



Akustická laboratoř

Autorizovaná dle zákona č. 258/2000 Sb., ve znění pozdějších předpisů

Akulab s.r.o., Kavriánov 417/417, 683 52 Šaratice

www.akulab.cz, e-mail: akulab@akulab.cz, tel.: 606 641 521

Objednatel: Jiří Koryčanský

Sídlištní 734

756 54 Zubří

Akustická studie – výpočet doby dozvuku

Multifunkční vzdělávací centrum pro žáky ZŠ Šafáříkova

Vypracoval: Mgr. Luboš Popelák

Verze: 01

Kontakt na zpracovatele: e-mail: popelak@akulab.cz, tel.: +420 606 641 521




V Šaraticích dne: 19. 08. 2023


.....

Ing. Lukáš Haluska
Vedoucí akustické laboratoře

Bez písemného souhlasu laboratoře není možno hlukovou studii reprodukovat jinak než celou.

	Multifunkční vzdělávací centrum pro žáky ZŠ Šafáříkova		
	Akustická studie – výpočet doby dozvuku 2023/08-11	strana	2 z 17

1. Úvod.....	3
2. Požadavky normy	3
3. Posuzované prostory	4
4. Výpočet.....	7
4.1 Postup výpočtu.....	7
4.2 Výpočet pro jazykovou učebnu.....	8
4.3 Výpočet pro počítačovou učebnu	12
5. Závěr.....	16
5.1 Navržená opatření.....	16
6. Použitá literatura	16
7. Přílohy.....	17

	Multifunkční vzdělávací centrum pro žáky ZŠ Šafaříkova		
	Akustická studie – výpočet doby dozvuku 2023/08-11	strana	3 z 17

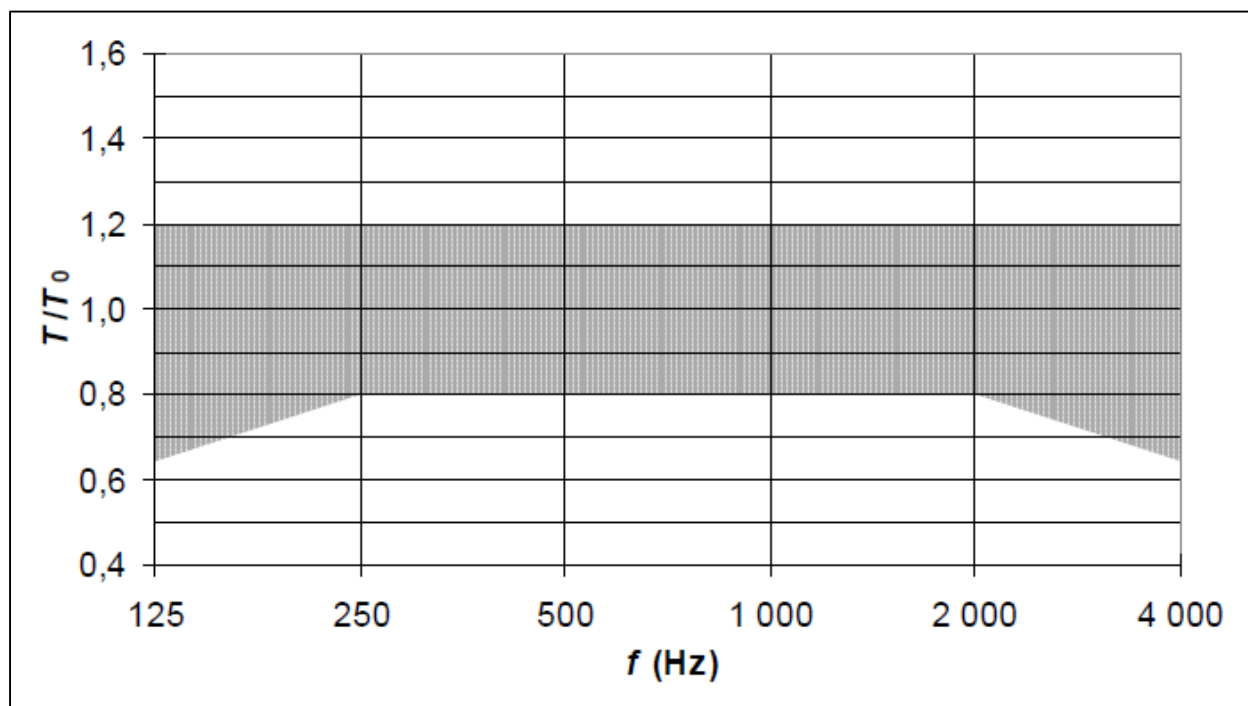
1. Úvod

Akustická studie byla zpracována pro orientační zhodnocení doby dozvuku v prostorách multifunkčního vzdělávacího centra pro žáky základní školy Šafaříkova. V hodnocené části školy je plánovaná rekonstrukce, kdy vzniknou ze stávajících třech učeben dvě modernizované učebny. Jedna z učeben je určena k výuce jazyků a druhá jako počítačová učebna. U jazykové učebny (ozn. 1.03) v prvním nadzemním podlaží je uvažováno s obsazeností 16 osob (1 učitel a 15 žáků). U počítačové učebny (ozn. 1.04) v prvním nadzemním podlaží je uvažováno s obsazeností 21 osob (1 učitel a 20 žáků). V rámci akustické studie budou navržena akustická opatření pro splnění požadavků normy ČSN 73 0527 [2].

