

Akustická studie

PASOVÉ ODDĚLENÍ, HUSOVA 5, BRNO

Řešení prostorové akustiky

Objednatel: **LUMBIO s.r.o.; Kovářova 26/12; 155 00 Praha 13**

Číslo zakázky: **23 368**

Počet stran: **8**

Zhotovitel:



AKUSTING, spol. s r. o., Cejl 76, 602 00 BRNO
tel.+ fax +420 545 210 297

Měřila: **Ing. Hana Vojířová**

Vypracovala: **Ing. Hana Vojířová**

1
17/1/95

AKUSTING
spol. s r. o.
Cejl 76, 602 00 Brno
DIČ.: CZ 276 79 748

Kontrolovala: **Petra Bílá**

Bílá

Datum: **30. ledna 2024**

Veškerá práva k využití si vyhrazuje AKUSTING společně se zadavatelem. Výsledky obsažené v dokumentaci jsou duševním vlastnictvím firmy AKUSTING. Jejich veřejná publikace a další využití nad rámec původního smluvního určení nebo předání třetí osobě je vázáno na souhlas zpracovatele.

DIČ: **CZ 27679748**
IČO: **27679748**

e-mail: **akusting@akusting.cz**
http: **www.akusting.cz**

1 Úvod

Tato zpráva obsahující výsledky měření, modelaci prostoru, vyhodnocení a návrh opatření s ohledem na platnou legislativu byla vypracována jako podklad pro návrh akustických úprav ke zlepšení poslechových podmínek v pasovém oddělení v budově Magistrátu města Brna na Husově 5. Zakázka je vedena pod číslem 23 368.

Pro posouzení je použito příslušných norem ČSN a odborná literatura.

Úkolem práce bylo akustické řešení prostoru sálu pasového oddělení, kde jsou vlivem vyššího dozvuku nevyhovující poslechové podmínky.

2 Použitá literatura a podklady

- 1 ČSN EN ISO 3382-1: Akustika. Měření parametrů prostorové akustiky. Část 1: Prostory pro přednes hudby a řeči. Úřad pro technickou normalizaci; prosinec 2009.
- 2 ČSN EN ISO 3382-2: Akustika. Měření parametrů prostorové akustiky. Část 2: Doba dozvuku v běžných prostorech. Úřad pro technickou normalizaci; únor 2009.
- 3 ČSN 73 0525: Akustika. Projektování v oboru prostorové akustiky. Všeobecné zásady. Český normalizační institut; únor 1998.
- 4 ČSN 73 0527: Akustika. Projektování v oboru prostorové akustiky. Prostory pro kulturní účely. Prostory ve školách. Prostory pro veřejné účely.; srpen 2023.
- 5 Katalog akustických prvků; HRÁDEK, Tomáš, Jan TUČEK a Martin VONDRÁŠEK. 1. vyd. V Praze: Akademie múzických umění, 2011, 147 s. ISBN 978-80-7331-316-6.
- 6 Master Handbook of Acoustics, Sixth Edition; F.Alton Everest, Ken C. Pohlmann; McGraw-Hill Education; 2015. ISBN 978-0-07-184104-7.
- 7 Výstavba školských zařízení - Akustické řešení školních staveb; Ministerstvo školství ČR; duben 1972.
- 8 Vlastní zaměření prostorů, fotodokumentace.

3 Seznam použitých zkratk a symbolů

f	(Hz)	-	frekvence
T	(s)	-	doba dozvuku
T_o	(s)	-	optimální doba dozvuku
$T_N; T_U$	(s)	-	doba dozvuku neupraveného prostoru, doba dozvuku upraveného prostoru
$T_1; T_2$	(s)	-	doba dozvuku upraveného prostoru, číslo označuje variantu
T_{ob}	(s)	-	doba dozvuku obsazeného prostoru
V	(m ³)	-	objem místnosti
α_w	(-)	-	vážený činitel zvukové pohltivosti
α	(-)	-	činitel zvukové pohltivosti
$\alpha_{125-4kHz}$	(-)	-	frekvenční průběh zvukové pohltivosti v oktávách
A_{eq}	(m ²)	-	ekvivalentní absorpční plocha
SDK		-	sádkokarton

4 Legislativa

Normy ČSN 73 0527 a ČSN 73 0525 uvádí zásady pro projektování a realizaci uzavřených prostorů pro kulturní účely, prostorů ve školách a prostorů pro veřejné účely. Platí pro nově zřizované, rekonstruované nebo adaptované prostory, v nichž kvalita poslechových podmínek či akustická pohoda hraje významnou roli. Rozhodujícím krokem pro vytvoření příznivých akustických poměrů v uzavřeném prostoru je dosažení optimální doby dozvuku, odpovídající danému účelu prostoru.

