

NTL - M. Kirpluk

ochrona przed **HAŁAS**

mgr Mikołaj Kirpluk

0 - 502 216620

www.ntlmk.com

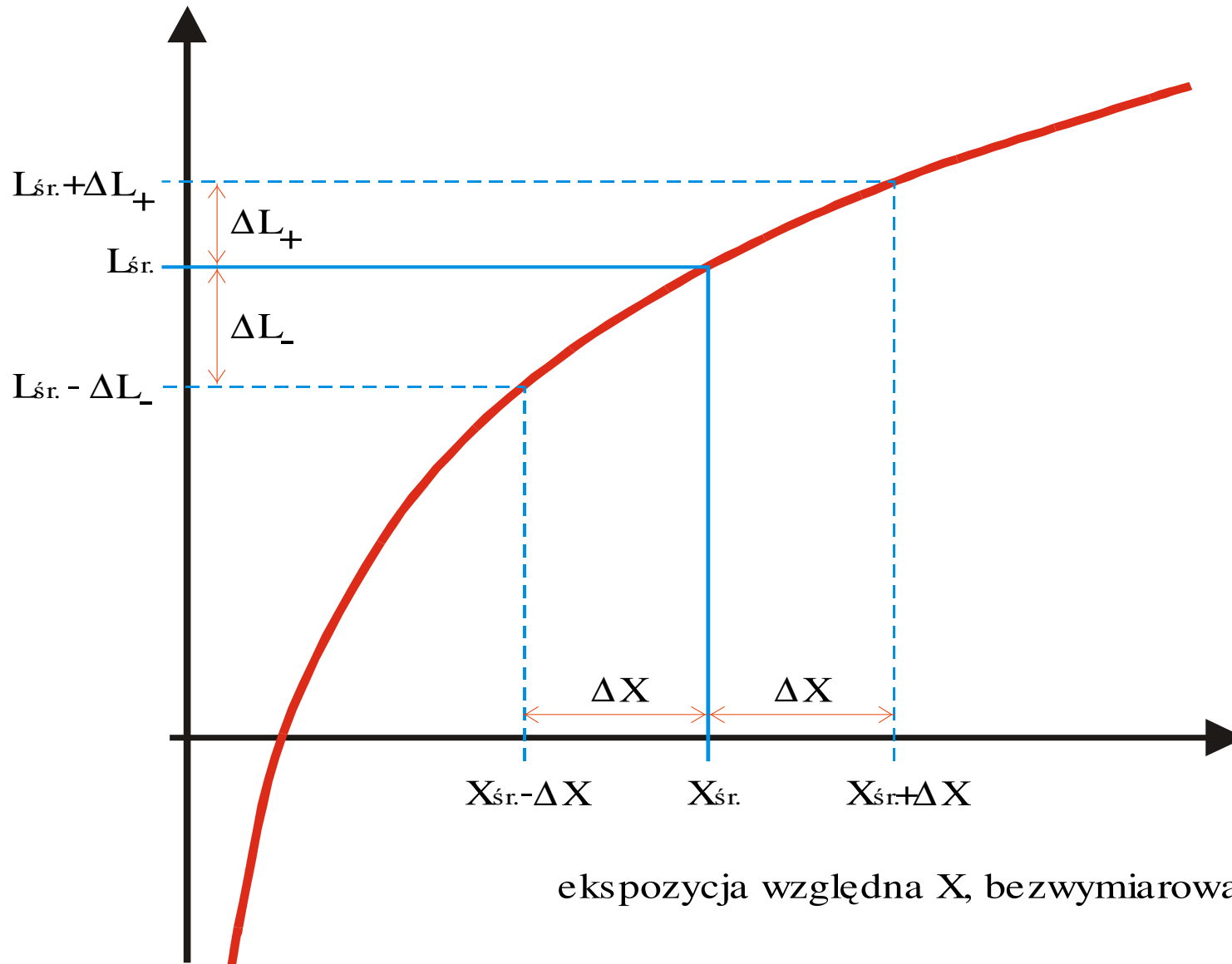
Określanie niepewności obliczanego / mierzonego równoważnego poziomu dźwięku:

- wpływ **wybranej statystyki pomiarów krótkookresowych**, w zależności od czasu pomiaru (mniejszego od normatywnego czasu obserwacji) na niepewność wyniku końcowego,
- oszacowanie niepewności określenia poziomu równoważnego z czasu pomiaru, wykonywanego **metodą pomiaru ciągłego** aż do momentu ustabilizowania się wyniku według zadanych kryteriów obserwacji.

