

HONORATA KUJAWA-ŁOBACZEWSKA

Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Bydgoszczy

JERZY MACIEJCZYK

Liga Walki z Hałasem

TADEUSZ WSZOŁEK

Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica

Kontakt: honorata.kujawa-lobaczewska@wios.bydgoszcz.pl, biuro@wapl.pl, twszolek@agh.edu.pl

DOI: 10.5604/01377043.1218438

# Roczne rozkłady wartości dobowych poziomu hałasu w środowisku w wybranych punktach pomiarowych\*

Fot. Powerstrom/Bigstockphoto



W pracy zaprezentowano analizę rozkładu wartości wyników pomiarów i wskaźników zagrożenia hałasowego środowiska w wybranych długookresowych przedziałach czasowych. Wyniki i wnioski z tej analizy posłużą w następnych etapach badań do opracowania procedury pozwalającej na poprawny wybór lokalizacji punktu pomiarowego oraz okresu wykonywania pomiarów, zapewniający odpowiednio dokładne obliczenia wskaźnika  $L_{dwn}$  na podstawie niekompletnego zestawu danych, nieobejmującego wszystkich dni w roku. Rezultaty obliczeń przedstawiono na bazie wyników ciągłego monitoringu hałasu drogowego prowadzonego w 4 punktach w głównych miastach województwa kujawsko-pomorskiego, tj. Bydgoszczy, Toruniu, Włocławku i Grudziądzu.

*Słowa kluczowe: wskaźnik  $L_{dwn}$ , monitoring hałasu komunikacyjnego, hałas komunikacyjny*

## The daily environmental noise level descriptors distribution analysis at chosen measurement points

The analysis of distribution of traffic noise measurement results performed within the long time chosen periods and calculated noise level descriptors are presented in the paper. Results and conclusions of the analysis will be used in next steps of the researches for developing a procedure which should allow to choose a measurement point localization and a measurements period. The procedure should assure proper calculation of  $L_{dwn}$  noise level descriptor for an incomplete set of measurements days. The calculations are made on basis of long period traffic noise monitoring results. The monitoring was conducted in 4 points in the main towns of kujawsko-pomorskie voivodeship: Bydgoszcz, Toruń, Włocławek and Grudziądz. The calculations result are presented.

*Keywords: day Evening Night Sound Level,  $L_{den}$ , community noise equivalent level, CNEL, traffic noise, community noise monitoring*

## Wstęp

Wprowadzenie do polskiego prawa przepisów zawartych w dyrektywie 2002/49/WE Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie oceny i kontroli poziomu hałasu w środowisku, wymusiło konieczność modyfikacji dotychczas obowiązujących reguł oceny parametrów klimatu akustycznego środowiska, określających go wartości dopuszczalnych oraz sposobów ich estymacji [1].

W celu prowadzenia długookresowej polityki w zakresie ochrony środowiska przed hałasem, w szczególności sporządzania map akustycznych [2], o których mowa w art. 118 ust. 1 ustawy Prawo ochrony środowiska [3] oraz programów ochrony środowiska przed hałasem, o których mowa w art. 119 ust. 1 wymienionej ustawy, wyznacza się długookresowy średni poziom dźwięku A wyrażony w decybelach obejmujący całą dobę –  $L_{dwn}$  oraz porę nocy –  $L_n$ . Wskaźnik  $L_{dwn}$  wyznacza się w ciągu wszystkich dób w roku, z uwzględnieniem pory dnia, pory wieczoru oraz pory nocy. Wskaźnik  $L_n$  wyznacza się jedynie dla pory nocy.

W większości przypadków do wykonywania oceny klimatu akustycznego środowiska oraz obserwacji jego zmian, wykorzystywane są tzw. okresowe wyniki pomiarów [4], tj. nieobejmujące całego roku [5, 6, 7]. Na podstawie takich wyników pomiarów niemożliwe jest obliczenie wskaźnika  $L_{dwn}$  zgodne z definicją zawartą w rozporządzeniu Ministra Środowiska w sprawie sposobu ustalania wartości wskaźnika hałasu  $L_{dwn}$  [8].

