



# NTL - M. Kirpluk

ochrona przed **HAŁAS**em

mgr Mikołaj Kirpluk

0 - 502 216620

[www.ntlmk.com](http://www.ntlmk.com)




# NIEPEWNOŚĆ W POMIARACH POZIOMU DŹWIĘKU

Wskaźniki krótkookresowe:

- średni poziom dźwięku (RMS LEQ),
- maksymalny poziom dźwięku (RMS MAX),
- szczytowy poziom dźwięku (Peak)

Wskaźniki dobowe:

- $L_{D16h}$ ,  $L_{N8h}$ ,  $L_{DWN}$


$$P \left\{ X \in \underbrace{\left( E(X) - U_{R,95}^-, E(X) + U_{R,95}^+ \right)}_{\text{przedział niepewności}} \right\} = 95\%$$

### niepewność typu A - $U_A$

możemy ją określać metodami statystyki matematycznej - **obliczać!**,

wyniki pomiarów są traktowanych jako zmienne losowe:

- niezależne,
- powtarzalne,
- pomiar nie wpływa na wynik.

**Średnia arytmetyczna** to wartość oczekiwana zmiennej losowej dyskretnej o jednakowych prawdopodobieństwach dla skończonej liczby możliwych wartości:

$$E(X) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$$

Dla średniej arytmetycznej **wariancja** (lub **średnie odchylenie kwadratowe** lub **średni błąd kwadratowy**):

$$D^2(X) = E(X^2) - [E(X)]^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i^2 - \left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \right)^2 = (\dots) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [X_i - E(X)]^2$$

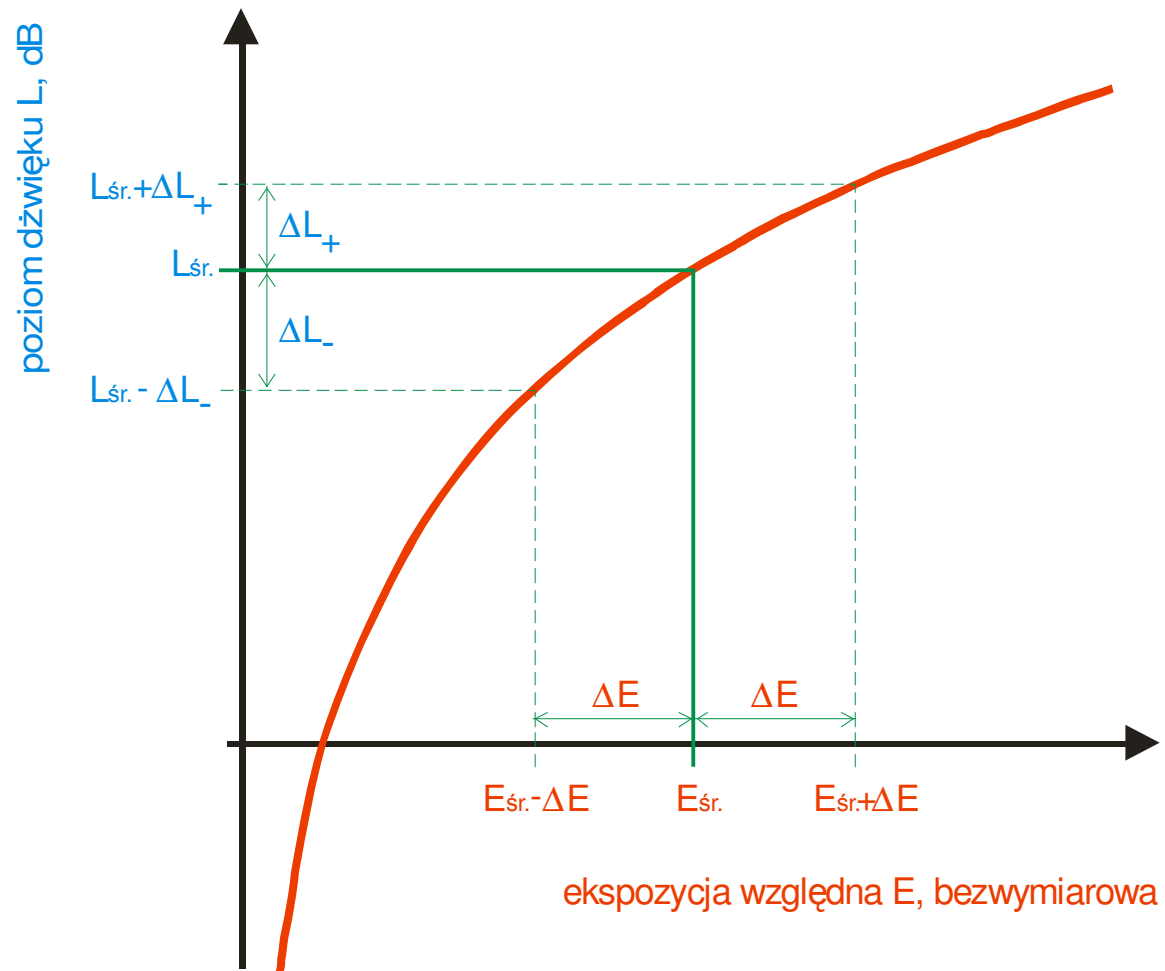
pierwiastek kwadratowy z wariancji to:

- średnia kwadratowa odchylenia, **odchylenie standardowe** (w populacji) lub **dyspersja**.

## Poziom dźwięku nie jest wielkością fizyczną

- jest umowną reprezentacją wielkości fizycznej przy wykorzystaniu funkcji logarytmicznej ze wszelkimi tego konsekwencjami:

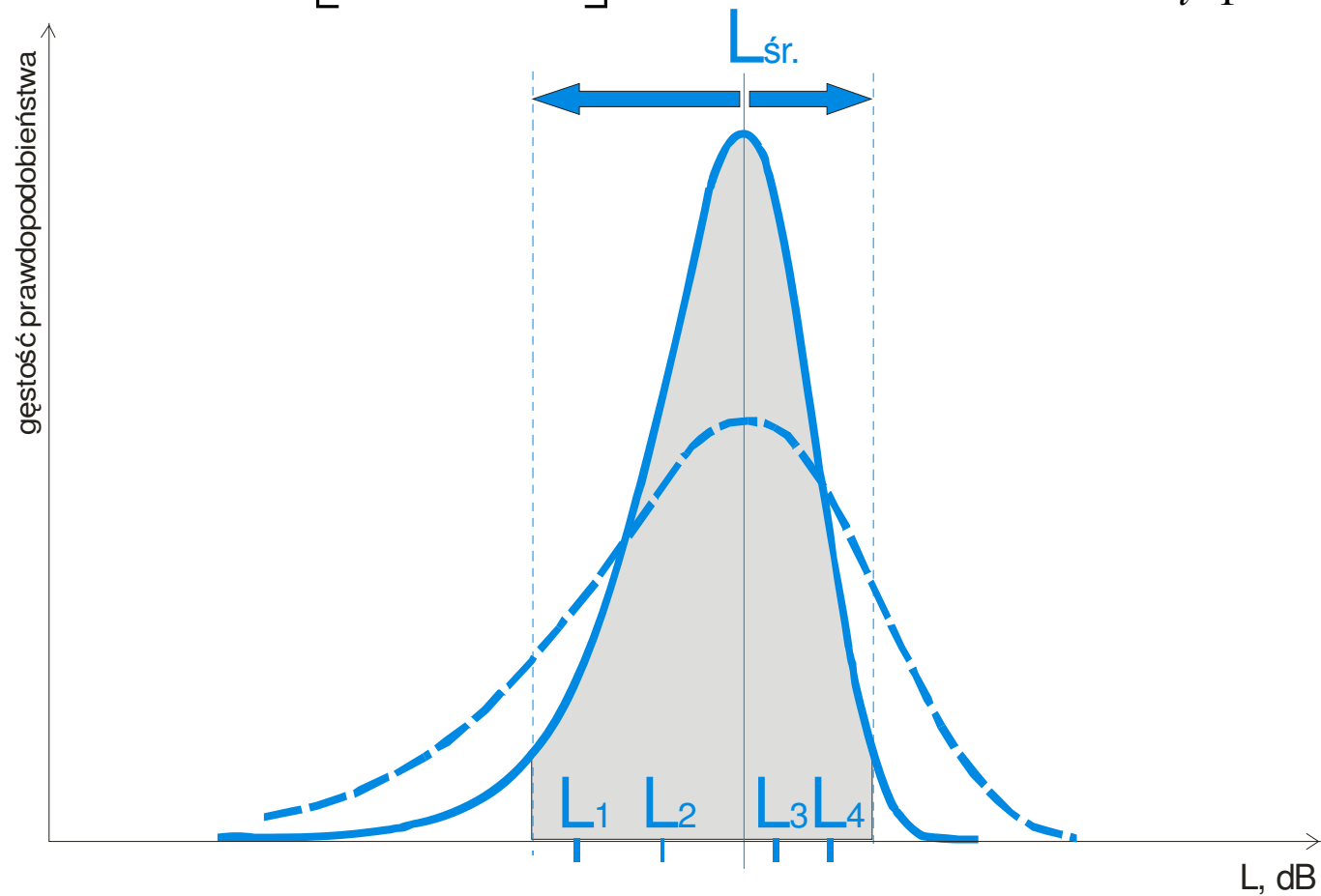
- **nie jest addytywny** - nie dodaje się algebraicznie - sumowanie poziomów polega na sumowaniu energii („suma logarytmiczna” poziomów),
- **różnica poziomów jest krotnością** - jest to różnica logarytmów! - i chociaż jest stosowana jako wskaźnik skuteczności akustycznej (np. dźwiękoizolacyjności, wyciszenia), to liczenie „wariancji” na różnicach poziomów nie ma sensu fizycznego,
- **poziom dźwięku nie reprezentuje wartości „zerowej”** - odpowiadającej braku emisji energii (wartość poziomu dąży do  $-\infty$ ).