2. Požadavky normy

Pro posouzení kvality akustiky v místnosti jsou klíčové dvě hodnoty. Je to optimální doba dozvuku T_0 představující hodnotu, jež je pro daný typ místnosti nejvhodnější. ČSN 73 0527 [2] stanovuje pro místnosti typu „učebna a posluchárna“ do 250 m³ **$T_0 = 0,7$ s** a pro místnosti typu „Jazyková učebna (laboratoř)“ 130 až 180 m³ **$T_0 = 0,45$ s**.

Druhou klíčovou hodnotou prostorové akustiky je skutečná doba dozvuku T . Tyto dvě hodnoty jsou pro vyhodnocení dány do poměru. Jejich poměr je potom vymezen normou ČSN 73 0527 [2] stanovením horní a dolní meze. Pro posouzení hodnocených učeben je použito rozmezí poměru pro prostory určené k přednesu řeči, viz obr. 1.

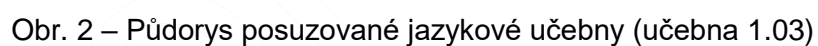


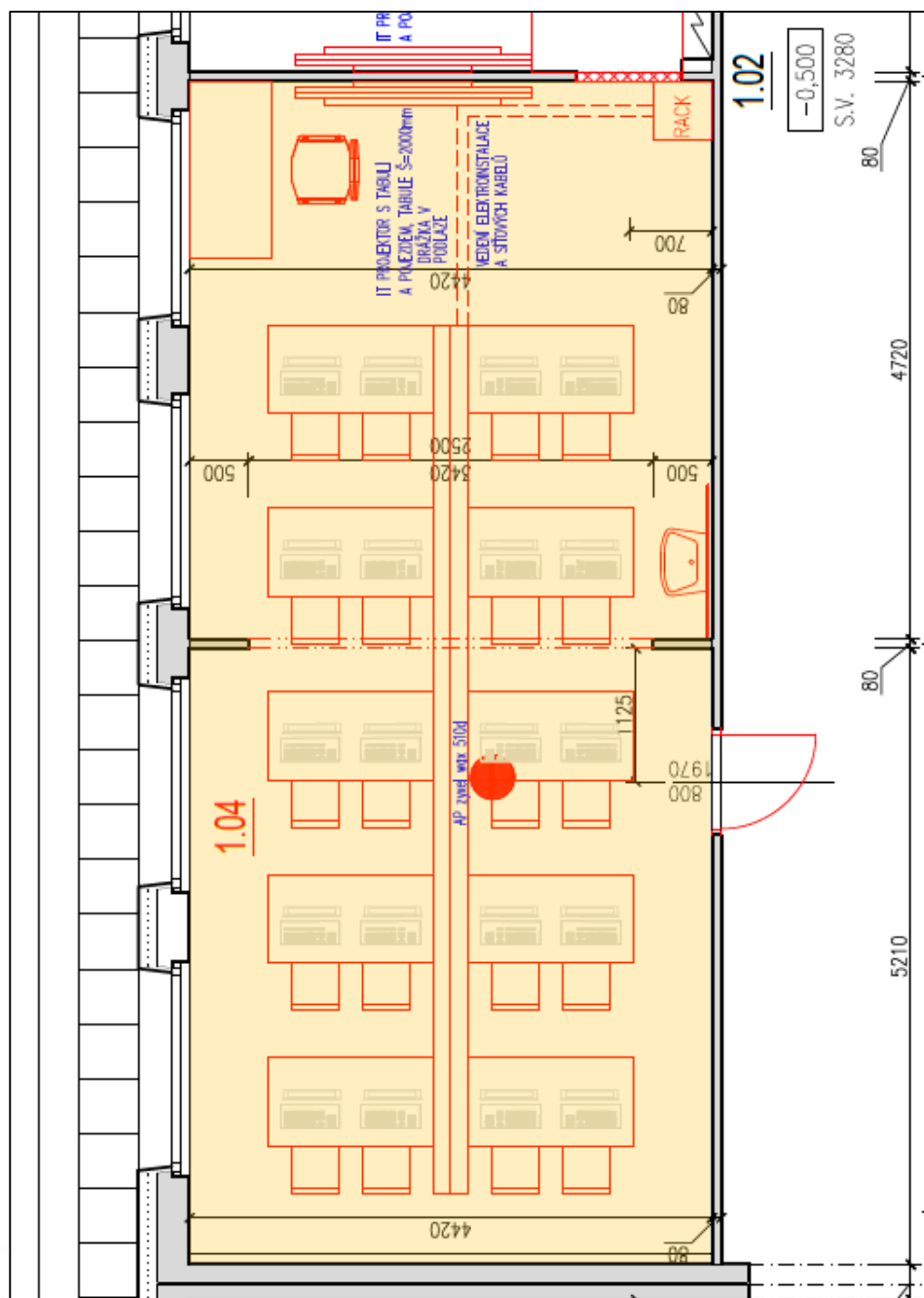
Obr. 1 – Přípustné rozmezí poměru dob dozvuku T/T_0 obsazeného prostoru k přednesu řeči v závislosti na středním kmitočtu oktávového pásma (převzato z ČSN 73 0527 [2])