\* Artykuł stanowi kontynuację problematyki podejmowanej w BP 5/2016 – numerze tematycznym, w całości poświęconym zagrożeniom wibroakustycznym w środowisku pracy. Okazją do jego wydania była XVII edycja Międzynarodowej Konferencji Zwalczania Hałasu „Noise Control”. Stąd specjalistyczny charakter tekstu, który prezentujemy.

W Katedrze Mechaniki i Wibroakustyki Akademii Górniczo-Hutniczej podjęto badania mające na celu opracowanie metody (algorytmu), która pozwoliłaby na taki wybór dni pomiarowych, żeby przy ograniczonej ich liczbie można było obliczyć wartość estymatora wskaźnika  $L_{dwn}$  z założoną dokładnością i przy założonym poziomie ufności. Podstawą do badań są wyniki pomiarów poziomu hałasu komunikacyjnego prowadzonych przez wiele lat w wielu punktach pomiarowych.

W pierwszym etapie pracy dokonano analizy danych z kilku punktów pomiarowych w celu stwierdzenia, czy w całym okresie pomiarowym rozkłady wartości uśrednionej w ciągu jednej doby poziomu hałasu są różne dla różnych punktów pomiarowych i czy zależą od położenia punktu pomiarowego (charakter drogi, specyfika otoczenia punktu pomiarowego) oraz charakterystyki ruchu pojazdów w pobliżu tego punktu (natężenie ruchu, ruch lokalny/ruch tranzytowy). W artykule opisano ten etap pracy i przedstawiono wnioski z niego płynące.

W następnych etapach badań będą analizowane korelacje między właściwościami rozkładów wartości poziomu hałasu komunikacyjnego uśrednionych dla jednej doby a charakterystykami punktu pomiarowego oraz wartością estymatora wskaźnika  $L_{dwn}$  wyliczonego dla danego punktu pomiarowego. Wyniki tych analiz powinny pozwolić na opracowanie algorytmu miarodajnego doboru okresu pomiarowego dla punktu pomiarowego o znanej charakterystyce, co jest celem całej pracy.

## Metodyka badań

W 2007 r., w ramach monitoringu hałasu komunikacyjnego, Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Bydgoszczy wprowadził ciągły, wielodobowy pomiar poziomu dźwięku w rejonie stacji monitoringu powietrza przy Placu Poznańskim w Bydgoszczy. Do analizy wykorzystane zostały dane pomiarowe z tego punktu z lat 2012-2015. Od 2013 r. ciągłe, wielodobowe pomiary hałasu komunikacyjnego prowadzone są również we Włocławku, a od 2014 r. – w Toruniu i Grudziądzu.

Stacje ciągłego monitorowania hałasu były usytuowane:

- w Bydgoszczy przy Placu Poznańskim (punkt pomiarowy nr 1 – PP1)
- we Włocławku przy ulicy Okrzei (punkt pomiarowy nr 2 – PP2)
- w Toruniu przy ulicy Przy Kaszowniku (punkt pomiarowy nr 3 – PP3)
- w Grudziądzu przy ulicy Piłsudskiego (punkt pomiarowy nr 4 – PP4).

Poniżej znajdują się dokładne opisy punktów pomiarowych.

### PP1 B DGOŚCZCZ – Plac Poznański

Typ urbanistyczny: miasto powyżej 250 tys. mieszkańców

Charakterystyka terenu: tereny strefy śródmiejskiej miast powyżej 100 tys. mieszkańców,

obszar w rejonie oddziaływania dróg krajowych nr 25 i 80

Opis terenu otaczającego:

- od strony północnej i wschodniej: zwarta zabudowa wielorodzinna
- od strony południowej: osiedle mieszkaniowe
- od strony zachodniej: obiekty handlowe

### PP2 WŁOCŁAWEK – ul. Okrzei

Typ urbanistyczny: miasto powyżej 100 tys. mieszkańców

Charakterystyka terenu: tereny w strefie śródmiejskiej miast powyżej 100 tys. mieszkańców, obszar oddziaływania drogi krajowej nr 1

Opis terenu otaczającego:

- od strony północnej: park i tereny rekreacyjne
- od strony południowej i wschodniej: mieszana zabudowa wielorodzinna
- od strony zachodniej: obszary przemysłowe i zwarta zabudowa jednorodzinna

### PP3 TORUŃ – ul. Przy Kaszowniku 17

Typ urbanistyczny: miasto powyżej 100 tys. mieszkańców

Charakterystyka terenu: tereny w strefie śródmiejskiej miast powyżej 100 tys. mieszkańców, obszar oddziaływania drogi krajowej nr 15

Opis terenu otaczającego:

- od strony północnej: droga krajowa nr 15 i mieszana zabudowa wielorodzinna
- od strony południowej: park i tereny rekreacyjne

### PP4 GRUDZIĄDZ – ul. Piłsudskiego

Typ urbanistyczny: miasto od 50-100 tys. mieszkańców

Charakterystyka terenu: tereny handlowo-mieszkaniowe, obszar w rejonie oddziaływania dróg krajowych nr 16 i 55

Opis terenu otaczającego: w otoczeniu stacji kilkukondygnacyjna zabudowa mieszkaniowa

We wszystkich punktach monitoringu był mierzony równoważny poziom dźwięku A w odciinkach jednorodzinnych ( $L_{Aeq,th}$ ).

Według rozporządzenia Ministra Środowiska w sprawie sposobu ustalania wartości wskaźnika hałasu  $L_{dwn}$  [8], wartość wskaźnika oblicza się według następującego wzoru:

$$L_{dwn} = 10 \log \left[ \frac{1}{24} (12 \cdot 10^{0,1L_D} + 4 \cdot 10^{0,1(L_w+5)} + 8 \cdot 10^{0,1(L_n+10)}) \right] \quad (1)$$

gdzie:

$L_{dwn}$  – oznacza długookresowy średni poziom dźwięku A wyrażony w decybelach (dB), wyznaczony w ciągu wszystkich dob w roku, z uwzględnieniem pory dnia (rozumianej jako przedział czasu od godz. 6.00 do godz. 18.00), pory wieczoru (rozumianej jako przedział czasu od godz. 18.00 do godz. 22.00) oraz pory nocy (rozumianej jako przedział czasu od godz. 22.00 do godz. 6.00),

$L_d$  – oznacza długookresowy średni poziom dźwięku A wyrażony w decybelach, wyznaczony w ciągu wszystkich dni w roku dla pory dnia (określonej jak wyżej),

$L_w$  – oznacza długookresowy średni poziom dźwięku A wyrażony w decybelach, wyznaczony w ciągu wszystkich dni w roku dla pory wieczoru (określonej jak wyżej),

$L_n$  – oznacza długookresowy średni poziom dźwięku A wyrażony w decybelach, wyznaczony w ciągu wszystkich dni w roku dla pory nocy (określonej jak wyżej).

Na potrzeby artykułu zdefiniowano nowy, jednodobowy wskaźnik –  $L_{dwn}$ , którego wartość oblicza się według wzoru analogicznego do wzoru (1):

$$L_{dwn} = 10 \log \left[ \frac{1}{24} (12 \cdot 10^{0,1L_d} + 4 \cdot 10^{0,1(L_w+5)} + 8 \cdot 10^{0,1(L_n+10)}) \right] \quad (2)$$

gdzie:

$L_{dwn}$  – oznacza jednodobowy wskaźnik hałasu wyrażony w decybelach

$L_d$  – oznacza średni poziom dźwięku A wyrażony w decybelach, wyznaczony w ciągu pory dnia danej doby,

$L_w$  – oznacza średni poziom dźwięku A wyrażony w decybelach, wyznaczony w ciągu pory wieczoru danej doby

$L_n$  – oznacza średni poziom dźwięku A wyrażony w decybelach, wyznaczony w ciągu pory nocy danej doby.

Wartości wskaźników  $L_d$ ,  $L_w$ ,  $L_n$  były obliczane w każdym dniu pomiarowym i w każdym punkcie pomiarowym. Otrzymano tabelaryczne rozkłady empiryczne wskaźnika  $L_{dwn}$ .