Pro uzavřené prostory pro kulturní účely, prostory ve školách a prostory pro veřejné účely stanovují normy pro daný objem místnosti V (m^3) a s ohledem na využití místnosti optimální dobu dozvuku T_0 (s) a přípustné rozmezí poměru dob dozvuku T/T_0 v závislosti na středním kmitočtu oktávového pásma. Důležité je, aby byla doba dozvuku ve frekvenčním spektru vyrovnaná.

Pro přepážkové haly úřadů norma definuje doporučený poměr celkové ekvivalentní plochy A v prostoru k jeho objemu V . Přepážkové haly řadíme k prostorům, kde akustické úpravy slouží hlavně ke snížení hluchosti a zajištění akustického komfortu. Normou požadovaný poměr A/V lze považovat za minimální, protože dosažení vyšších hodnot poměru vede k dosažení tiššího prostředí, což je u těchto prostorů výhodou. Poměr A/V se hodnotí v oktávových pásmech od 250 Hz do 2000 Hz.

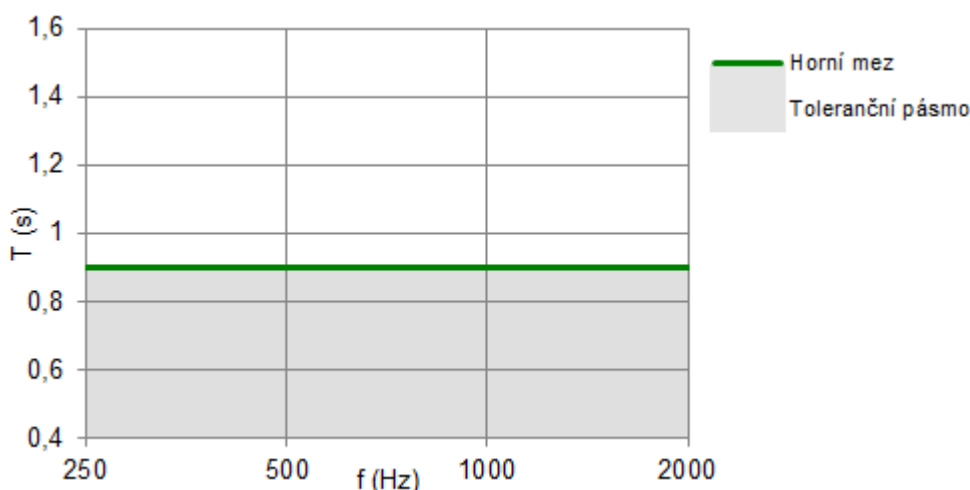
Přepážková hala výška prostoru >2,5 m, $V = 760 \text{ m}^3$ →

$$\frac{A}{V} = \frac{1}{2,49 + 4,69 \log V}$$

$$A > 133 \text{ m}^2; T_0 = 1,0 \text{ s}$$

Přípustná toleranční pásma pro odchylky doby dozvuku od optimální hodnoty (T/T_0) jsou uvedena v grafu 4.1. Odpovídající toleranční pásmo je určeno převažujícím typem signálu v posuzované místnosti. Doba dozvuku T se vypočítá pro oktávová pásma se středními kmitočty od 125 Hz do 4000 Hz.

Graf 4.1: Přípustné rozmezí poměru dob dozvuku T/T_0 v závislosti na středním kmitočtu okt. pásma



5 Akustická měření v prostoru

5.1 Popis měření

V prostoru bylo provedeno měření doby dozvuku dle ČSN EN ISO 3382-2, lit. /2/. Pro měření byla použita metoda přerušeného šumu. Jako zdroj šumu byl použit vnitřní generátor zvukoměru 2250. Bylo použito růžového šumu, který byl reprodukován pomocí všesměrového zdroje. V každé poloze mikrofonu byla provedena tři měření doby dozvuku. Bylo zvoleno 18 poloh mikrofonu a to pro 2 polohy všesměrového zdroje – přesné měření.