3. Posuzované prostory


Předmětem studie jsou učebny v prostorách multifunkčního vzdělávacího centra pro žáky základní školy Šafaříkova. Třídy se nachází v 1. NP. Z hlediska normy ČSN 73 0527 [2] se bude jednat o místnost typu „Jazyková učebna (laboratoř)“ a „Učebna a posluchárna“.

U jazykové učebny (ozn. 1.03) v prvním nadzemním podlaží je uvažováno s obsazeností 16 osob (1 učitel a 15 žáků). U počítačové učebny (ozn. 1.04) v prvním nadzemním podlaží je uvažováno s obsazeností 21 osob (1 učitel a 20 žáků). Jazyková učebna má podlahovou plochu 31,25 m² a světlou výšku 3,28 m. Počítačová učebna má podlahovou plochu 43,75 m² a světlou výšku také 3,28 m. Přesné rozměry třídy jsou na obrázcích 2 a 3 níže. Většina povrchu posuzované místnosti je tvořena omítkou na zděných konstrukcích a stropu. Po návrhu akustických úprav je použit podhled stropu s prvky Ecophon Gedina Gamma a Ecophon Gedina A se vzduchovou mezerou 200 mm. Místnosti jsou prosvětleny okny a obsahují jedny dveře. Nášlapná vrstva podlahy je tvořena PVC krytinou.





Obr. 3 – Půdorys počítačové učebny (učebny 1.04)

	Multifunkční vzdělávací centrum pro žáky ZŠ Šafáříkova		
	Akustická studie – výpočet doby dozvuku 2023/08-11	strana	7 z 17

4. Výpočet

Pro objektivní hodnocení prostorové akustiky byl vytvořen výpočtový model místností, kterým byla určena hodnota doby dozvuku T v posuzovaných prostorech bez akustických úprav. Vypočtené doby dozvuku T bez úprav bude porovnán se stanovenou optimální dobou dozvuku T_0 . Jejich poměr pak bude prostřednictvím návrhu akustických opatření optimalizován tak, aby byl ve výhledovém stavu v souladu s doporučením normy ČSN 73 0527 [2].

4.1 Postup výpočtu

Výpočet doby dozvuku T byl proveden dle požadavků dle ČSN 73 0525 [1] a ČSN 73 0527 [2]. Činitelé zvukové pohltivosti α v jednotlivých frekvenčních pásmech byly pro výpočet vzaty z hodnot experimentálně zjištěných činitelů zvukové pohltivosti [3], [4] a [5]. Ostatní hodnoty činitelů zvukové pohltivosti byly získány od dodavatelů konkrétních materiálů.

Pro výpočet doby dozvuku T byl použit Eyringův vzorec.


$$T(s) = 0,163 \cdot V \frac{1}{s\alpha_e + 4mV}$$

kde $\alpha_e = -\ln(1 - \alpha)$

$4mV$...ztráta akustické energie vlivem absorpce (pro místnosti větší než 2000 m³)

V ...objem místnosti [m³]