W celu ułatwienia analizy wyników obliczeń, dla każdego okresu pomiarowego i w każdym punkcie pomiarowym obliczono średnią wartość wskaźnika  $L_{dwn}$ , wariancję (wzór 4), współczynnik asymetrii rozkładu (wzór 5) i kurtozę (wzór 6) [11,12].

Średnią wartość wskaźnika  $L_{dwn}$  obliczano według wzoru (3):

$$\bar{L}_{dwn} = 10 \log \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{0,1L_{dwni}} \quad (3)$$

gdzie:

$N$  – liczba dni pomiarowych w danym roku

$L_{dwni}$  – wartość jednodobowego wskaźnika  $L_{dwn}$  dla i-tego dnia pomiarowego.

Wartości średniej  $\bar{L}_{dwn}$  jednodobowego wskaźnika  $L_{dwn}$  nie traktuje się jako estymatora wskaźnika  $L_{dwn}$ .

Współczynniki rozkładów wartości jednodobowego wskaźnika  $L_{dwn}$  obliczono według wzorów:

$$s_0^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (L_{dwni} - \bar{L}_{dwn})^2 \quad (4)$$

$$W_\alpha = \frac{N \sum_{i=1}^N (L_{dwni} - \bar{L}_{dwn})^3}{(N-1)(N-2)s_0^2} \quad (5)$$

$$W_k = \frac{N(N+1) \sum_{i=1}^N (L_{dwni} - \bar{L}_{dwn})^4}{(N-1)(N-2)(N-3)s_0^4} - \frac{3(N-1)^2}{(N-2)(N-3)} \quad (6)$$

gdzie:

$s_0^2$  – wariancja

$W_0$  – współczynnik asymetrii

$W_k$  – kurtoza

$N$  – liczba dni pomiarowych w danym okresie pomiarowym

$L_{dwni}$  – wartość jednodobowego wskaźnika  $L_{dwn}$  dla  $i$ -tego dnia pomiarowego

$\bar{L}_{dwn}$  – wartość średnia jednodobowego wskaźnika  $L_{dwn}$  w danym okresie pomiarowym.

### Wyniki badań

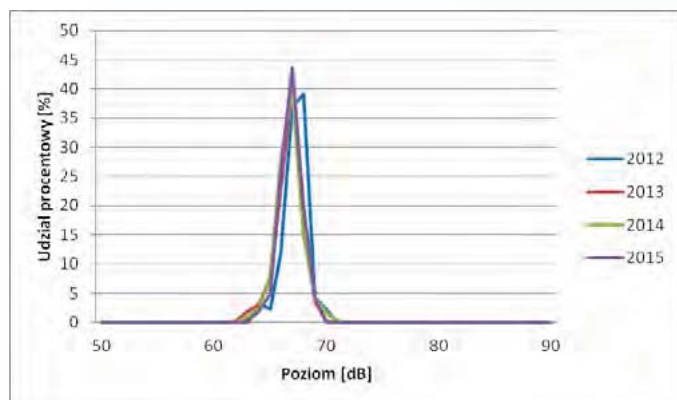
W odniesieniu do każdego punktu pomiarowego, dla poszczególnych lat określono rozkłady empiryczne wartości jednodobowego wskaźnika  $L_{dwn}$ . Poniżej przedstawiono te rozkłady w postaci wykresów (rys. 1 – 4.) a ich parametry w postaci tabel. Dla porównania rozkładów z różnych punktów pomiarowych na rys. 5. i w tabeli 5. przedstawiono dane z roku 2014 dla wszystkich punktów pomiarowych.

Na wykresie dotyczącym punktu pomiarowego PP1 widoczne jest duże podobieństwo rozkładów wartości wskaźnika  $L_{dwn}$  w poszczególnych latach. Potwierdzają to parametry rozkładu z poszczególnych okresów pomiarowych: prawie identyczne wartości średnie i niewielka, dodatnia wartość kurtozy. Można założyć, że jest to wynik charakteru otoczenia punktu pomiarowego i stabilna w ciągu całego okresu pomiarowego charakterystyka ruchu pojazdów.