Při měření byly polohy mikrofonu voleny tak, aby došlo k optimálnímu pokrytí místností a byly splněny požadavky na vzdálenosti mikrofonu a zdroje od odrazivých povrchů i mezi polohami mezi sebou. Měřicí mikrofon byl umístěn na stativu ve výšce 1,5 m nad podlahou a orientován směrem nahoru. Doba dozvuku byla měřena v třetinooktákových pásmech v kmitočtovém rozsahu od 100 Hz do 5 kHz. Při určování prostorového průměru bylo použito aritmetického průměrování dob dozvuku. Prostorový průměr je dán střední hodnotou jednotlivých dob dozvuku pro všechny příslušné polohy zdroje a mikrofonu.

Doba dozvuku T_{20} resp. T_{30} byla vypočtena ze sklonu křivky poklesu akustického tlaku v části -5 až -25 dB resp. -5 až -35 dB pod počáteční úrovní jako doba potřebná k poklesu hladiny o 60 dB v oktákových pásmech 125 Hz až 4 kHz. Výsledná doba dozvuku prostoru byla následně vypočtena jako aritmetický průměr ze všech naměřených dob dozvuku pro dané kmitočtové pásmo.

5.2 Měřicí aparatura a pomocná měřidla

Zvukoměr:	2250, v. č. 2611534, ověř. list 6035-OL-Z0056-23 z 26. 4. 2023, platnost do 25. 4. 2025
Mikrofon:	4189, v. č. 3307637, ověř. list 8012-OL-10096-22 z 23. 2. 2022, platnost do 22. 2. 2024
Akustický kalibrátor:	4230, v. č. 1639122, kalibr. list 8012-KL-10217-23 z 4. 4. 2023, platnost do 3. 4. 2025
Třída přesnosti měřidel:	1 Výrobce přístrojů: Brüel & Kjaer, Dánsko
Všesměr. zdroj hluku:	DODECAHEDRON, číslo karty zařízení 012
Výkonový zesilovač:	QSC AUDIO RMX 1450, v. č. 110626402
Stáčecí metr:	JOBI, i. č. SM-145-06, kalibr. list KL-P06892/2016, kalibrace 29. 6. 2016, platnost do 28. 6. 2026
Commetr:	D3120, v.č.16910171, kalibr. list 9005F-16, kalibrace 7. 11. 2016, platnost do 6. 11. 2026

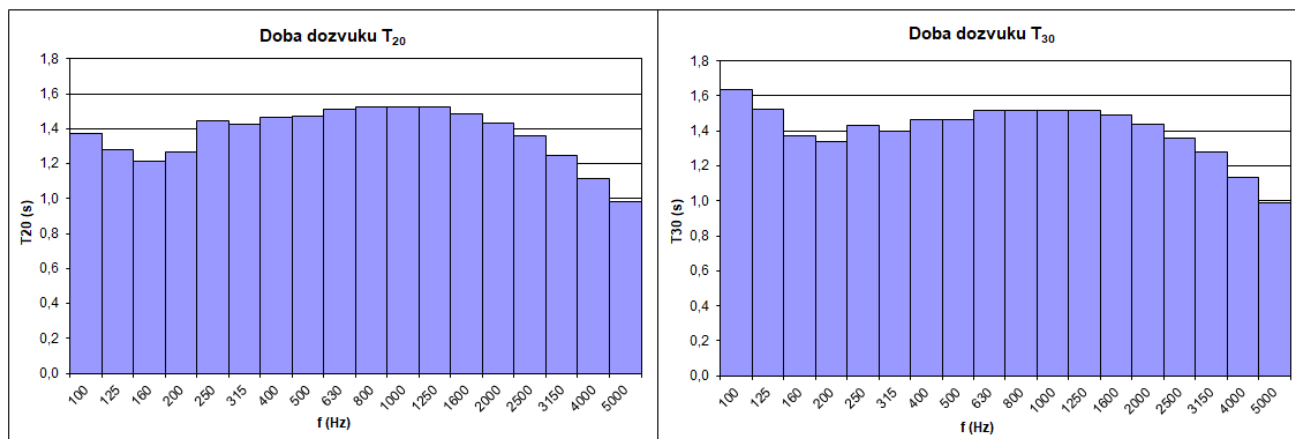
5.3 Výsledky měření dozvuku

Tab. 5.1: Doba dozvuku v místnosti – průměr z naměřených hodnot 1/3 oktávy a oktávy