Aby badać zjawiska akustyczne i określać dla nich parametry statystyczne, trzeba zdefiniować zdarzenia statystyczne, dla których muszą być spełnione warunki stosowania statystyki:

- zdarzenia akustyczne powinny być **niezależne**
 - stąd należy mierzyć całe cykle jako zdarzenie akustyczne,
- zdarzenia akustyczne powinny być **powtarzalne**
 - należy uwzględniać czynniki mające wpływ na przebieg badanego zdarzenia poprzez prawidłowe określenie modelu zjawiska,
- badanie **nie powinno wpływać na przebieg** zdarzenia akustycznego.

poziom dźwięku L , dB

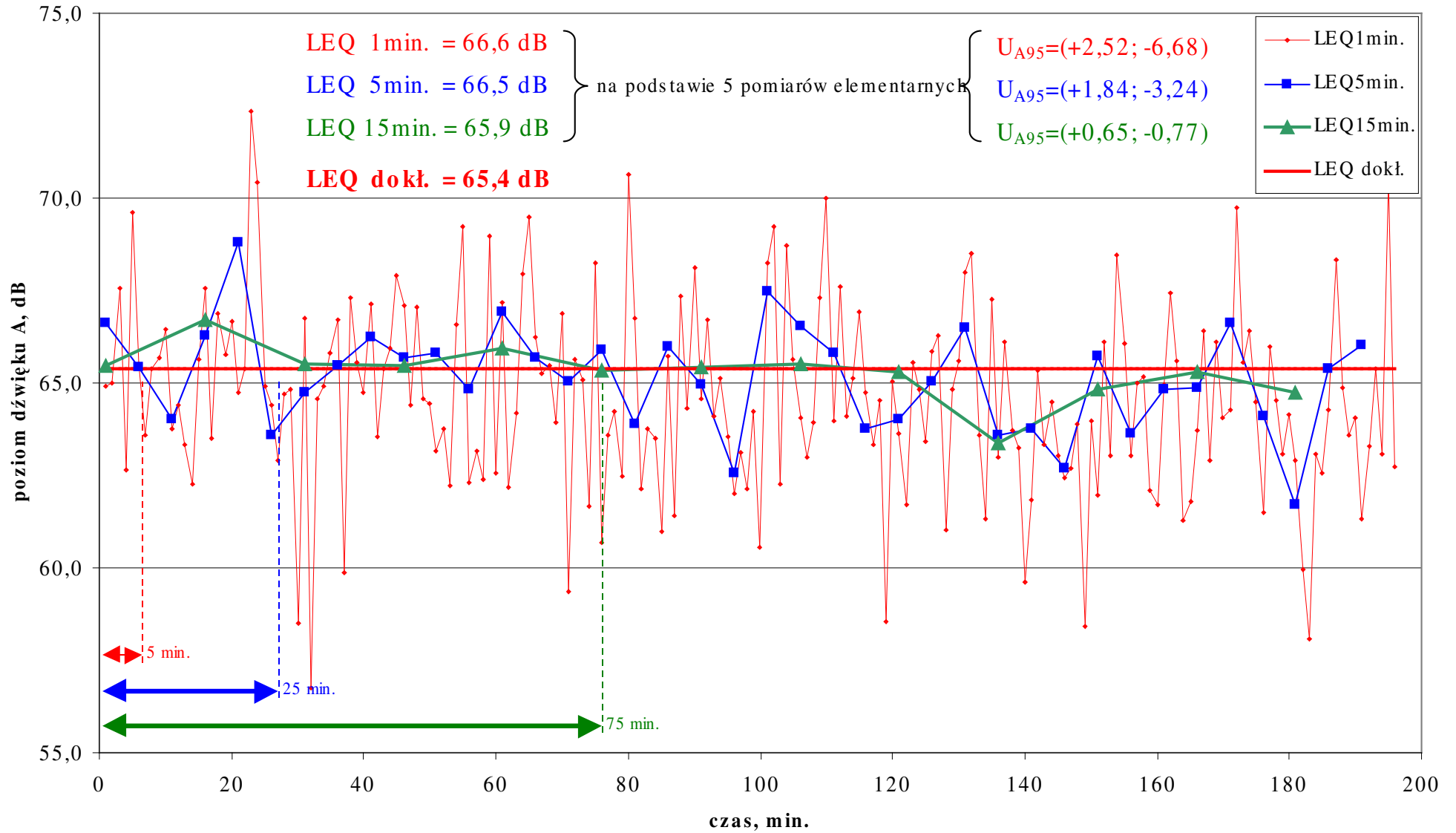


ekspozycja względna X , bezwymiarowa

$$[X_{sr} - \Delta X, X_{sr} + \Delta X] \Rightarrow [10\log_{10}(X_{sr} - \Delta X), 10\log_{10}(X_{sr} + \Delta X)]$$