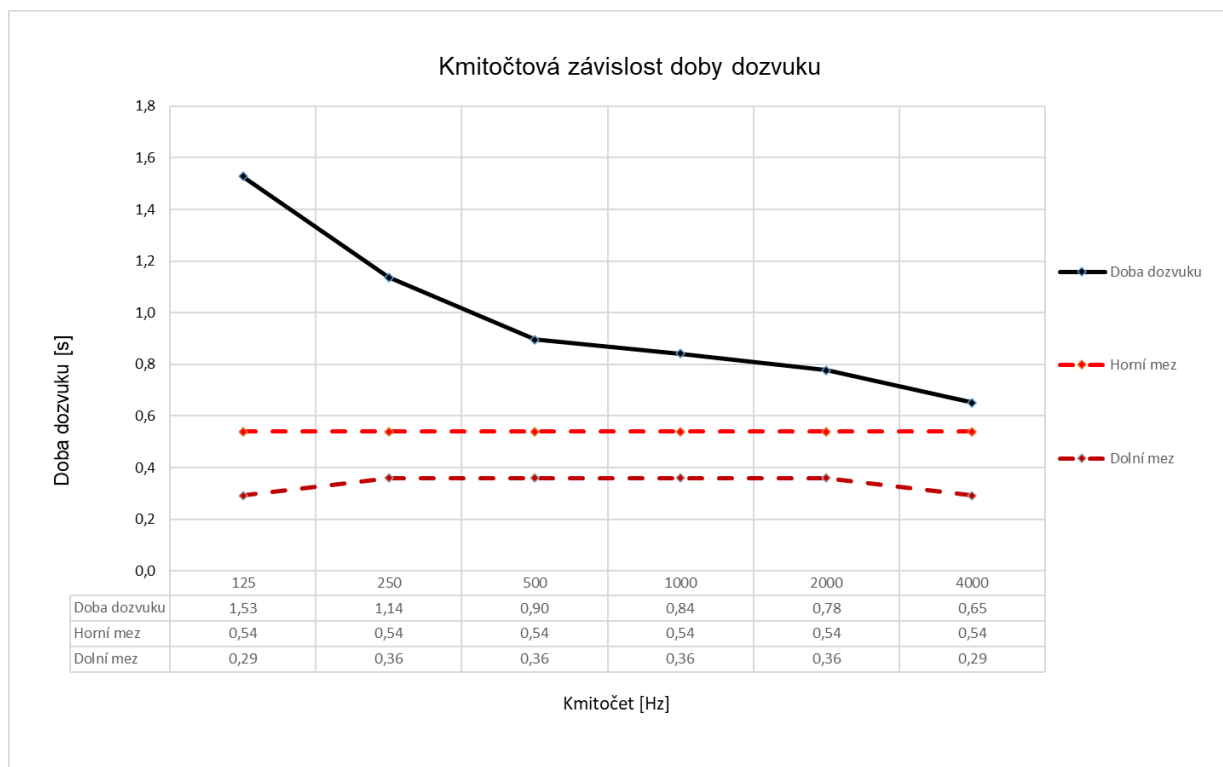
m ...koeficient pohltivosti v závislosti na relativní vlhkosti

	Multifunkční vzdělávací centrum pro žáky ZŠ Šafáříkova		
	Akustická studie – výpočet doby dozvuku 2023/08-11	strana	8 z 17

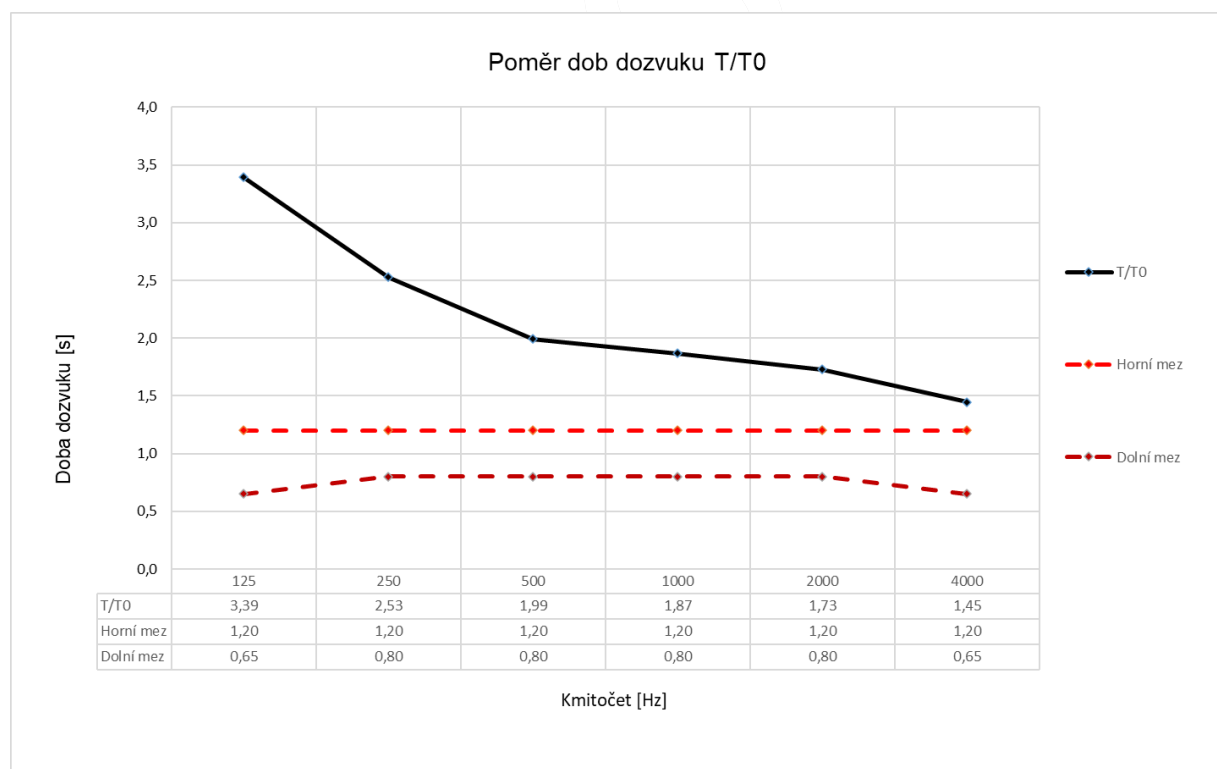
4.2 Výpočet pro jazykovou učebnu


Tab. 1 – Výpočet doby dozvuku jazykové učebny – stav před realizací akustických úprav