f [Hz]	T_{20} [s]	T_{30} [s]	$\sigma(T_{20})$ [s]	$\sigma(T_{30})$ [s]
100	1,37	1,63	0,06	0,04
125	1,28	1,53	0,06	0,04
160	1,21	1,37	0,05	0,03
200	1,27	1,34	0,04	0,03
250	1,45	1,43	0,04	0,03
315	1,42	1,40	0,04	0,02
400	1,46	1,46	0,03	0,02
500	1,47	1,46	0,03	0,02
630	1,51	1,52	0,03	0,02
800	1,52	1,52	0,02	0,01
1000	1,52	1,51	0,02	0,01
1250	1,52	1,52	0,02	0,01
1600	1,48	1,49	0,02	0,01
2000	1,43	1,44	0,01	0,01
2500	1,36	1,36	0,01	0,01
3150	1,24	1,28	0,01	0,01
4000	1,12	1,13	0,01	0,01
5000	0,98	0,99	0,01	0,00

f [Hz]	T_{20} [s]	T_{30} [s]
125	1,29	1,51
250	1,38	1,39
500	1,48	1,48
1000	1,52	1,52
2000	1,42	1,43
4000	1,12	1,13

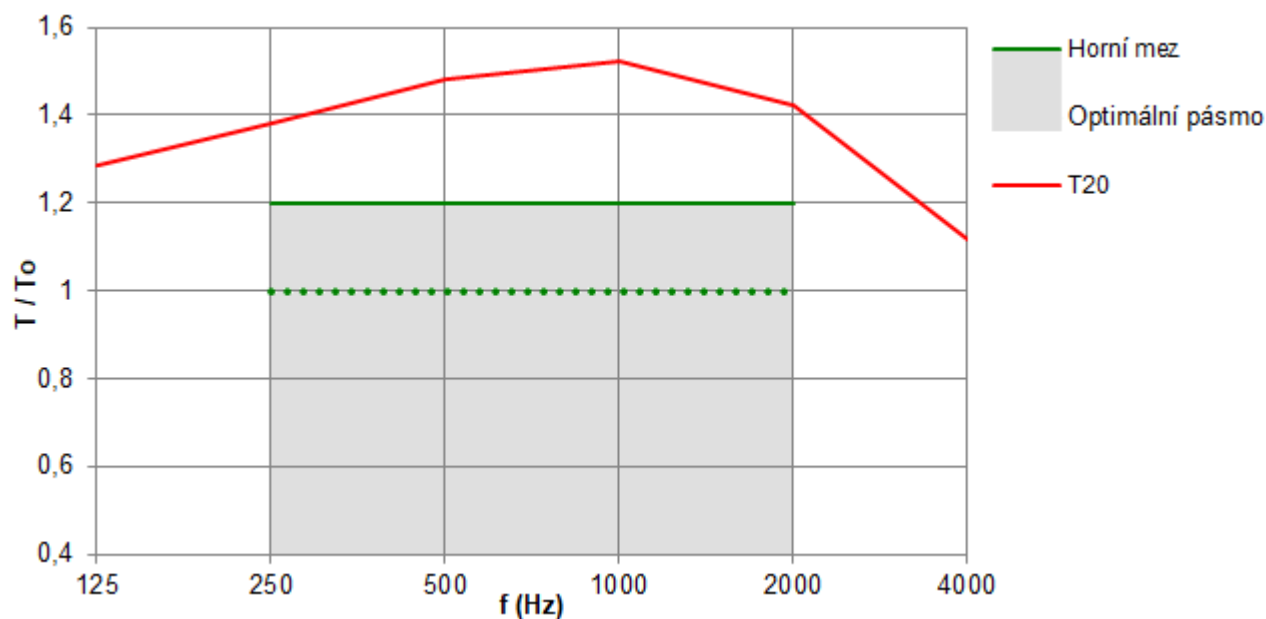
Graf 5.1: Doba dozvuku v místnosti



5.4 Zhodnocení výsledků zkoušky

V grafu je znázorněn kmitočtový průběh doby dozvuku v oktaových pásmech v prostoru a jeho porovnání s optimální dobou dozvuku pro přepážkové haly $T_o < 1,0$ s