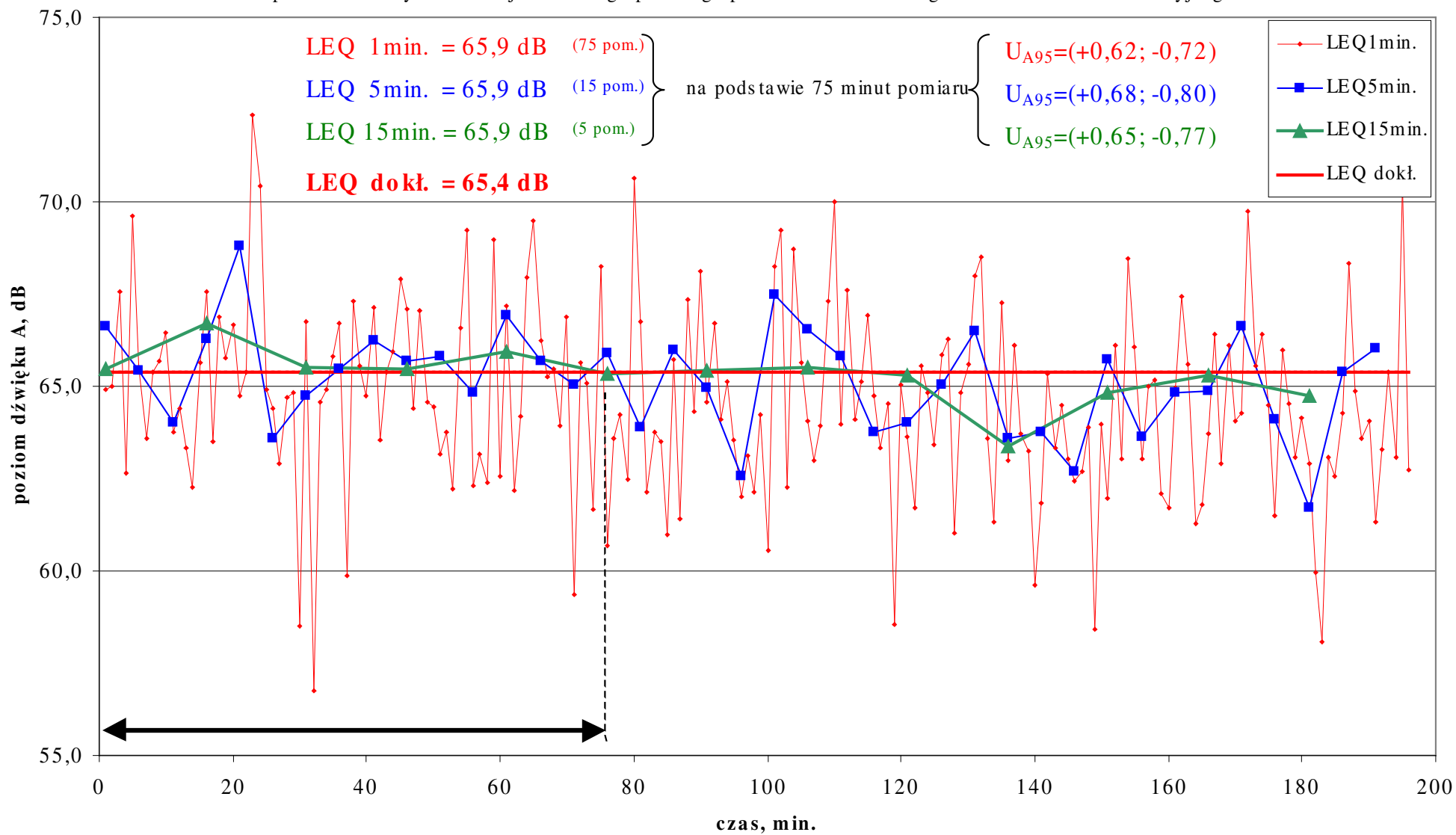
Eksperyment obliczeniowy

na podstawie faktycznie zarejestrowanego przebiegu pomiaru 1-sekundowego RMS hałasu komunikacyjnego



Eksperyment obliczeniowy

na podstawie faktycznie zarejestrowanego przebiegu pomiaru 1-sekundowego RMS hałasu komunikacyjnego

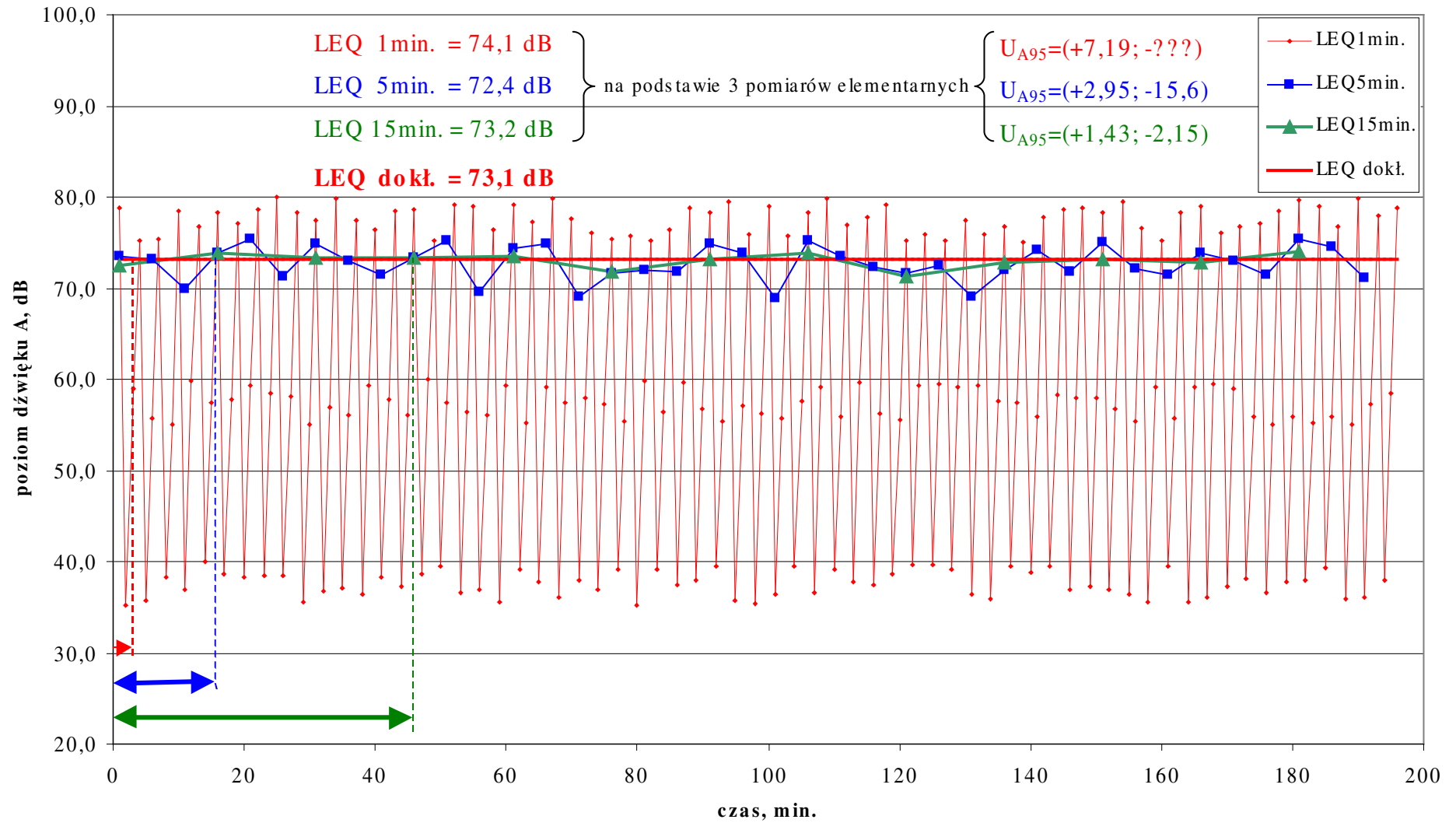


czas pomiaru elementarnego	Przypadek A				Przypadek B			
	liczba próbek	czas pomiaru	poziom średni z pomiaru	zakres niepewności typu A 95%	liczba próbek	czas pomiaru	poziom średni z pomiaru	zakres niepewności typu A 95%
1 minuta	5	5 min.	66,6	+2,52; -6,68	75	75 min.	65,9	+0,62; -0,72
5 minut	5	25 min.	66,5	+1,84; -3,24	15	75 min.	65,9	+0,68; -0,80
15 minut	5	75 min.	65,9	+0,65; -0,77	5	75 min.	65,9	+0,65; -0,77
3 godz.	pomiar ciągły		65,4	wartość dokładna	pomiar ciągły		65,4	wartość dokładna

czas pomiaru elementarnego	Przypadek C				Przypadek D			
	liczba próbek	czas pomiaru	poziom średni z pomiaru	zakres niepewności typu A 95%	liczba próbek	czas pomiaru	poziom średni z pomiaru	zakres niepewności typu A 95%
1 minuta	3	3 min.	66,0	+2,83; -10,9	45	45 min.	65,9	+0,83; -1,03
5 minut	3	15 min.	65,5	+2,37; -5,60	9	45 min.	65,9	+1,16; -1,59
15 minut	3	45 min.	65,9	+1,52; -2,35	3	45 min.	65,9	+1,52; -2,35
3 godz.	pomiar ciągły		65,4	wartość dokładna	pomiar ciągły		65,4	wartość dokładna