$$[E_{\text{śr.} - \Delta E}, E_{\text{śr.} + \Delta E}] \Rightarrow [10\log_{10}(E_{\text{śr.} - \Delta E}), 10\log_{10}(E_{\text{śr.} + \Delta E})]$$

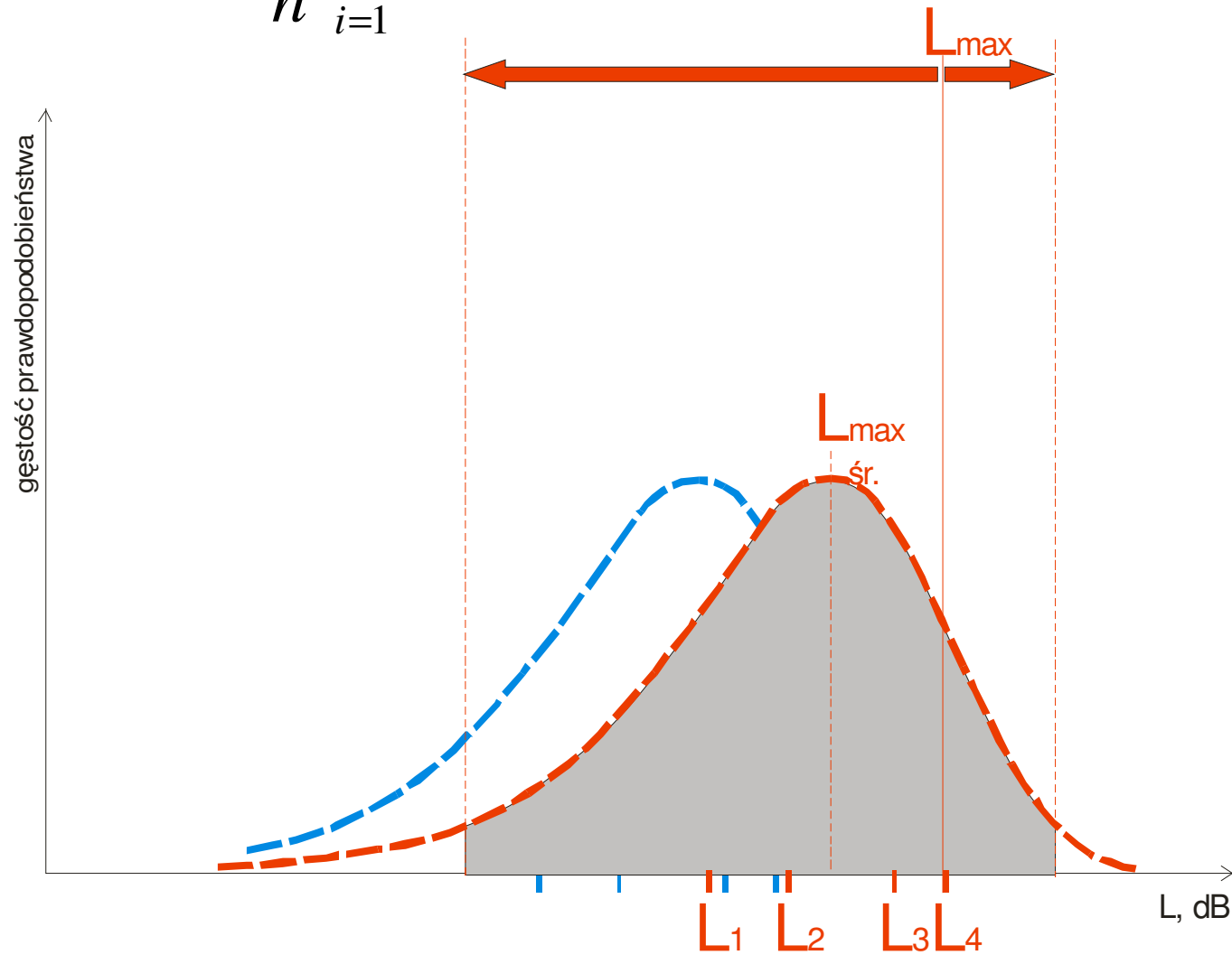
## Poziom średni (energetyczna średnia arytmetyczna)

$$L_{\text{śr.}} = 10 \cdot \log_{10} \left[ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{\frac{L_i}{10}} \right] \quad \longrightarrow \quad E_{\text{śr.}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n E_i$$



## Poziom maksymalny (RMS)

$$\rightarrow E_{\acute{s}r.} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n E_i$$