Frekvence [Hz]	-	125	250	500	1000	2000	4000
Povrch	Plocha [m ²]	Činitel zvukové pohltivosti α [-]					
Dřevěné dveře	1,77	0,14	0,10	0,08	0,08	0,08	0,08
Okna	12,13	0,12	0,08	0,05	0,04	0,03	0,02
Podlaha – PVC	31,47	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,05
Omítka	93,27	0,03	0,03	0,03	0,04	0,05	0,08
Osoby	16	0,15	0,30	0,44	0,45	0,46	0,46
Vybavení učebny	8,00	0,10	0,11	0,10	0,09	0,08	0,11
Činitel zvukové pohltivosti α [-]		0,07	0,10	0,12	0,13	0,14	0,17
Doba dozvuku T [s]		1,53	1,14	0,90	0,84	0,78	0,65



Obr. 4 – Vypočtená doba dozvuku jazykové učebny bez akustických úprav

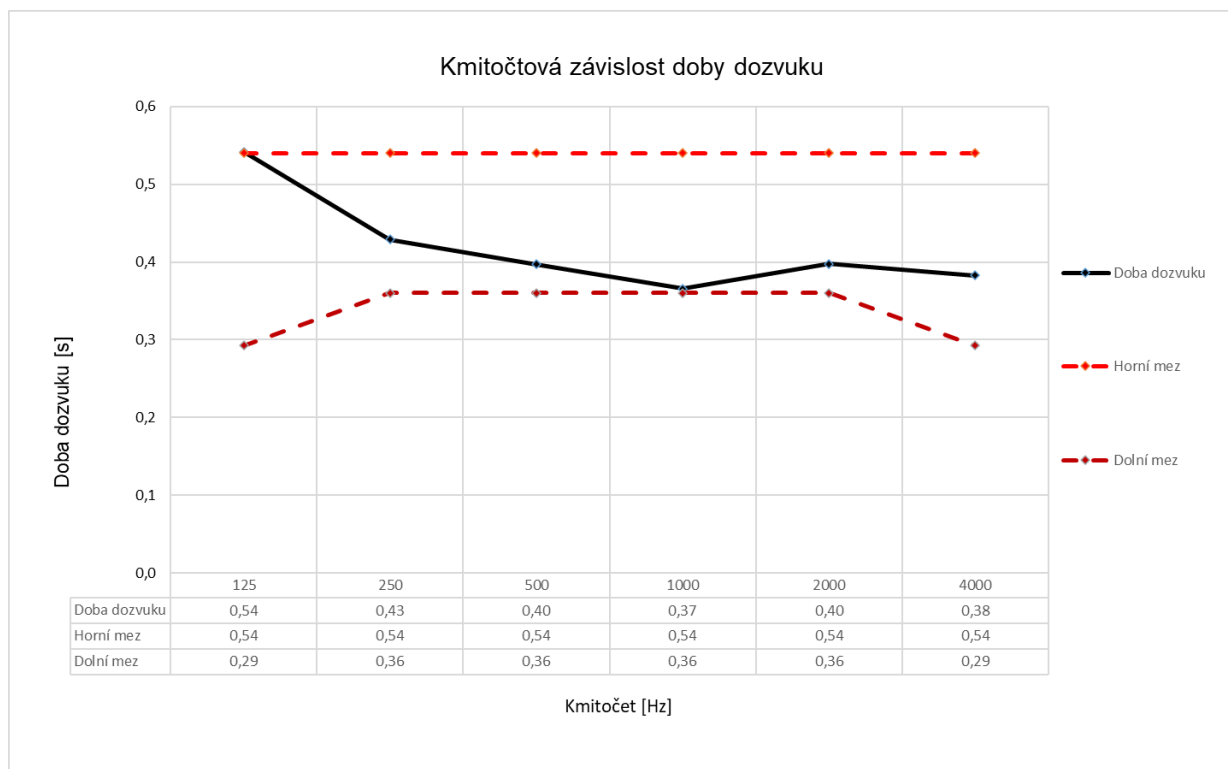

Obr. 5 – Poměr vypočtené doby dozvuku T a optimální doby dozvuku T_0 jazykové učebny bez akustických úprav

	Multifunkční vzdělávací centrum pro žáky ZŠ Šafáříkova		
	Akustická studie – výpočet doby dozvuku 2023/08-11	strana	10 z 17

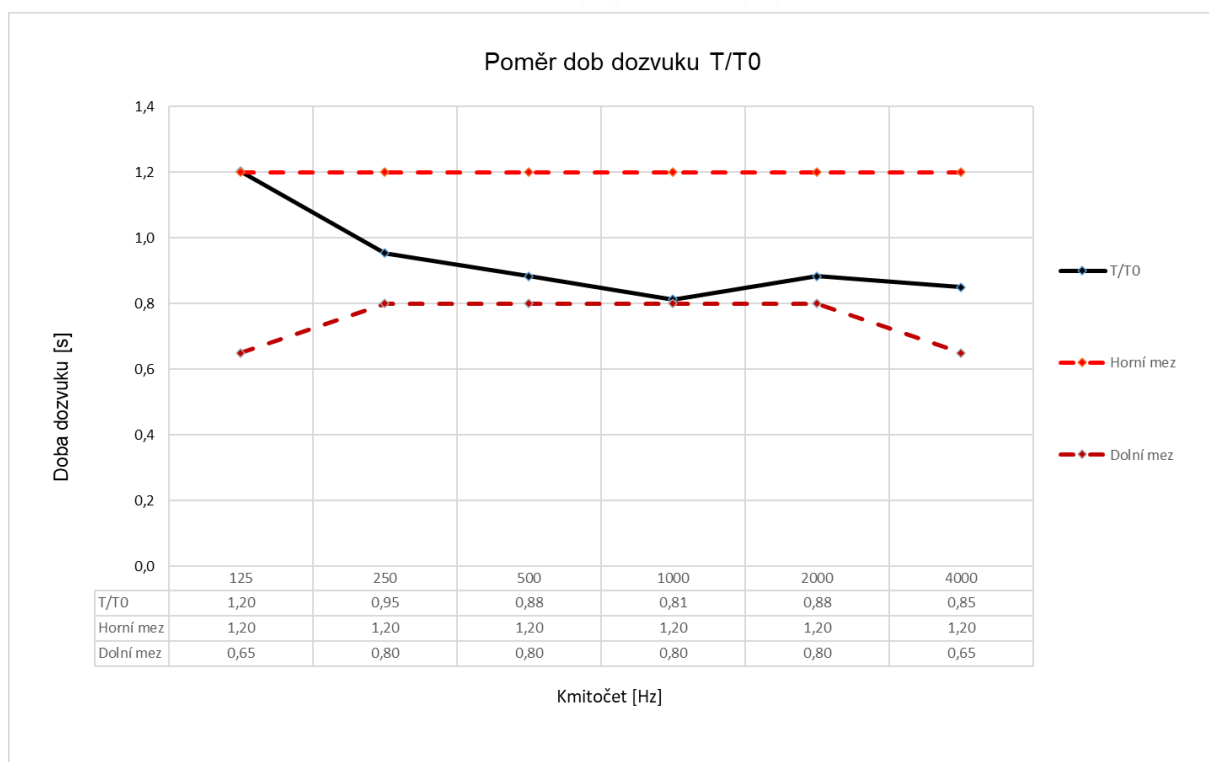
Tab. 2 – Výpočet doby dozvuku jazykové učebny – stav po realizaci akustických úprav


Frekvence [Hz]	-	125	250	500	1000	2000	4000
Povrch	Plocha [m ²]	Činitel zvukové pohltivosti α [-]					
Dřevěnné dveře	1,77	0,14	0,10	0,08	0,08	0,08	0,08
Okna	12,13	0,12	0,08	0,05	0,04	0,03	0,02
Podlaha – PVC	31,47	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,05
Omítka	57,19	0,03	0,03	0,03	0,04	0,05	0,08
Ecophon Gedina Gamma	21,47	0,50	0,40	0,30	0,45	0,25	0,20
Ecophon Gedina A, vzduch. mezera 200 mm	10,00	0,45	0,90	1,00	0,85	0,95	0,95
Osoby	16	0,15	0,30	0,44	0,45	0,46	0,46
Nábytek	8,00	0,10	0,11	0,10	0,09	0,08	0,11
Činitel zvukové pohltivosti α [-]		0,19	0,25	0,27	0,29	0,26	0,28
Doba dozvuku T [s]		0,54	0,43	0,40	0,37	0,40	0,38