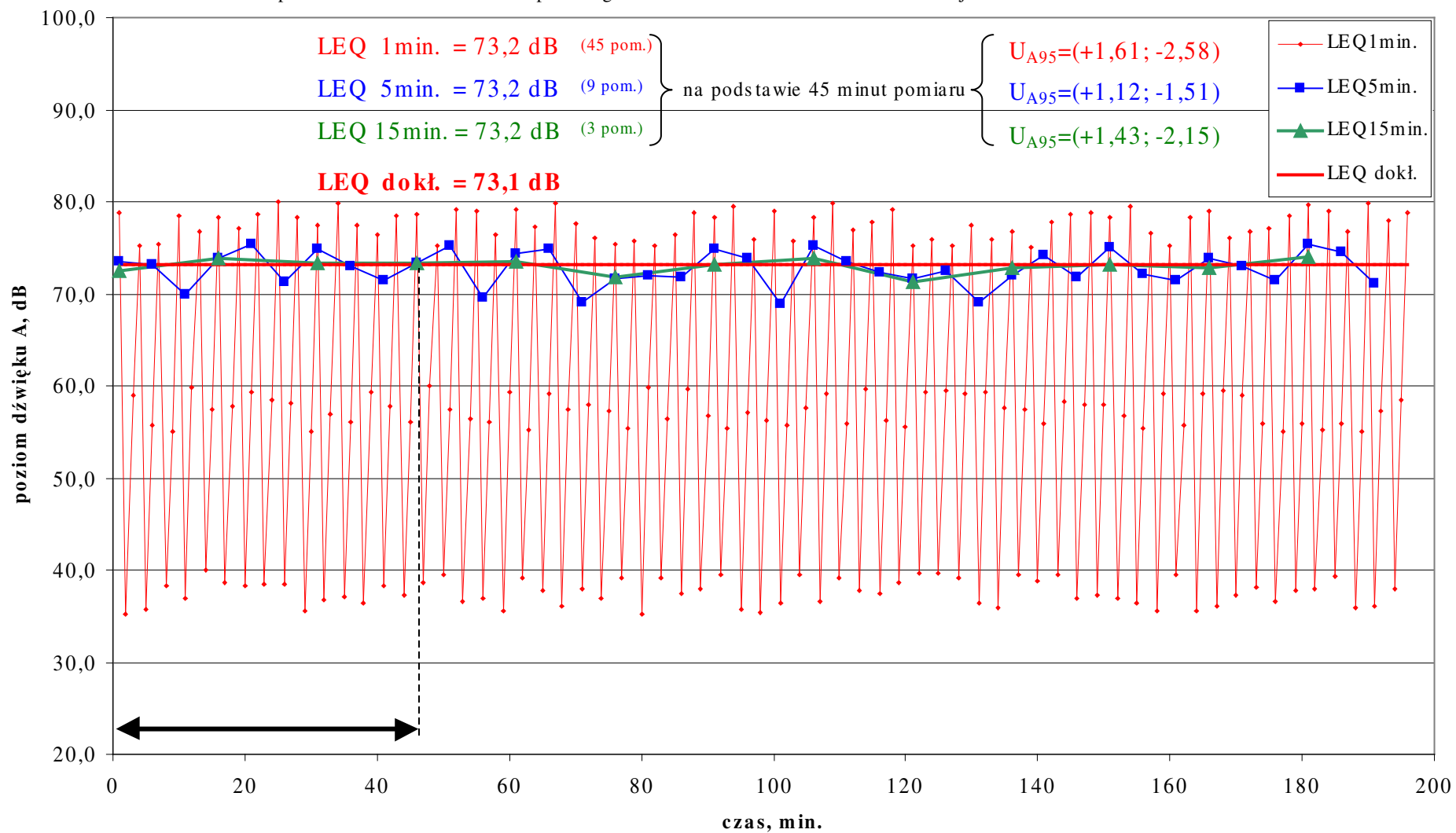
Eksperyment obliczeniowy

na podstawie MODELOWEGO przebiegu hałasu o okresie $T=3\text{min.}$ i założonej zmienności do $+5\text{dB / min.}$



Eksperyment obliczeniowy

na podstawie MODELWEGO przebiegu hałasu o okresie T=3min. i założonej zmienności do +/-5dB / min.



czas pomiaru elementarnego	Przypadek E				Przypadek F			
	liczba próbek	czas pomiaru	poziom średni z pomiaru	zakres niepewności typu A 95%	liczba próbek	czas pomiaru	poziom średni z pomiaru	zakres niepewności typu A 95%
1 minuta	3	3 min.	74,1	+7,19; -∞	45	45 min.	73,2	+1,61; -2,58
5 minut	3	15 min.	72,4	+2,65; -15,6	9	45 min.	73,2	+1,12; -1,51
15 minut	3	45 min.	73,2	+1,43; -2,15	3	45 min.	73,2	+1,43; -2,15
3 godz.	pomiar ciągły		73,1	wartość dokładna	pomiar ciągły		73,1	wartość dokładna

- wykonanie kilku pomiarów elementarnych (min.3) od razu wskazuje, czy wybraliśmy właściwy czas pomiaru elementarnego,
- pomimo, że dla tego samego czasu pomiaru (łącnego) przy podziale tego czasu na coraz krótsze czasowo odcinki elementarne i w związku z tym wzrost liczby pomiarów elementarnych - oczekiwaloby się, że zakresy niepewności będą proporcjonalnie maleć - to w pewnych sytuacjach występuje zwiększenie “rozdzielczości” widzenia zjawiska i zaobserwowane silniejsze odchylenia pogarszają statystykę.

statystyka zależy od wyboru czasu pomiaru elementarnego,

ale jest “nieczuła” na jednostki czasu

- jeżeli te same przebiegi odnieśliśmy do sekund - to zależności liczbowe pozostają

$$E_{\text{śr.}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n E_i = \sum_{i=1}^n \frac{1 \cdot t_i}{n \cdot t_i} \cdot E_i = \sum_{i=1}^n \frac{t_i}{t_p} \cdot E_i = \frac{t_0}{t_p} \sum_{i=1}^n E_i$$

gdzie:

t_0 - czas pomiaru elementarnego

t_p - czas pomiaru (obserwacji zdarzeń): $t_p = n \times t_0$

Jeżeli czas faktycznie wykonanego pomiaru odpowiada charakterystyce zjawiska w “normatywnym” czasie obserwacji, to możemy badanie zakończyć.

Określenie niepewności oszacowania poziomu równoważnego

$$U_{A,95}(E_{eq_k}) = \sqrt{\left[\frac{t_k}{T} U_{A,95}(E_{em_k}) \right]^2 + \left[10^{0,1 \cdot L_{em_k}} \cdot \frac{U_{A,95}(t_k)}{T} \right]^2}$$

gdzie:

$U_{A,95}(E_{em_k})$ - niepewność określenia ekspozycji względnej emisji hałasu

$U_{A,95}(t_k)$ - niepewność określenia czasu trwania sytuacji akustycznej

t_k - czas trwania sytuacji akustycznej

T - normatywny czas dla określenia poziomu równoważnego

Opis: **Obliczenie poziomu LEQ:**

Opracował: © Mikołaj Kirpluk

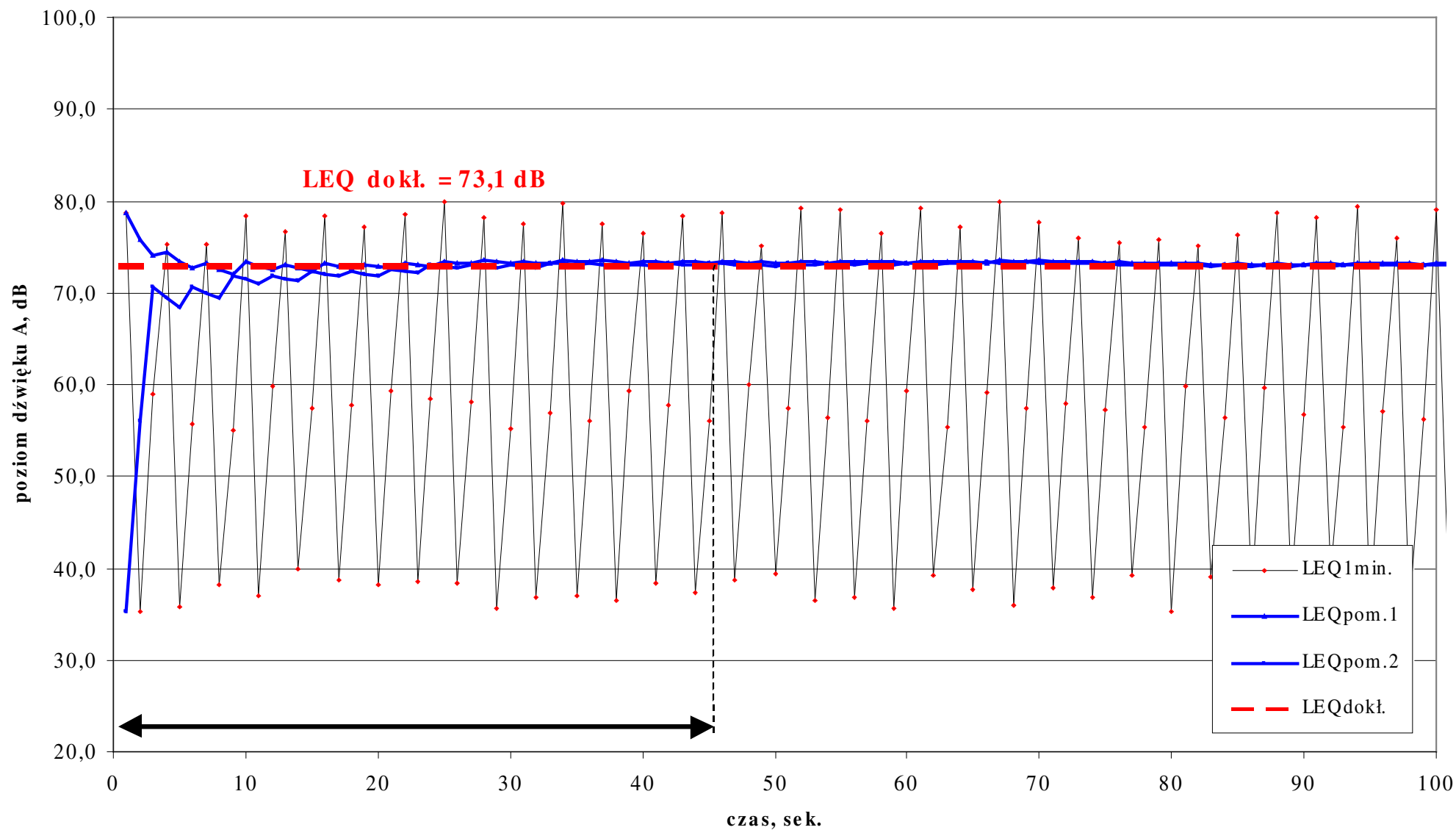
Normatywny czas obserwacji **1** h

wyniki pomiarów cząstkowych, dB			emisja (pomiar)				emisja (oblicz.)				czas			poziom równo- ważny	Niepewność typu A		Niepewność typu B		Niepewność rozszerzona				
p.pom.	1	2	3	R	LEQ _{im}	+U _{A,95}	-U _{A,95}	Δ	LEQ _{em}	+U _{A,95}	-U _{A,95}	czas pracy			Σ	max	LEQ	+U _{A,95}	-U _{A,95}	+U _{B,95}	-U _{B,95}	+U _{R,95}	-U _{R,95}
	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	h	min	s	s	s	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB
1	50,0	50,0	50,0	0,0	50,0	0,00	0,00	49,0	50,0	0,00	0,00	1			3600	0	50,0	0,00	0,00	0,83	-0,92	0,83	-0,92
2	50,0	50,0	50,0	0,0	50,0	0,00	0,00	49,0	50,0	0,00	0,00	1			3600	300	50,0	0,33	-0,36	0,83	-0,92	0,88	-1,01
3	50,0	50,0	50,0	0,0	50,0	0,00	0,00	49,0	50,0	0,00	0,00	1			3600	600	50,0	0,64	-0,75	0,83	-0,92	1,02	-1,24
4	50,0	50,0	50,0	0,0	50,0	0,00	0,00	49,0	50,0	0,00	0,00	1			3600	900	50,0	0,93	-1,18	0,83	-0,92	1,20	-1,58
5	50,0	50,0	50,0	0,0	50,0	0,00	0,00	49,0	50,0	0,00	0,00	1			3600	1200	50,0	1,19	-1,65	0,83	-0,92	1,40	-2,00
6	50,0	50,0	50,0	0,0	50,0	0,00	0,00	49,0	50,0	0,00	0,00	1			3600	1800	50,0	1,69	-2,80	0,83	-0,92	1,82	-3,12
7	50,0	50,0	50,0	0,0	50,0	0,00	0,00	49,0	50,0	0,00	0,00	1			3600	3600	50,0	2,90	-13,01	0,83	-0,92	2,95	-15,09
8				0,0	0,0	-	-	0,0	0,0	-	-				0		0,0	-	-	0,83	-0,92	-	-
9				0,0	0,0	-	-	0,0	0,0	-	-				0		0,0	-	-	0,83	-0,92	-	-
10				0,0	0,0	-	-	0,0	0,0	-	-				0		0,0	-	-	0,83	-0,92	-	-
tło ak.	1,0	1,0	1,0	0,0	1,0	0,00	0,00					1	czas obs.		3600								

	+U _{A,95}	-U _{A,95}	+U _{B,95}	-U _{B,95}	+U _{R,95}	-U _{R,95}	
Sumaryczny poziom równoważny	58,5	0,66	-0,78	0,83	-0,92	1,03	-1,26

Eksperyment obliczeniowy

na podstawie MODELOWEGO przebiegu hałasu o okresie $T=3$ sek. i założonej zmienności do $+5$ dB / min.



Co oznacza, w sensie statystycznym, wahanie wyniku poziomu równoważnego z czasu pomiaru o zadanych parametrach, czyli $\pm 0,1$ dB na 1 sekundę?

$$|10 \cdot \lg(E_1) - 10 \cdot \lg(E_2)| \leq 0,1 \text{ dB}$$

gdzie:

E_1 - średnia energia do momentu t_1

E_2 - średnia energia do momentu $t_2 = t_1 + t_0$

t_0 - np. 1s lub czas cyklu

stąd:

$$0,977 \leq \frac{E_1}{E_2} \leq 1,023$$

zakładamy, że:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [E_i - E_1]^2}{n \cdot (n-1)}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n+1} [E_i - E_2]^2}{(n+1) \cdot n}}$$

Niepewność typu A o poziomie ufności 95% dla ekspozycji względnej:

$$U_{A95}(E) = 2 \cdot \sigma = 0,023 \cdot \sqrt{2 \cdot (n+1)} \cdot E_1$$

dla poziomów dźwięku:

$$\pm U_{A95}(L_{eq}) = 10 \cdot \lg \left[1 \pm 0,023 \cdot \sqrt{2 \cdot (n+1)} \right]$$

czas [s]	+U _{A95}	-U _{A95}
15	0,53	-0,61
30	0,72	-0,87
45	0,87	-1,08
60	0,98	-1,27
75	1,08	-1,45
90	1,17	-1,61
105	1,25	-1,77
120	1,33	-1,92

Podsumowanie

Określając przedział niepewności dla wyniku badania poziomemu równoważnego, musimy pamiętać, że:

- do analizy statystycznej pomiarów akustycznych nie można bezkrytycznie „zagęszczać” wyników pomiarów z danego czasu obserwacji - dolną granicą czasu pomiaru elementarnego jest czas obejmujący badane zdarzenia akustyczne,
- po właściwym wyborze czasu pomiaru elementarnego należy, oczywiście, wykonać jak najwięcej pomiarów (jest to analogia do „podzielenia” zarejestrowanych wyników z pomiaru ciągłego na pomiary elementarne) - uzyskujemy w ten sposób dobre uśrednienie wraz ze szczegółowym zbadaniem „rozrzutu” wyników dla badanego zjawiska akustycznego, co potwierdzają nam obliczenia statystyczne - czyli małe przedziały niepewności typu A,

Przedziały niepewności poziomu równoważnego dla następujących sytuacji:

- czas emisji hałasu jest krótszy (i nie jest ściśle określony, ale znamy np. wartości graniczne) od czasu normatywnego dla ustalenia poziomu równoważnego - niepewność ekspozycji względnej danej sytuacji akustycznej przedstawia się wzorem:

$$U_{A,95}(E_{eq-k}) = \sqrt{\left[\frac{t_k}{T} U_{A,95}(E_{em-k}) \right]^2 + \left[10^{0,1 \cdot L_{em-k}} \cdot \frac{U_{A,95}(t_k)}{T} \right]^2}$$

- wykonujemy pomiar zmiennego hałasu obserwując wynik mierzonego poziomu równoważnego z czasu pomiaru oraz czas pomiaru do momentu, aż wahania wyniku będą poniżej 0,1 dB na 1 sekundę (lub na 1 cykl) - wtedy przedział niepewności zmierzonego poziomu równoważnego możemy szacować na podstawie wzorów:

$$U_{A95}(L_{eq}) = \left(+10 \cdot \lg \left[1 + 0,023 \cdot \sqrt{2 \cdot (n+1)} \right]; -10 \cdot \lg \left[1 - 0,023 \cdot \sqrt{2 \cdot (n+1)} \right] \right)$$

DODATEK

“Metodyka referencyjna oraz częstotliwość prowadzenia okresowych pomiarów hałasu (z wyjątkiem hałasu impulsowego) w środowisku, pochodzącego od instalacji lub urządzeń” - załącznik nr 8 do rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 23 grudnia 2004 r. w sprawie wymagań w zakresie prowadzenia pomiarów wielkości emisji (Dz. U. Nr 283, poz. 2842):

„(...)

Wyznaczoną wartość równoważnego poziomu dźwięku A podaje się wraz z wartością niepewności rozszerzonej oszacowanej dla poziomu ufności 95% (U_{95}).

Wynik pomiaru hałasu uzyskany przy zastosowaniu niniejszej metodyki referencyjnej uważa się za prawidłowy, jeśli wartość tej niepewności **jest mniejsza bądź równa 2,7 dB**.

Metodyka referencyjna nie zawiera sposobu wyznaczania wartości niepewności rozszerzonej U_{95} . (...)

„W pewnym momencie kończy się akustyka, a zaczyna prawo...”

Mikołaj Kirpluk (Szkoła Zimowa, gdzieś pod koniec lat 80-tych...)

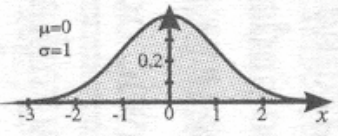
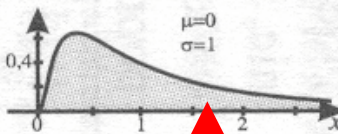
Proponowany tryb postępowania:

1. rozporządzenie nie określa czy to jest przedział jednostronny czy dwustronny...
 - przyjmujemy, że jednak dwustronny, czyli **$\pm 2,7$ dB**
2. zatem „szerokość przedziału dwustronnego” wynosi
 - oczywiście - **5,4 dB**
3. taką samą szerokość przedziału dwustronnego otrzymujemy
 - dla niepewności rozszerzonej U_{95} w granicach **(+1,91 dB; -3,49 dB)**

KONIEC

Błędy pomiarów	wiele metod zakłada, że błędy wszystkich pomiarów są jednakowe; w praktyce nie zawsze jest to prawdą	wyciąganie zwykłej średniej arytmetycznej, gdy część pomiarów była dokładna, a część przybliżona	zastosować wzory uwzględniające różną wagę poszczególnych pomiarów; zwiększyć dokładność pomiarów
Używanie przekształconych danych	często mierzy się pewne wielkości, ale do procedury statystycznej stosuje np. ich logarytmy lub odwrotności	stały błąd wartości mierzonej nie oznacza stałego błędu logarytmu	należy rozważyć np. odpowiednie ważenie poszczególnych pomiarów lub zmodyfikować stosowane wzory
Interpretacja wyniku	poprawne zauważenie związku statystycznego, ale nieuzasadnione interpretowanie go w kategoriach przyczynowo-skutkowych, niedostrzeżenie, że kilka badanych zmiennych może zależeć od jednej „ukrytej” zmiennej	„przy większym pożarze jest więcej strażaków, więc obecność strażaków zwiększa straty”; „poziom wiedzy ucznia zależy od rozmiaru jego buta” (fakt: por. klasę I i klasę VI szkoły podst.)	przeanalizować, czy z wyniku statystycznego w logiczny sposób wynika proponowana interpretacja lub czy możliwe są interpretacje alternatywne

Wielkością faktycznie mierzoną w akustyce jest **ciśnienie akustyczne** (a tak naprawdę to energia, która powoduje odkształcanie membrany mikrofonu) a **nie poziom dźwięku**, który jest wskazaniem po elektronicznej obróbce sygnału

					średnia
Normalny	$\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$	$x \in \mathbf{R}$		$\mu \in \mathbf{R},$ $\sigma > 0$	μ
Log-normalny	$\frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{\ln(x-m)^2}{2\sigma^2}}$	$x > 0$		$\mu \in \mathbf{R},$ $\sigma > 0$	$e^{m + \frac{\sigma^2}{2}}$

średnia

Jeżeli poziom dźwięku $L=10 \lg(\mathbf{E})$ miałby rozkład normalny,
to ekspozycja względna \mathbf{E} musiałaby mieć rozkład log-normalny,
ale nie odwrotnie !!!

(To samo jest też w normie PN-90/N-01055 - Informacje Dodatkowe p.7 po wzorze I-3)

(W tej samej normie - przykład niesymetrycznych granic przedziałów dwustronnych)

NTL - M. Kirpluk

www.ntlmk.com

mgr Mikołaj Kirpluk

0 - 502 216620