Tabela 1. Wartości średnie i parametry rozkładów wartości wskaźnika  $L_{dwn}$  w punkcie pomiarowym PP1 w latach 2012-2015

Table 1. The mean values and the distribution parameters of the one day  $L_{den}$  values at the PP1 measurement point in years 2012-2015

Rok	Dni pom.	$L_{dwnsr}$ [dB]	Wariancja	Asymetria	Kurtoza
2012	92	66,8	1,075207	-0,74363	1,774587
2013	362	66,2	1,346159	-0,94697	1,864231
2014	365	66,2	1,320549	0,016769	1,384603
2015	365	66,4	0,891089	-0,38103	0,840064



Rys. 1. Rozkład wartości jednodobowego wskaźnika  $L_{dwn}$  w punkcie pomiarowym PP1, w latach 2012-2015

Fig. 1. The one day  $L_{den}$  values distribution at the PP1 measurement point in years 2012-2015

Dane dotyczące punktu pomiarowego PP 2 wykazują zmniejszenie wartości średniej oraz wariancji wskaźnika  $L_{dwn}$  w latach 2014 i 2015 w stosunku do lat 2012 i 2013. Dodatkowo można zauważyć znaczny wzrost wartości kurtozy w roku 2015. Punkt pomiarowy PP2 jest położony przy ulicy Okrzei we Włocławku (droga krajowa nr 91). W grudniu 2013 r. oddano do użytku odcinek autostrady A1 stanowiący obwodnicę Włocławka. Spowodowało to na ulicy Okrzei, do tego czasu trasie przelotowej, zmniejszenie natężenia ruchu (obniżenie wartości średniej wskaźnika  $L_{dwn}$ ) oraz charakterystyki strumienia pojazdów (zmiana parametrów rozkładu wartości wskaźnika  $L_{dwn}$ ). Z porównania wartości średnich wskaźnika  $L_{dwn}$  w latach 2014-2015 można wywnioskować, że po początkowym spadku natężenia ruchu w tym punkcie, w kolejnym roku nastąpił jego wzrost, choć do poziomu niższego niż przed zmianą organizacji ruchu.

Dane pomiarowe dla punktu PP3 charakteryzują się bardzo podobnymi wartościami średnimi wskaźnika  $L_{dwn}$ , znaczną wartością wariancji oraz kurtozy w obu okresach pomiarowych. Wartość współczynnika asymetrii ma przeciwne znaki, co może świadczyć o zmianie charakteru rozkładu. Przyczyną tego może być zmniejszenie w roku 2015 liczności dni pomiarowych z wyższą wartością wskaźnika  $L_{dwn}$ , co może wynikać ze zmiany charakterystyki ruchu w tym punkcie w kolejnych latach pomiarów.

Dane pomiarowe dla punktu PP4, podobnie jak dla punktu PP3 charakteryzują się bardzo podobnymi wartościami średnimi wskaźnika  $L_{dwn}$  oraz znaczną wartością wariancji. W tym przypadku wartość kurtozy w każdym z okresów pomiarowych ma przeciwne znaki, co może świadczyć o zmianie charakteru rozkładu. Przyczyną tego

może być zmiana charakterystyki ruchu w tym punkcie w kolejnych latach pomiarów.

W tabeli 5. dokonano porównania obliczonych parametrów w odniesieniu do wszystkich punktów pomiarowych, w których prowadzono pomiary w 2015 r. Rozkłady wartości wskaźnika  $L_{dwn}$  przedstawiono w postaci wykresów (rys. 5.).

Zestawienie wyników pomiarów z jednego roku, odnośnie do wszystkich punktów pomiarowych pokazuje różnice w rozkładach wartości wskaźnika  $L_{dwn}$  w różnych punktach. Parametry rozkładów: wartość średnia, wariancja, współczynnik asymetrii, kurtoza mają zauważalnie różne wartości dla różnych punktów pomiarowych. Można zauważyć pewne podobieństwo rozkładów dla punktów PP1 i PP2 (niewielkie różnice wartości średniej i wariancji) oraz dla punktów PP3 i PP4 (znaczna różnica wartości średnich ale podobne wartości pozostałych parametrów rozkładów).

Badanie zależności między charakterystyką punktu pomiarowego: położenie, otoczenie, rozkład natężenia ruchu, a rozkładem wartości wskaźnika  $L_{dwn}$  i jego parametrami będą przedmiotem kolejnych etapów pracy.

### Podsumowanie i wnioski

Na podstawie wykorzystanych w tym etapie pracy wyników pomiarów i ich analizy można wysnuć następujące wnioski:

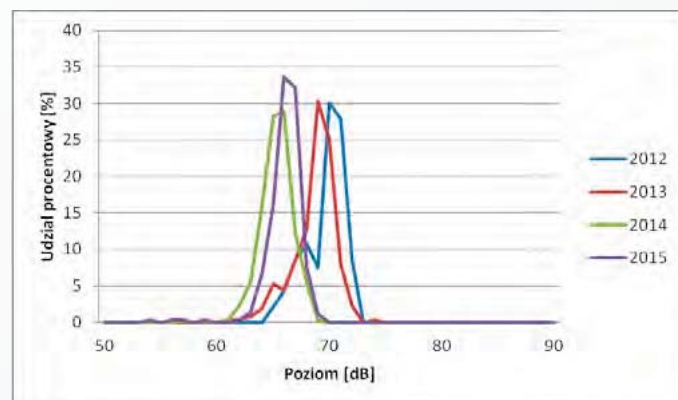
1. Rozkłady wartości wskaźnika  $L_{dwn}$  w odniesieniu do jednego punktu pomiarowego mają bardzo zbliżony charakter w różnych latach pomiarów, zarówno jeśli chodzi o sam rozkład wartości, jak i parametry liczbowe rozkładu.

2. Porównanie rozkładów pochodzących z różnych punktów pomiarowych pokazuje,

Tabela 2. Wartości średnie i parametry rozkładów wartości wskaźnika  $L_{dwn}$  w punkcie pomiarowym PP2 w latach 2012-2015

Table 2. The mean values and the distribution parameters of the one day  $L_{den}$  values at the PP2 measurement point in years 2012-2015

Rok	Dni pom.	$L_{dwnsr}$ [dB]	Wariancja	Asymetria	Kurtoza
2012	93	69,2	2,989305	-1,00946	0,522572
2013	363	68,2	3,395505	-0,97095	1,187404
2014	364	64,8	1,986634	-0,82369	3,579754
2015	359	65,6	1,948376	-2,58878	15,25596



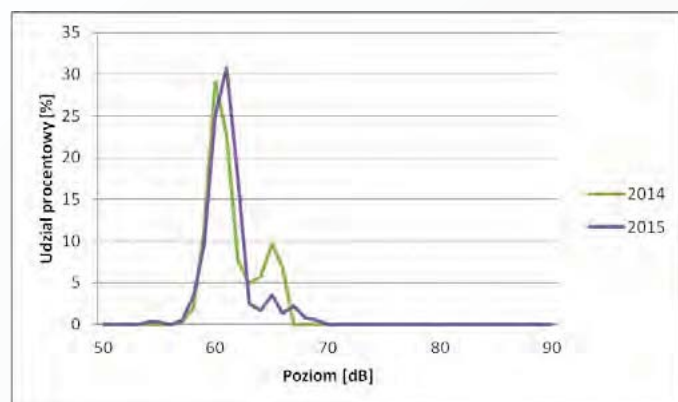
Rys. 2. Rozkład wartości jednodobowego wskaźnika  $L_{dwn}$  w punkcie pomiarowym PP2, w latach 2012-2015

Fig. 2. The one day  $L_{den}$  values distribution at the PP2 measurement point in years 2012-2015

Tabela 3. Wartości średnie i parametry rozkładów wartości wskaźnika  $L_{dwn}$  w punkcie pomiarowym PP3 w latach 2014-2015

Table 3. The mean values and the distribution parameters of the one day  $L_{dwn}$  values at the PP3 measurement point in years 2014-2015