Graf 5.2: Grafické znázornění doby dozvuku v prostoru

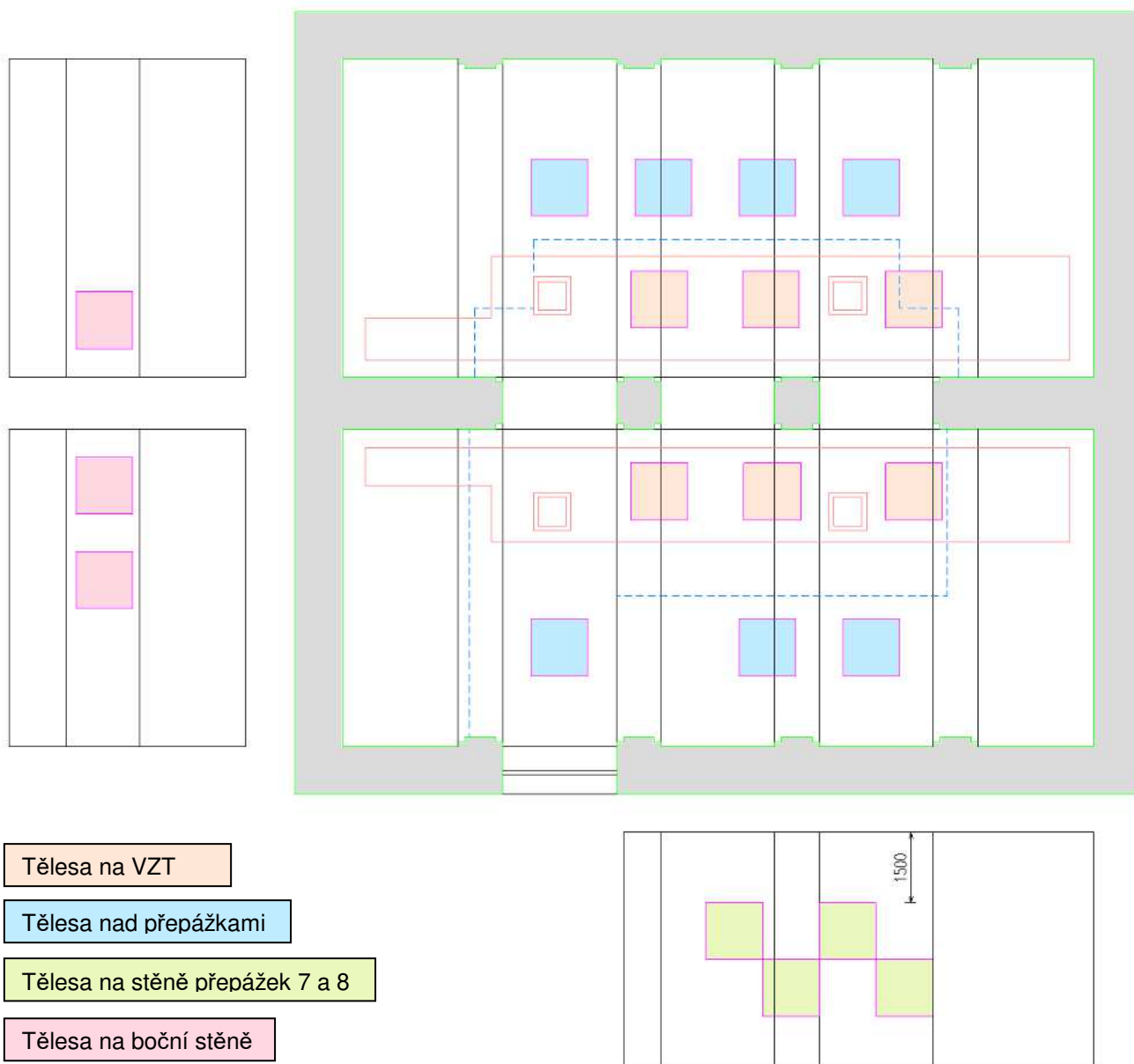


Z měření jsou zřejmé vysoké hodnoty doby dozvuku v celé části spektra. Akustické úpravy by měly snížit dobu dozvuku zejména na středních kmitočtech.

6 Návrh a posouzení akustického řešení

Přepážkové haly úřadů patří k prostorům, kde akustické úpravy slouží hlavně ke snížení hluchosti a zajištění akustického komfortu. Norma pro ně stanovuje minimální úpravy. Zjednodušeně řečeno, čím více pohltivých prvků do prostoru doplníme, tím lepších poslechových podmínek dosáhneme. Vlivem prostorového uspořádání haly je značně omezen výběr materiálů. Pro úpravu byla použita čtvercová prostorová tělesa 1200x1200 mm. Tělesa byla umístěna na opláštění VZT potrubí, dále byla svěšena nad pracoviště, doplněna na stěnu za přepážky 7 a 8 a na stěnu u vstupu. Do prostoru bylo doplněno 20 ks panelů.

