

„Geopoz” – projekt akustyczny DSO

1. Cel projektu.

Celem jest propozycja systemu nagłośnienia DSO budynku Geopoz w Poznaniu zoptymalizowana pod względem akustycznym. Istotne jest uzyskanie równomiernego rozkładu poziomu ciśnienia akustycznego w pomieszczeniach, a przede wszystkim odpowiednio dużej wartości wskaźnika zrozumiałości mowy.

2. Założenia i materiały wyjściowe.

- optymalizacja systemu nagłośnienia w/w pomieszczeń dokonana jako symulacja komputerowa w środowisku Ease Jr 4.1/ Acoustic Design Ahnert – Renkus-Heinz na platformie PC Windows XP,
- zastosowanie w symulacji wymiarów pomieszczeń w oparciu o dostarczony podkład architektoniczny określonej kondygnacji,
- przeprowadzenie symulacji dla pomieszczeń niewypełnionych ludźmi (pustych),
- dostosowanie systemu nagłośnienia do założonych warunków 'zastanych' bez dodatkowej adaptacji akustycznej,
- zakładany wskaźnik zrozumiałości mowy RASTI na poziomie minimum 0,5.

3. Opis obiektów.

Analizie komputerowej zostaną poddane następujące pomieszczenia:

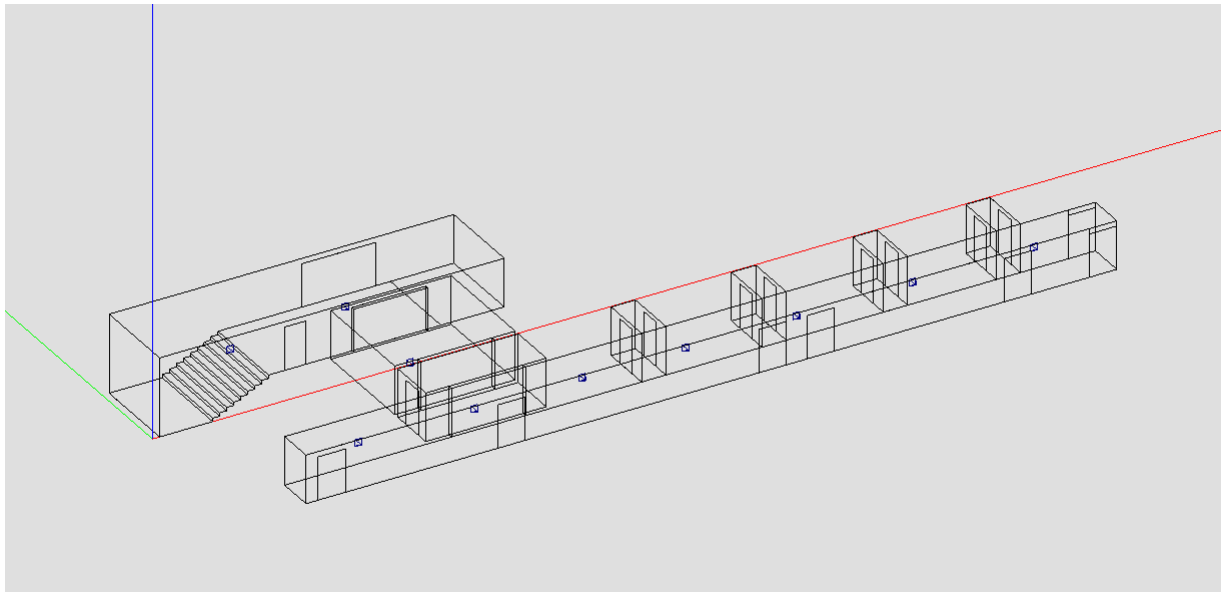
- parter: archiwum, hall, korytarz.
- piętro I: duża pomieszczenie biurowe.

Dla wyższych pięter symulacje nie są potrzebne ze względu na podobną kubaturę. W przypadku korytarzy, w których znajdują się sufity podwieszane, montaż głośników sufitowych nie powoduje zmiany rozkładu poziomu ciśnienia akustycznego w korytarzu w stosunku do poziomu uzyskanego dla głośników naściennych.

Również pod uwagę nie bierze się małych pomieszczeń (o powierzchni mniejszej lub równej 80m²), dla których przyjmuje się obecność jednego głośnika zapewniającego właściwe zrozumienie komunikatu alarmowego.

3.1. Parter – hall wraz z korytarzem.

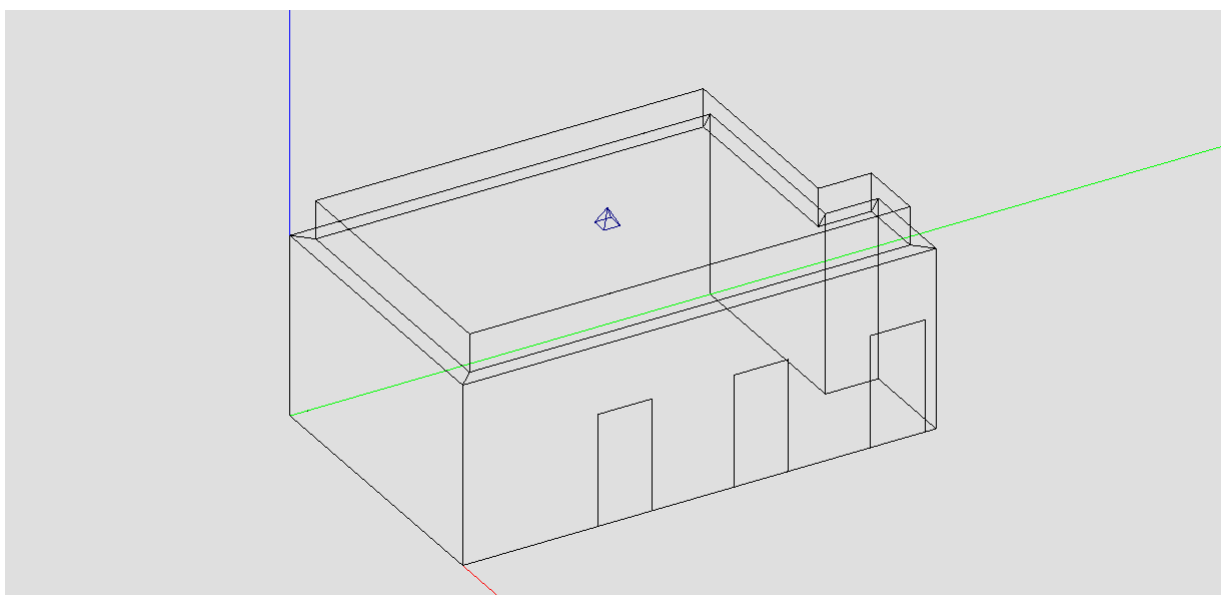
Poniższy rysunek przedstawia zamodelowane w środowisku Ease pomieszczenia: hall wraz z korytarzem i łącznikiem przy windzie. Nie brano pod uwagę wnętrz pomieszczeń przylegających do wymienionych.



Rys.1. Model hallu i korytarza (parter) w programie Ease.

- objętość: 463,3 m³,
- całkowita powierzchnia: 774,22 m²,
- materiały:
 - ściana: tynk wapienny; ściana frontowa i boczna w hallu: szkło,
 - sufit: hall – panele perforowane, korytarz: listwy,
 - podłoga: hall – posadzka kamienna, korytarz - linoleum,
 - drzwi: drewno (tzw. ISO wood),
 - winda: drzwi metalowe.

3.3. Archiwum.

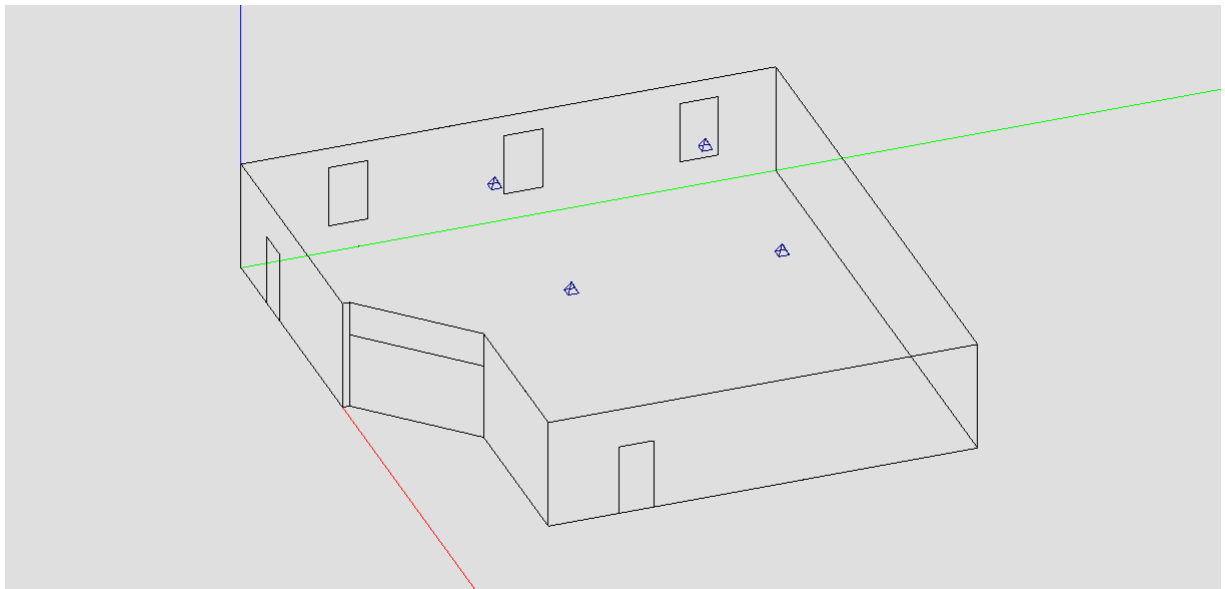


Rys.2. Model pomieszczenia archiwum w programie Ease.

-
- objętość: 170,19 m³,
 - całkowita powierzchnia: 259,3 m²,
 - wysokość 4 m
 - materiały:
 - ściany: tynk wapienny,
 - sufit: tynk wapienny,
 - podłoga: dywan,
 - okno: szkło,
 - drzwi: drewno.

Ponieważ w archiwum znajdują się regały z książkami zwiększające chłonność akustyczną, uwzględniono obszar przez nie zajmowany i dobrano właściwe współczynniki pochłaniania.

3.4. Duża sala biurowa (I piętro).



Rys.3. Model dużej sali biurowej (I piętro) w programie Ease.

- objętość: 707,12 m³,
- całkowita powierzchnia: 942,85 m²,
- wysokość 3,2 m
- materiały:
 - ściany: tynk wapienny,
 - sufit: podwieszany,
 - podłoga: dywan (linoleum),
 - okno: szkło,
 - drzwi: drewno.

Dodatkowo wprowadzono – na podstawie podkładu architektonicznego – powierzchnie pochłaniające w miejscu stanowisk pracowniczych (puste krzesła i fotele wprowadzają tłumienie).

4. Założenia do obliczeń i symulacji.

Wielkościami charakteryzującymi pole akustyczne w pomieszczeniach zamkniętych istotnymi z punktu widzenia niniejszego projektu są:

- poziom ciśnienia akustycznego: winien być co najmniej o 10 dB większy od tła akustycznego i w miarę równomiernie pokrywać płaszczyzny odsłuchu.
- czas pogłosu, czyli czas potrzebny do 60-decybelowego spadku poziomu energii akustycznej pochodzącej od źródła dźwięku. W pomieszczeniach mieszkalnych należy zapewnić czas pogłosu w granicach 0,7-0,9 s. Na skutek braku charakterystyki czasu pogłosu uzyskanej bezpośrednio w pomiarach, czas pogłosu zostanie obliczony komputerowo z formuły Eyringa:

$$RT_{60} = \frac{0,163V}{4\mu V - S \ln(1 - \alpha)},$$

gdzie:

$$\mu = \frac{170}{\psi\%} (f)^2 \cdot 10^{-4}, \left[\frac{1}{m \cdot kHz^2} \right],$$

Ψ – wilgotność w %,

α – średni współczynnik absorpcji zależny od stopnia pochłaniania materiałów, z których wykonany jest obiekt,

V – objętość pomieszczenia w m^3 ,

S – powierzchnia całkowita w m^2 ,

f – częstotliwość w Hz.

- RASTI, czyli wskaźnik zrozumiałości mowy (*Room Acoustic Speech Transmission Index*). Wg Peutza, skala tego współczynnika wygląda następująco:

- 0.6 to 1 bardzo dobra zrozumiałość
- 0.45 to 0.6 dobra zrozumiałość
- 0.3 to 0.45 uboga zrozumiałość
- 0 to 0.3 brak zrozumiałości

Do symulacji i obliczeń przyjęto powyższą skalę i formułę Peutza obliczania RASTI. Poziom tła akustycznego przyjęto każdorazowo jako 45 dB. Należy zapewnić wartość współczynnika RASTI na poziomie co najmniej 0,5 (zgodnie z normą PN-EN 60849).

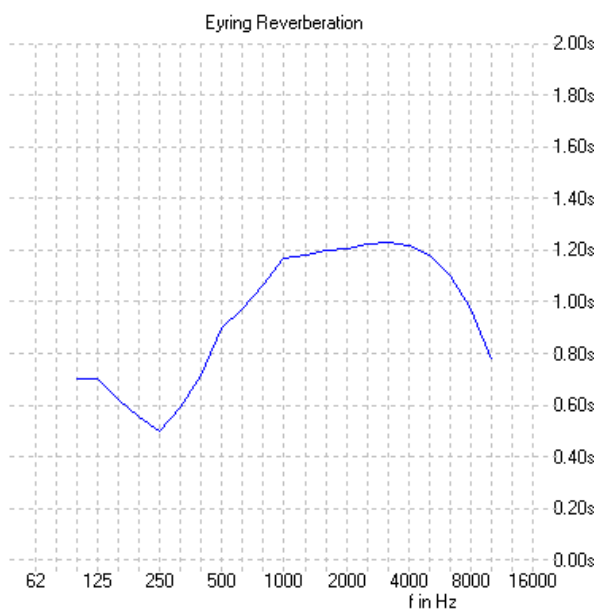
5. Obliczanie czasu pogłosu.

Wykorzystując wzór Eyringa i podstawiając:

- V, S – wartości podane w p. 3,
- μ - 60%,

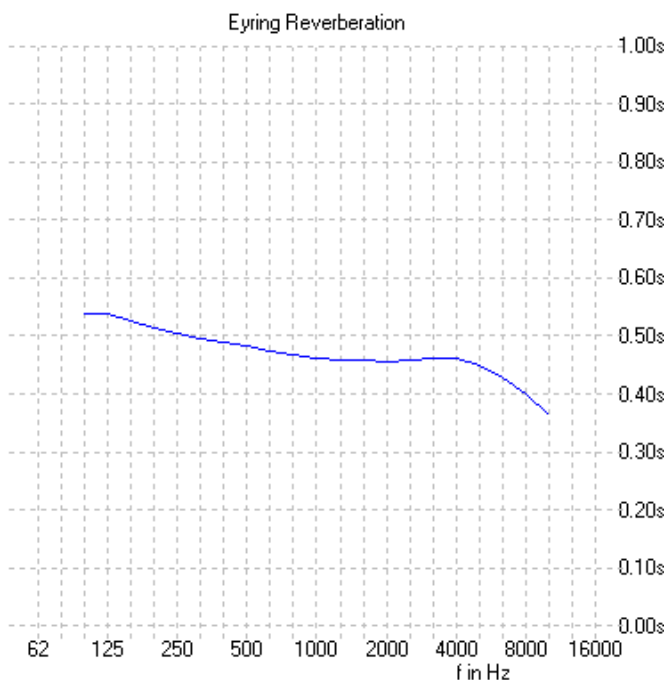
otrzymuje się charakterystyki dla pustych pomieszczeń bez adaptacji akustycznej:

Parter: hall, korytarz.



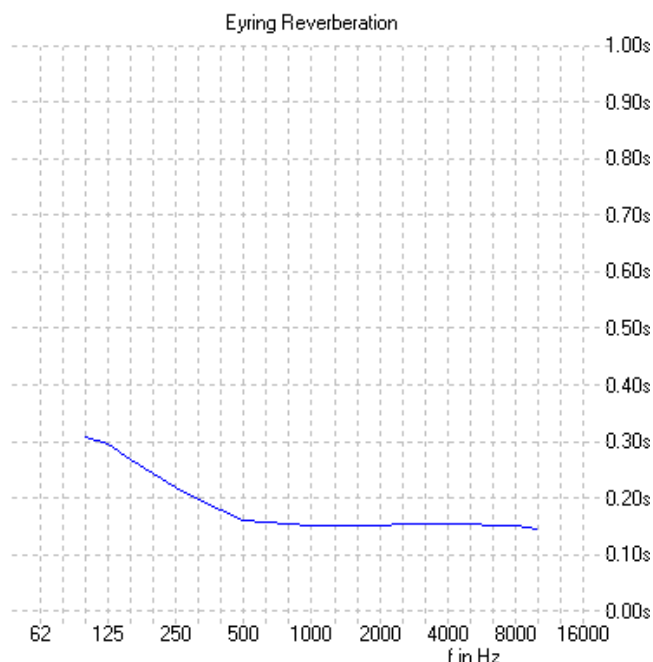
Czas pogłosu obliczony z formuły Eyringa kształtuje się w granicach 0,8-1,2 s dla średnich i dużych częstotliwości. Dla częstotliwości mniejszych od 500 Hz waha się od 0,5 do 0,8 sekundy. Najprawdopodobniej przyczyną tego są korzystne wymiary pomieszczenia oraz stare listwy perforowane, które działają jak rezonator małych częstotliwości.

5.1. Archiwum.



Orientacyjnie czas pogłosu w archiwum kształtuje się w granicach 0,4-0,5 s przy założeniu, że pomieszczenie wypełnione jest częściowo regałami bez obecności dodatkowych przedmiotów, ludzi itp.

5.2. Piętro I: duża sala biurowa.



Czas pogłosu wynosi 0,15 – 0,3 s. Wynika to z zastosowania dobrze pochłaniającego sufitu podwieszanego oraz wprowadzenie dodatkowych powierzchni chłonących (meble biurowe w układzie takim jak na podkładzie architektonicznym).

6. Dobór i rozmieszczenie urządzeń głośnikowych.

Zastosowano urządzenia głośnikowe sufitowe pożarowe LBC 3087/41 oraz naścienne LBC 3018/00 firmy Bosch ze względu na efektywność, maksymalną moc oraz kąt promieniowania (120 stopni dla $f = 1000$ Hz). Linie głośnikowe i punkty zawieszenia głośników określone są na podkładzie architektonicznym.

Zakładając poziom szumu tła 50 dB, wymagany poziom ciśnienia SPL dla sygnału mowy przenoszonego przez urządzenie głośnikowe powinien wynosić 60 dB. Na podstawie wzoru:

$$L_m = E + 10 \log P_E - 20 \log D_m,$$

gdzie:

$L_m = 60$ dB,

E – efektywność głośnika (poziom SPL dla $f = 1000$ Hz i mocy 1W, w dB),

P_E – moc elektryczna głośnika [W],

D_m – odległość odbiornika od źródła [m]

można wyznaczyć P_E , czyli minimalną elektryczną moc głośnika, dla której w punkcie odsłuchu przy danej odległości D_m słuchacz percypuje dźwięk na poziomie 60 dB.

$$P_E = 10^{0,1(L_m - E + 20 \log D_m)}$$

Z podkładu architektonicznego wynika, że odległość źródło dźwięku-słuchacz nigdy nie przekracza 10m. Podstawiając do wzoru $L_m = 60$ dB, $E = 90$ dB, $D_m = 10$ m, otrzymuje się P_E równe 0,1 W, co oznacza, że wystarczy zastosować każdorazowo głośniki: sufitowe LR-DL 18/6/100/P oraz naścienne LR-DL 25/6/100/P o mocy maksymalnej 6 W.

Głośnik naścienny należy umieścić w zaznaczonych na podkładzie architektonicznym miejscach - tuż pod sufitem, kierując główną oś promieniowania głośnika ku osi pomieszczenia lub w stronę faktycznego obszaru odsłuchu.

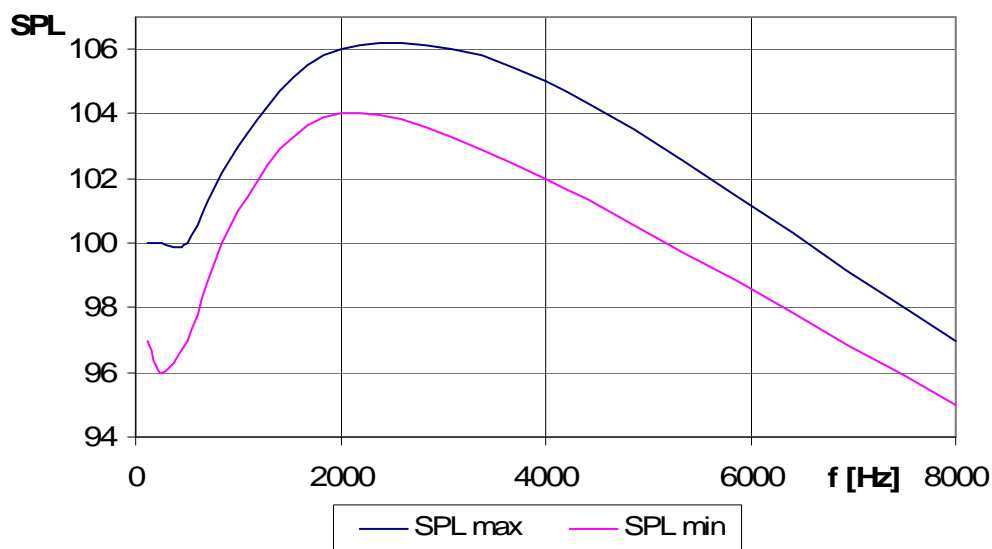
7. Symulacje pola akustycznego w pomieszczeniach.

Poniżej przedstawiono następujące charakterystyki pola akustycznego w analizowanych pomieszczeniach wykonane jako symulacje komputerowe w środowisku Ease Jr 4.1:

- wypadkowy minimalny i maksymalny poziom ciśnienia akustycznego w pasmach oktawowych o częstotliwości środkowej f_0 z przedziału 125 – 8000 Hz,
- współczynnik RASTI dla pasm o częstotliwości środkowej 500, 1000 i 2000 Hz.

Źródłem dźwięku są zaproponowane wyżej modele głośników. Wyniki zaprezentowane są na rysunkach 8–47 znajdujących się na końcu niniejszego opracowania. Należy je interpretować jako 'widok' z góry na pomieszczenie.

7.1. Parter: hall i korytarz.

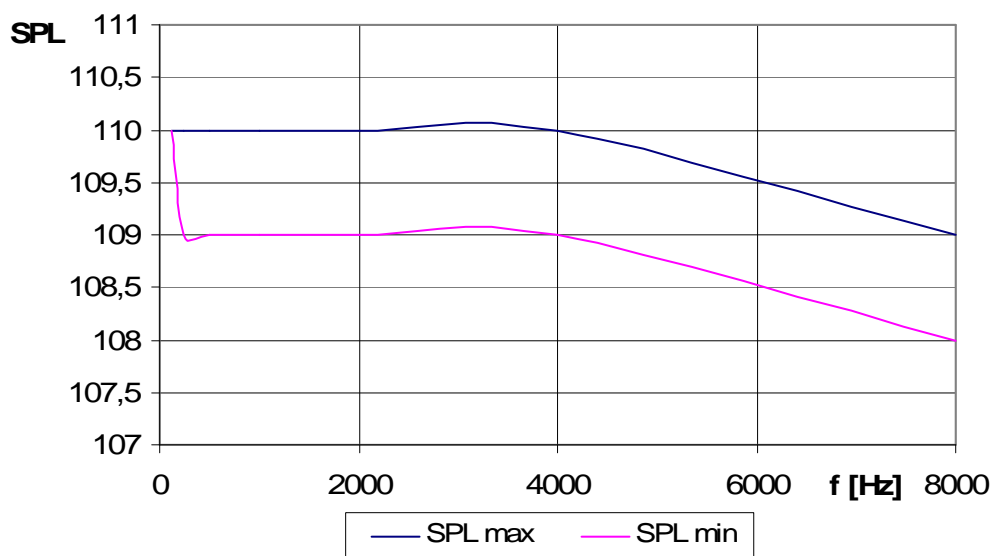


Rys.4. Minimalny i maksymalny poziom SPL w hallu i korytarzu.

f	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
RASTI			
minimum	0,55	0,51	0,5
maximum	0,64	0,6	0,59

Tab. 1. Minimalna i maksymalna wartość wskaźnika RASTI w hallu i korytarzu.

7.3. Archiwum.

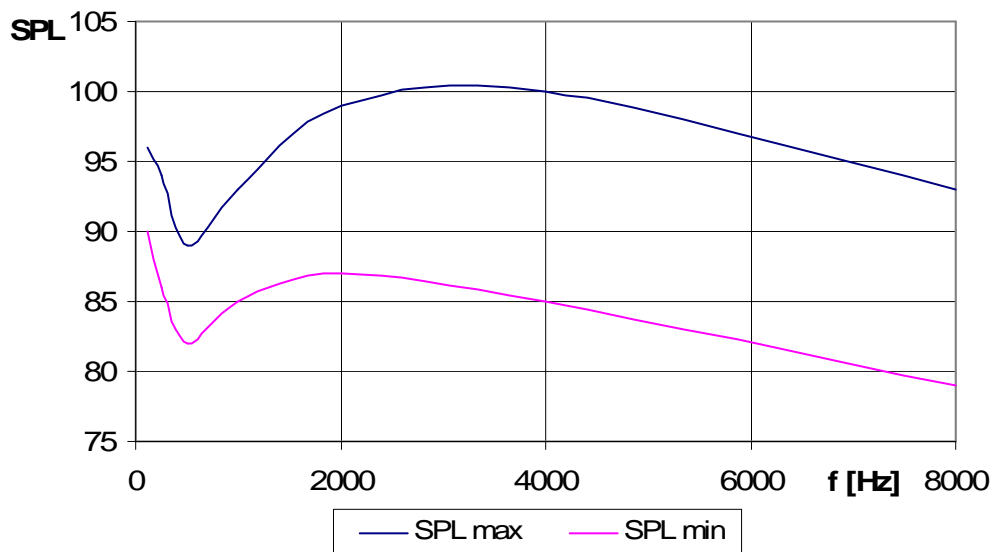


Rys.5. Minimalny i maksymalny poziom SPL w archiwum.

f	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
RASTI			
minimum	0,66	0,67	0,67
maximum	0,68	0,69	0,69

Tab. 3. Minimalna i maksymalna wartość wskaźnika RASTI w archiwum.

7.4. I piętro: duże pomieszczenie biurowe.



Rys.6. Minimalny i maksymalny poziom SPL w dużym pomieszczeniu biurowym.

f	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
RASTI			
minimum	0,76	0,77	0,77
maximum	0,77	0,78	0,78

Tab. 4. Minimalna i maksymalna wartość wskaźnika RASTI w dużym pomieszczeniu biurowym.

Z powyższych wykresów i tabel widać, że wartości wskaźnika zrozumiałości mowy są większe w poszczególnych pomieszczeniach od zakładanej 0,5. Stosunkowo najmniej zrozumiały jest sygnał mowy w korytarzu i hallu na parterze, co spowodowane jest zwiększonym czasem pogłosu dla dużych i średnich częstotliwości. W pozostałych badanych pomieszczeniach wskaźnik ten przekracza wartość 0,65-0,7, co świadczy o poprawnej lokalizacji głośników w stosunku do powierzchni odsłuchu. Mimo że w niektórych pomieszczeniach różnica poziomów minimalnego i maksymalnego SPL jest spora (nawet 15 dB w barze), to nie wpływa to na zrozumiałość mowy, której wskaźnik przekracza 0,7.

8. Podsumowanie.

Zaproponowana konfiguracja systemu nagłośnienia pomieszczeń z punktu widzenia zrozumiałości mowy wydaje się – przy pełnym zagospodarowaniu pomieszczeń – optymalna do istniejących norm.