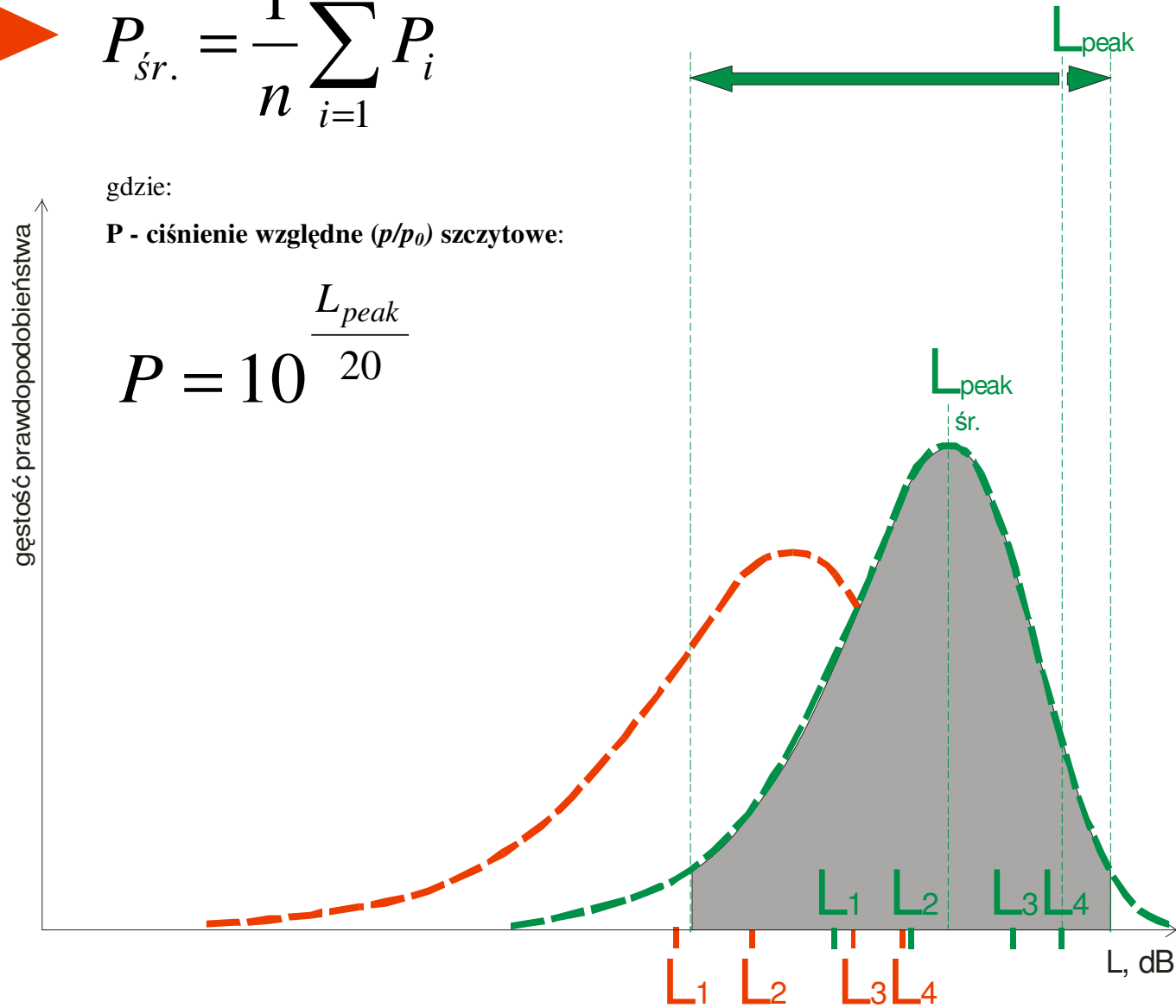
# Poziom szczytowy (Peak)

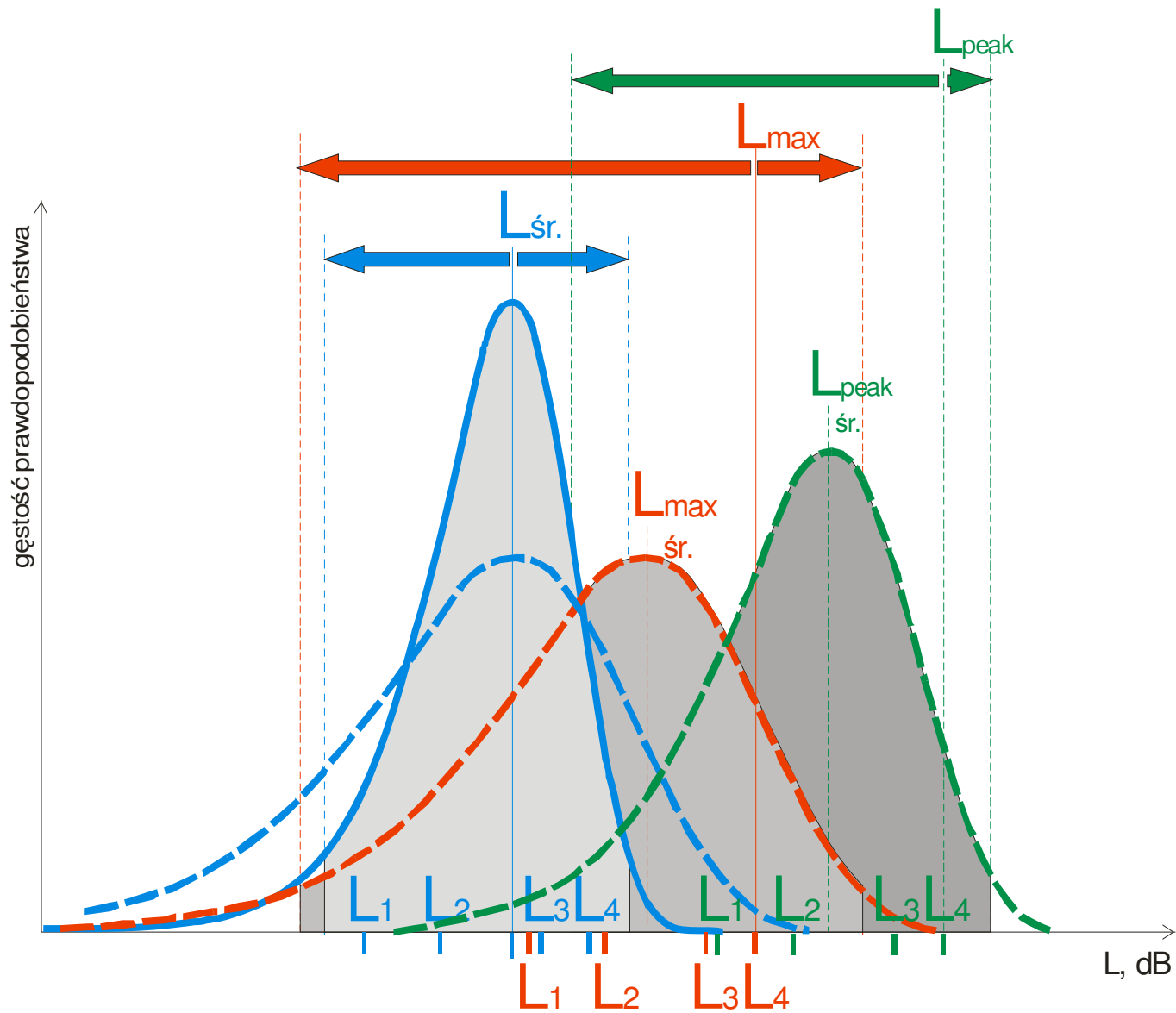
→ 
$$P_{\acute{s}r.} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i$$