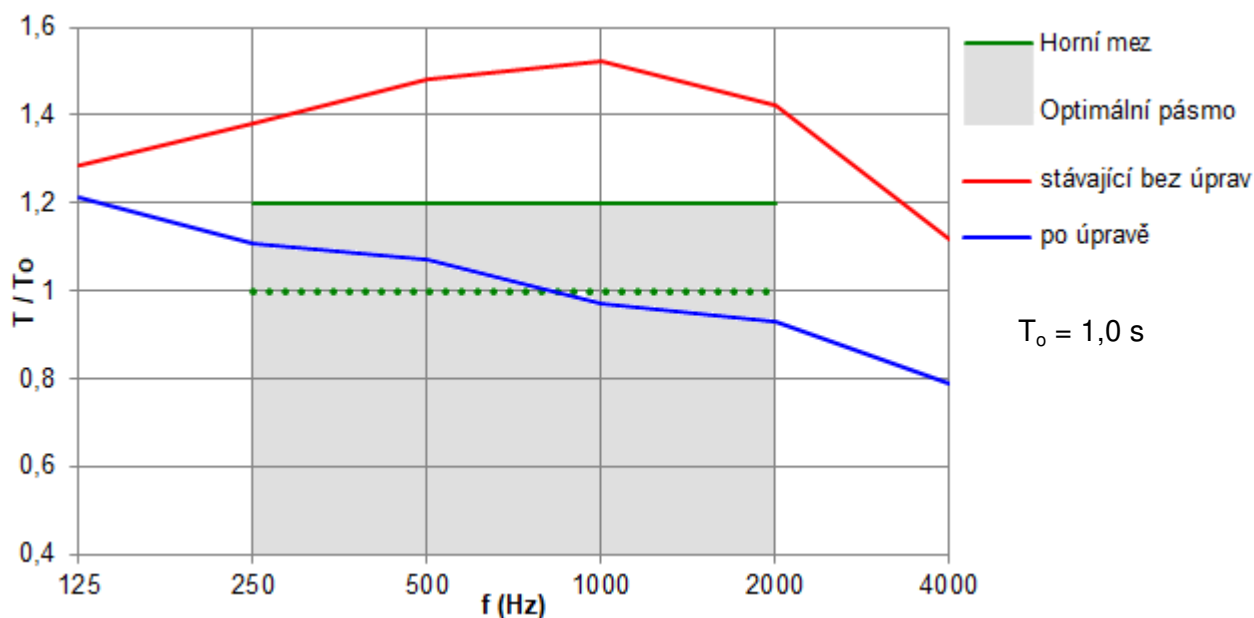
Obr. 6.1: Schéma umístění úprav



Tab. 6.1: Výsledky výpočtů doby dozvuku po úpravě

Přepážková hala $T_o = 1,0$ s		f / Hz					
		125	250	500	1000	2000	4000
Prostor bez úprav	T_N	2,32	2,14	2,32	2,31	2,13	1,51
Prostor s úpravami	T_{up1}	1,05	0,97	0,98	0,98	0,92	0,84

Graf 6.1: Průběh doby dozvuku po úpravě na parametry posluchárny



Hodnocení a komentář:

Z grafu výše je viditelný pokles doby dozvuku ve všech částech spektra. Doba dozvuku po úpravě leží v mezích tolerančního pásma.

7 Použité materiály

7.1 Prostorová tělesa

Akustické vertikální a horizontální volně zavěšené prvky různých tvarů. Prvky jsou akustickým řešením převážně v případech, kde nelze instalovat celoplošný podhled. Jsou vhodné do místností, kde je zapotřebí zachovat jejich objem a světlou výšku. Volně zavěšené prvky nabízí široké spektrum barevných provedení a závěsných systémů. Panely lze zavěsit i v odlišných výškových úrovních i pod různými úhly.

Tyto prvky mají v nabídce prakticky všichni výrobci akustických materiálů (Ecophon - Solo; Rockfon - Eclipse; Owa - Selecta; Eurocoustic - Tonga Single atd.). Standartně se dodávají v bílé barvě. Tloušťka desky 40 mm + minimálně 15 mm instalační profil.

Systémové řady obsahují několik základních geometrických tvarů: obdélník, čtverec, kruh. Někteří výrobci umožňují i vytvoření vlastního návrhu a tvaru. Na prvky některých výrobců lze UV tiskem přenést obrazy.

Příklady realizace:



Základní geometrické tvary a jejich rozměry:

