10.3390%2Fijerph13121229> (accessed: 4.10.2023).

Environmental Protection Law Act from 27 April 2001. J. Laws 2008, No. 25, Item 150. Available at: <https://esdac.jrc.ec.europa.eu> (accessed: 10.02.2023).

European Parliament and Council. Directive 2002/49/EC of the European Parliament and of the Council of 25 June 2002 Relating to the Assessment and Management of Environmental Noise; European Parliament and Council: Brussels, Belgium, 2002. Available at: <https://eur-lex.europa.eu> (accessed: 10.02.2023).

Farina, A. (2019), 'Ecoacoustics: A Quantitative Approach to Investigate the Ecological Role of Environmental Sounds', *Mathematics*, 7. Available at: <https://doi.org/10.3390/math7010021> (accessed: 4.10.2023).

Guastavino, C. (2006), 'The Ideal Urban Soundscape: Investigating the Sound Quality of French Cities', *Acta Acustica united with Acustica*, 92, pp. 945–951.

Jennings, P., Cain, R. (2013), 'A Framework for Improving Urban Soundscapes', *Applied Acoustics*, 74, pp. 293–299. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2011.12.003> (accessed: 4.10.2023).

- Jo, H.I., Jeon, J.Y. (2020), 'The influence of human behavioral characteristics on soundscape perception in urban parks: Subjective and observational approaches', *Landscape and Urban Planning*, 203. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2020.103890> (accessed: 4.10.2023).
- Kang, J. et al. (2016), 'Ten questions on the soundscapes of the built environment', *Building and Environment*, 108, pp. 284–294. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.08.011> (accessed: 4.10.2023).
- Kang, J. et al. (2023), 'Supportive soundscapes are crucial for sustainable environments', *Science of the Total Environment*, 855.
- Lacasta, A.M. et al. (2016), 'Acoustic evaluation of modular greenery noise barriers', *Urban Forestry & Urban Greening*, 20, pp. 172–179.
- Lercher, P. et al. (2015), 'Perceived Soundscapes and Health-Related Quality of Life, Context, Restoration, and Personal Characteristics' [in:] Kang, J., Schulte-Fortkamp, B. (eds.) *Soundscape and the Built Environment*, chapter: Nr 5, CRC Press, Taylor & Francis Group, 89–132.
- Liu, F. et al. (2022), 'Relationships between landscape characteristics and the restorative quality of soundscapes in urban blue spaces', *Applied Acoustics*, 189.
- Local Spatial Development Plan of Olsztyn. Resolution No. XXX/371/08 of the Olsztyn City Council of August 27, 2008. Available at: http://olsztyn.po.gov.pl/user-files/file/przetargi_2021/1_opr_dok/zalacznik_nr2_-_miejscowy_plan_zagospodarowania.pdf (accessed: 13.03.2023).
- Marry, S., Defrance, J. (2013), 'Analysis of the perception and representation of sonic public spaces through on site survey, acoustic indicators and in-depth interviews', *Applied Acoustics*, 74, 282–292.
- Małkowska, N. (2018), *Krajobraz dźwiękowy — analiza przestrzeni publicznych na przykładzie parków w Olsztynie*, Master thesis prepared in Department of Landscape Architecture, University of Warmia and Mazury in Olsztyn. Unpublished work.
- Meng, Q., Lee, P.J., Ma, H. (2022), 'Editorial: Sound Perception and the Well-Being of Vulnerable Groups', *Frontiers in Psychology*, 13. Available at: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.836946> (accessed: 4.10.2023).
- Nilsson, M.E., Berglund, B. (2006), 'Soundscape Quality in Suburban Green Areas and City Parks', *Acta Acustica united with Acustica*, 92, 903–911.
- Oquendo-Di Cosola, V., Olivieri, F., Ruiz-García, L. (2022), 'A systematic review of the impact of green walls on urban comfort: temperature reduction and noise attenuation', *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 162. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112463> (accessed: 4.10.2023).
- Ordinance of the Minister of the Environment of 14 June 2007 on the permissible noise levels in the environment. J. Laws 2014, item 112. Available at: <https://isap.sejm.gov.pl/isap.nsf/DocDetails.xsp?id=WDU20140000112> (accessed: 12.02.2023).
- Porteous, J.D., Mastin, J.F. (1985), 'Soundscape', *Journal of Architectural and Planning Research*, 2, pp. 169–186.
- Radicchi, A., Vida, J. (2018), 'Soundscape evaluation of urban social spaces. A comparative study: Berlin-Granada', *The Journal of the Acoustical Society of America*, 144.
- Raimbault, M., Dubois, D. (2005), 'Urban soundscapes: Experiences and knowledge', *Cities*, 22, pp. 339–350. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.cities.2005.05.003> (accessed: 4.10.2023).
- Ratcliffe, E. (2021), 'Sound and Soundscape in Restorative Natural Environments: A Narrative Literature Review', *Frontiers in Psychology*, 12. Available at: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.570563> (accessed: 4.10.2023).
- Rehan, R.M. (2016), 'The phonic identity of the city urban soundscape for sustainable spaces', *HBRC Journal*, 12, 337–349. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.hbrej.2014.12.005> (accessed: 4.10.2023).
- Schafer, R.M. (1982), *The Soundscape: Our Sonic Environment And The Tuning Of The World*, New York: Inner Traditions/Bear.
- Shu, S., Ma, H. (2020), 'Restorative effects of urban park soundscapes on children's psychophysiological stress', *Applied Acoustics*, 164. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2020.107293> (accessed: 4.10.2023).
- Southworth, M. (1969), 'The sonic environment of cities', *Environment and Behavior*, 1, pp. 49–70.
- Steele, D. et al. (2016), 'A Comparison of Soundscape Evaluation Methods in a Large Urban Park in Montreal', Proceedings of the 22nd International Congress on Acoustics.
- The European Acoustics Association. Available at: <https://euracoustics.org/about-aaa/> (accessed: 17.02.2023).
- Ulrich, R.S. et al. (1991), 'Stress recovery during exposure to natural and urban environments', *Journal of Environmental Psychology*, 11, pp. 201–230. Available at: [https://doi.org/10.1016/S0272-4944\(05\)80184-7](https://doi.org/10.1016/S0272-4944(05)80184-7) (accessed: 4.10.2023).
- Wong, N. H. et al. (2010), 'Acoustics evaluation of vertical greenery systems for building walls', *Building and Environment*, 45(2), pp. 411–420. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2009.06.017> (accessed: 4.10.2023).
- World Forum for Acoustic Ecology. Available at: <https://www.wfae.net/about.html> (accessed: 17.02.2023).
- Xie, H., Kang, J., Mills, G.H. (2009), 'Clinical review: The impact of noise on patients' sleep and the effectiveness of noise reduction strategies in intensive care units', *Critical Care*, 13. Available at: <https://doi.org/10.1186/cc7154> (accessed: 4.10.2023).
- Yang, F. et al. (2010), 'The Investigation of Noise Attenuation by Plants and the Corresponding Noise-Reducing Spectrum', *Journal of Environmental Health*, 72, pp. 8–15.
- Zhang, Y., Kang, J., Kang, J. (2017), 'Effects of Soundscape on the Environmental Restoration in Urban Natural Environments', *Noise Health*, 19, 65–72.
- Zhao, J.W., Xu, W.Y., Ye, L. (2018), 'Effects of auditory-visual combinations on perceived restorative potential of urban green space', *Applied Acoustics*, 141, 169–177.