gdzie:

**P** - ciśnienie względne ( $p/p_0$ ) szczytowe:

$$P = 10^{\frac{L_{peak}}{20}}$$





Dane przykładowe:

|          | 1  | 2  | 3  | R | wynik | +U <sub>A95</sub> | -U <sub>A95</sub> | Δ     |
|----------|----|----|----|---|-------|-------------------|-------------------|-------|
| LEQ      | 50 | 51 | 52 | 2 | 51,1  | +1,95             | -3,65             | 5,60  |
| max RMS  | 50 | 51 | 52 | 2 | 52,0  | +2,05             | -18,96            | 21,02 |
| max Peak | 50 | 51 | 52 | 2 | 52,0  | +2,53             | -6,89             | 9,42  |

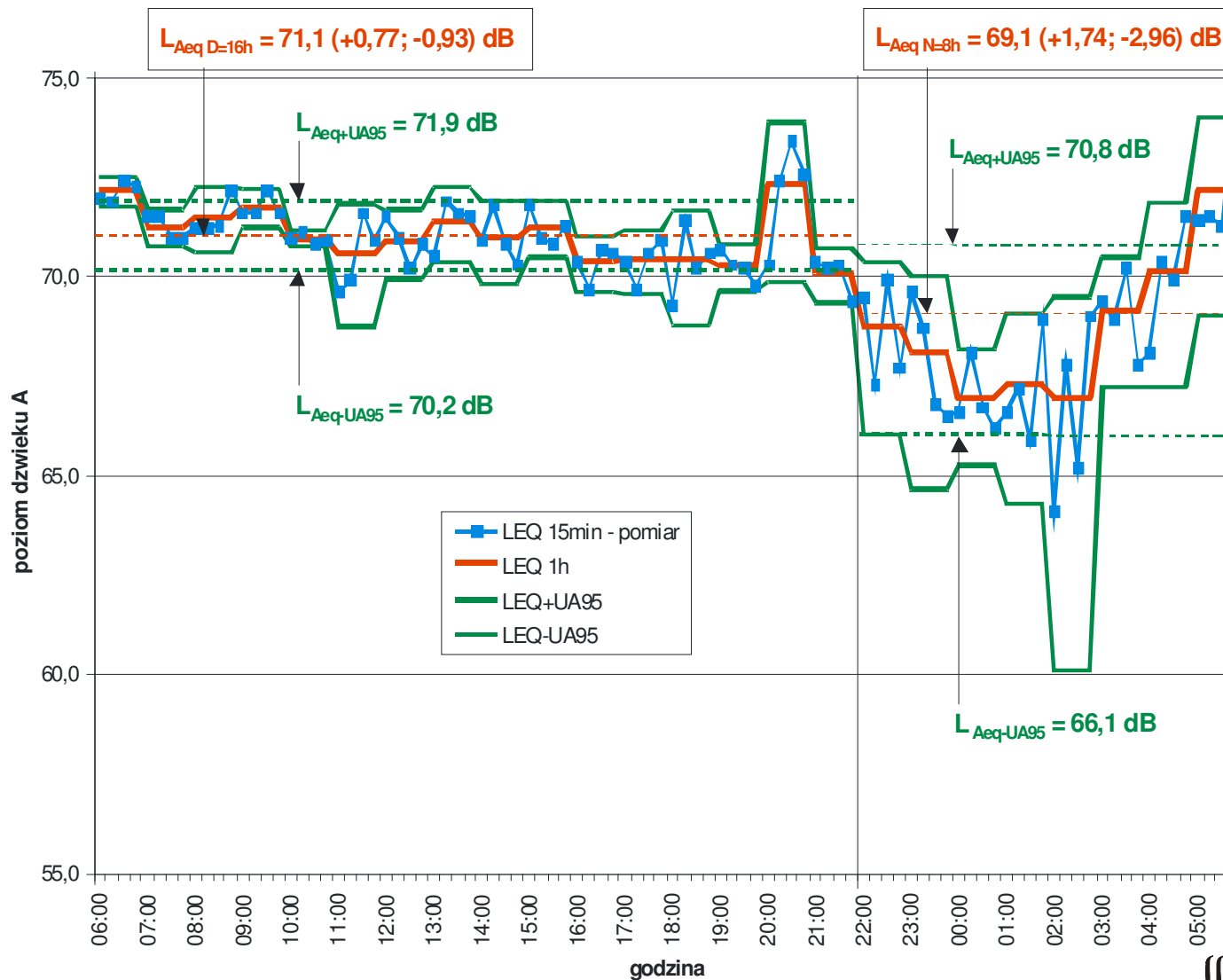
|         |    |    |    |   |      |       |        |       |
|---------|----|----|----|---|------|-------|--------|-------|
| min RMS | 50 | 51 | 52 | 2 | 50,0 | +4,05 | -16,96 | 21,02 |
|---------|----|----|----|---|------|-------|--------|-------|

Wyniki pomiarów z porównań międzylaboratoryjnych:

|                | 1    | 2    | 3    | R   | wynik | +U <sub>A95</sub> | -U <sub>A95</sub> | Δ    |
|----------------|------|------|------|-----|-------|-------------------|-------------------|------|
| LEQ A          | 79,8 | 79,9 | 79,9 | 0,1 | 79,9  | +0,14             | -0,15             | 0,29 |
| max RMS A SLOW | 80,3 | 80,3 | 80,2 | 0,1 | 80,3  | +0,21             | -0,29             | 0,50 |
| max Peak C     | 98,9 | 98,7 | 99,0 | 0,3 | 99,0  | +0,50             | -0,81             | 1,31 |

# WSKAŹNIKI DOBOWE

- poziom dzienny 16-godzinny oraz poziom nocny 8-godzinny - metoda umowna!



## PODSUMOWANIE

Sposób obliczania niepewności typu A dla różnych wielkości akustycznych (wyrażanych w decybelach) zależy od faktycznie badanej wielkości fizycznej (związanej z daną wielkością akustyczną), sposobu jej uśredniania (czyli określania wartości oczekiwanej, co ma wpływ na użyte we wzorach wielkości) oraz statystycznego modelowania danego zjawiska.



KONIEC

 NTL - M. Kirpluk

[www.ntlmk.com](http://www.ntlmk.com)

mgr Mikołaj Kirpluk

0 - 502 216620