 Navržená opatření



Obr. 6 – Vypočtená doba dozvuku jazykové učebny po realizaci akustických úprav

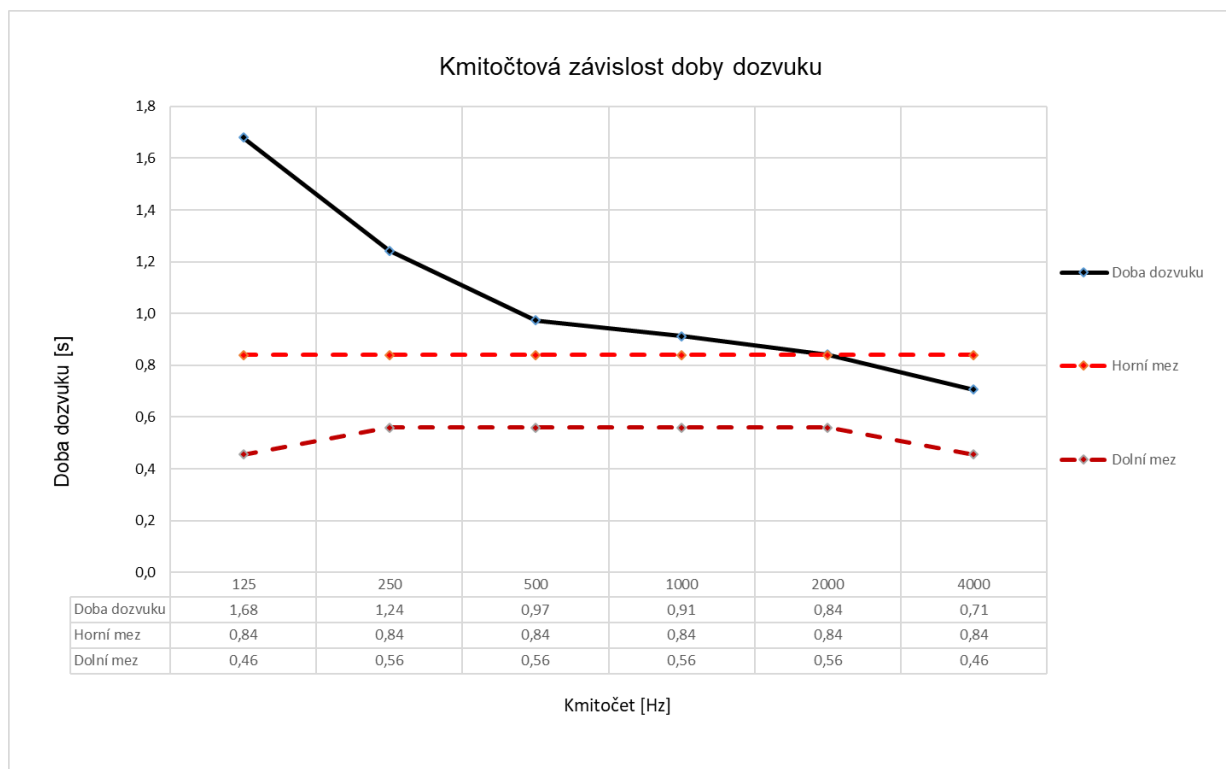

Obr. 7 – Poměr vypočtené doby dozvuku T a optimální doby dozvuku T_0 jazykové učebny po realizaci akustických úprav

	Multifunkční vzdělávací centrum pro žáky ZŠ Šafáříkova		
	Akustická studie – výpočet doby dozvuku 2023/08-11	strana	12 z 17

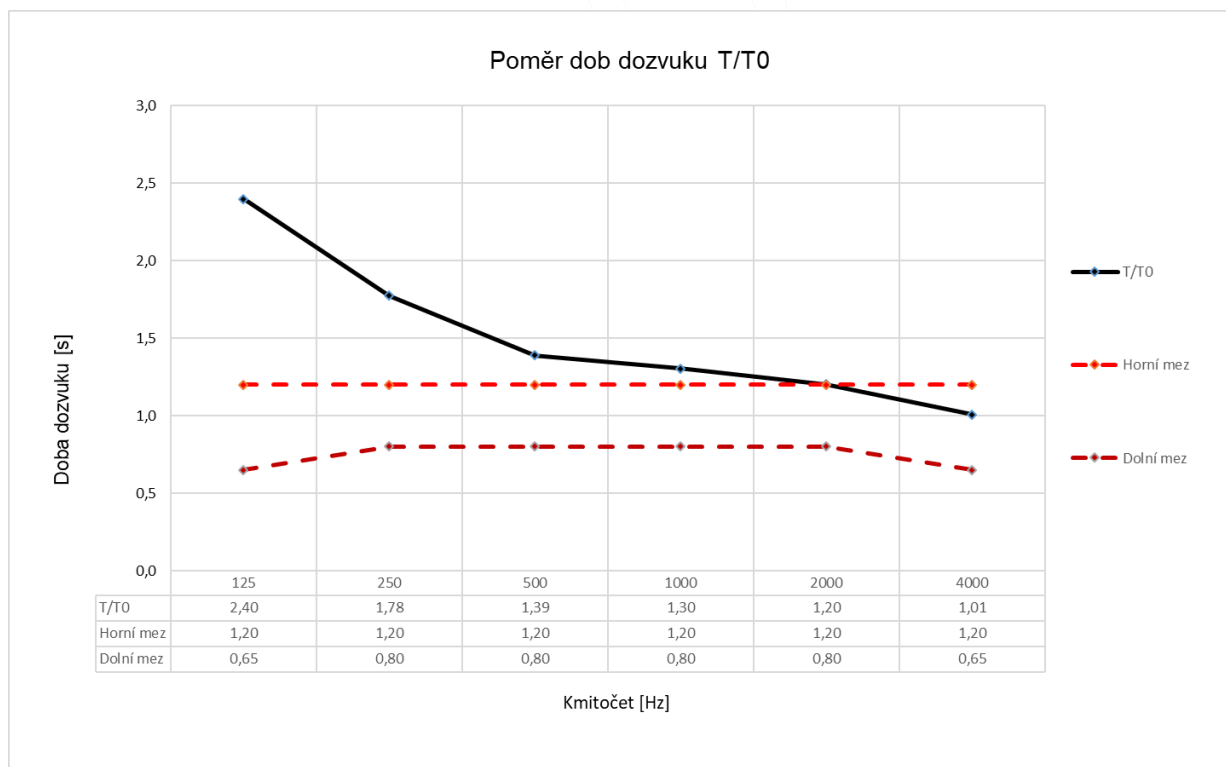
4.3 Výpočet pro počítačovou učebnu


Tab. 3 – Výpočet doby dozvuku počítačové učebny – stav před realizací akustických úprav