Rok	Dni pom.	$L_{dwnsr}$ [dB]	Wariancja	Asymetria	Kurtoza
2014	365	60,9	5,521429	-0,72088	9,486926
2015	363	60,6	4,345072	0,781537	4,367185



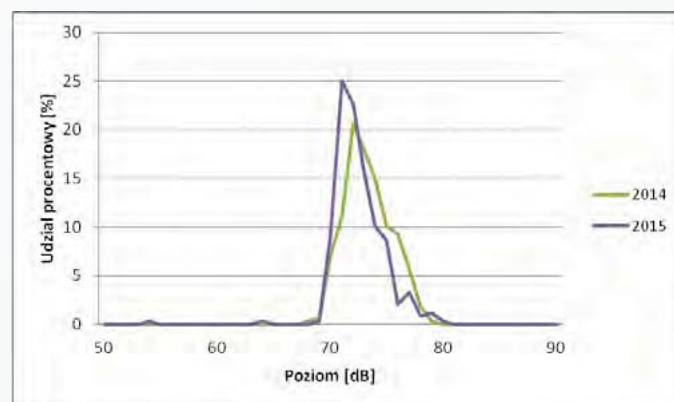
Rys. 3. Rozkład wartości jednodobowego wskaźnika  $L_{dwn}$  w punkcie pomiarowym PP3 w latach 2014-2015

Fig. 3. The one day  $L_{dwn}$  values distribution at the PP3 measurement point in years 2014-2015

Tabela 4. Wartości średnie i parametry rozkładów wartości wskaźnika  $L_{dwn}$  w punkcie pomiarowym PP4 w latach 2014-2015

Table 4. The mean values and the distribution parameters of the one day  $L_{dwn}$  values at the PP4 measurement point in years 2014-2015

Rok	Dni pom.	$L_{dwnsr}$ [dB]	Wariancja	Asymetria	Kurtoza
2014	334	72,8	4,208235	0,361675	-0,35617
2015	335	72,0	4,163446	0,793212	2,023453



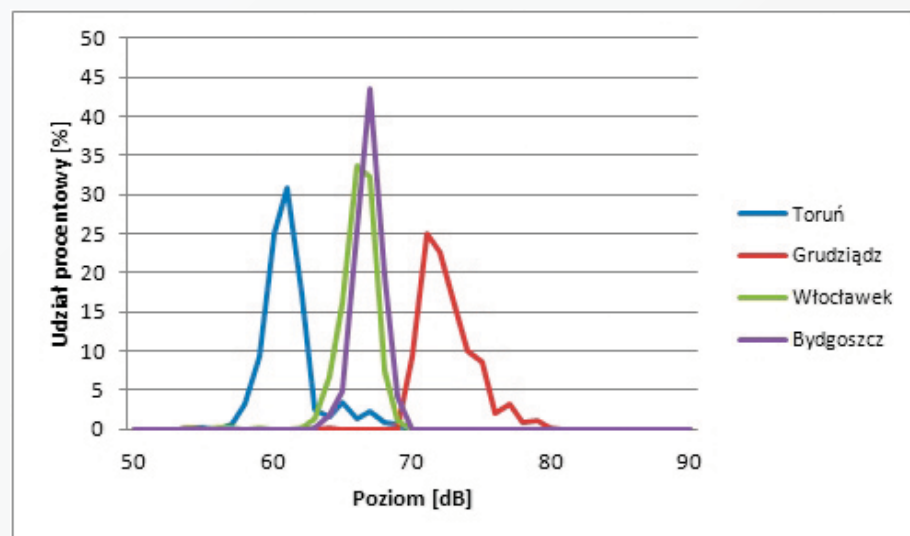
Rys. 4. Rozkład wartości jednodobowego wskaźnika  $L_{dwn}$  w punkcie pomiarowym PP4 w latach 2014-2015

Fig. 4. The one day  $L_{dwn}$  values distribution at the PP4 measurement point in years 2014-2015

Tabela 5. Wartości średnie i parametry rozkładów wartości wskaźnika  $L_{dwn}$  w 2015 r. we wszystkich punktach pomiarowych

Table 5. The mean values and the distribution parameters of the one day  $L_{dwn}$  values at all measurement points in year 2015

Punkt Pom.	Dni pom.	$L_{dwnsr}$ [dB]	Wariancja	Asymetria	Kurtoza
PP 1	365	66,2	1,320549	0,016769	1,384603
PP 2	364	64,8	1,986634	-0,82369	3,579754
PP 3	364	61,0	4,589578	0,762909	-0,57098
PP 4	334	72,8	4,208235	0,361675	-0,35617



Rys. 5. Rozkłady wartości jednodobowego wskaźnika  $L_{dwn}$  w 2015 r. w różnych punktach pomiarowych

Fig. 5. The one day  $L_{dwn}$  values distribution at all measurement points in year 2015

że rozkład wartości jednodobowego wskaźnika  $L_{dwn}$  jest charakterystyczny dla lokalizacji punktu pomiarowego oraz specyfiki ruchu pojazdów w jego otoczeniu.

Wnioski te potwierdzają tezę pierwszego etapu pracy: rozkład wartości jednodobowego wskaźnika  $L_{dwn}$  oraz parametry rozkładu mają związek z charakterem lokalizacji punktu pomiarowego. Na tej podstawie, za pomocą opracowa-

nego mechanizmu obróbki danych, można będzie prowadzić kolejne etapy badań. W następnych etapach pracy będą badane zależności rozkładu wartości jednodobowego wskaźnika  $L_{dwn}$  od doboru liczby dni pomiarowych i okresu wykonywania pomiarów (dni tygodnia, pory roku).

Celem końcowym pracy jest znalezienie algorytmu optymalnego doboru lokalizacji punktu pomiarowego i okresu pomiarów. Algorytm

ma zapewnić obliczenie z założoną dokładnością wartości estymatora wskaźnika  $L_{dwn}$  na podstawie danych pomiarowych z wybranego okresu nie obejmującego pełnego roku.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] Dyrektywa 2002/49/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 25 czerwca 2002 r. odnosząca się do oceny i zarządzania poziomem hałasu w środowisku (Dz.U. WE L 189 z dnia 18 lipca 2002 r.)
- [2] Wytyczne opracowywania map akustycznych, GIOŚ, Warszawa 2011
- [3] Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska (Dz.U. z 2008 r. Nr 25, poz. 150 z późn. zm.)
- [4] Rozporządzenie Ministra Środowiska z 16 czerwca 2011 r. w sprawie wymagań w zakresie prowadzenia pomiarów poziomów w środowisku substancji lub energii przez zarządzającego drogą, linią kolejową, linią tramwajową, lotniskiem lub portem (Dz.U. 2011 r. Nr 140, poz. 824, ze zm.)
- [5] Raport o stanie środowiska województwa kujawsko-pomorskiego w 2012, WIOŚ, BMS, Bydgoszcz 2013
- [6] Raport o stanie środowiska województwa kujawsko-pomorskiego w 2013, WIOŚ, BMS, Bydgoszcz 2014
- [7] Raport o stanie środowiska województwa kujawsko-pomorskiego w 2014, WIOŚ, BMS, Bydgoszcz 2015
- [8] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 10 listopada 2010 r. w sprawie sposobu ustalania wartości wskaźnika hałasu  $L_{dwn}$  (Dz.U. z 2010 r. Nr 215 poz. 1414)
- [9] Przysucha B., Batko W., Pawlik P., Szeląg A. *Rozkłady prawdopodobieństwa długookresowych wskaźników hałasu w ciągłym monitoringu ruchu drogowego. Postępy akustyki* s.369-380, Polskie Towarzystwo Akustyczne, Oddział we Wrocławiu 2015
- [10] Przysucha B., Batko W. *Analiza statystyczna wyników pomiarów poziomów hałasu w ruchu drogowym*. Książka streszczeń XLI Ogólnopolskie Sympozjum Diagnostyka Maszyn, str. 32, Wisła 2014
- [11] Gestenkorn T., Śródka T. *Kombinatoryka i rachunek prawdopodobieństwa*. Wyd. 5. PWN, Warszawa 1979
- [12] Klonecki W. *Statystyka dla inżynierów*. PWN, Warszawa 1999