Frekvence [Hz]	-	125	250	500	1000	2000	4000
Povrch	Plocha [m ²]	Činitel zvukové pohltivosti α [-]					
Dřevěné dveře	1,58	0,14	0,10	0,08	0,08	0,08	0,08
Okna	16,17	0,12	0,08	0,05	0,04	0,03	0,02
Podlaha – PVC	44,24	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,05
Omítka	121,16	0,03	0,03	0,03	0,04	0,05	0,08
Osoby	21	0,15	0,30	0,44	0,45	0,46	0,46
Nábytek	8,00	0,10	0,11	0,10	0,09	0,08	0,11
Činitel zvukové pohltivosti α [-]		0,07	0,09	0,12	0,13	0,14	0,16
Doba dozvuku T [s]		1,68	1,24	0,97	0,91	0,84	0,71



Obr. 8 – Vypočtená doba dozvuku počítačové učebny bez akustických úprav

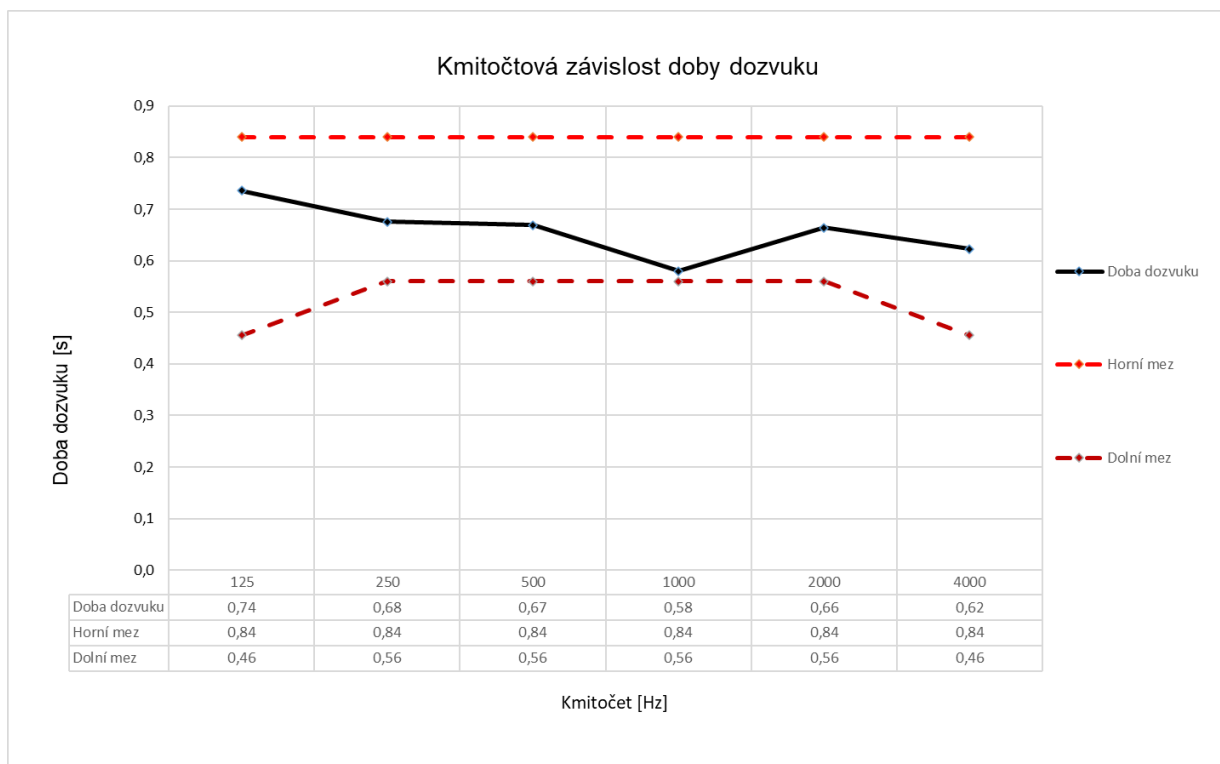

Obr. 9 – Poměr vypočtené doby dozvuku T a optimální doby dozvuku T_0 počítačové učebny bez akustických úprav

	Multifunkční vzdělávací centrum pro žáky ZŠ Šafáříkova		
	Akustická studie – výpočet doby dozvuku 2023/08-11	strana	14 z 17

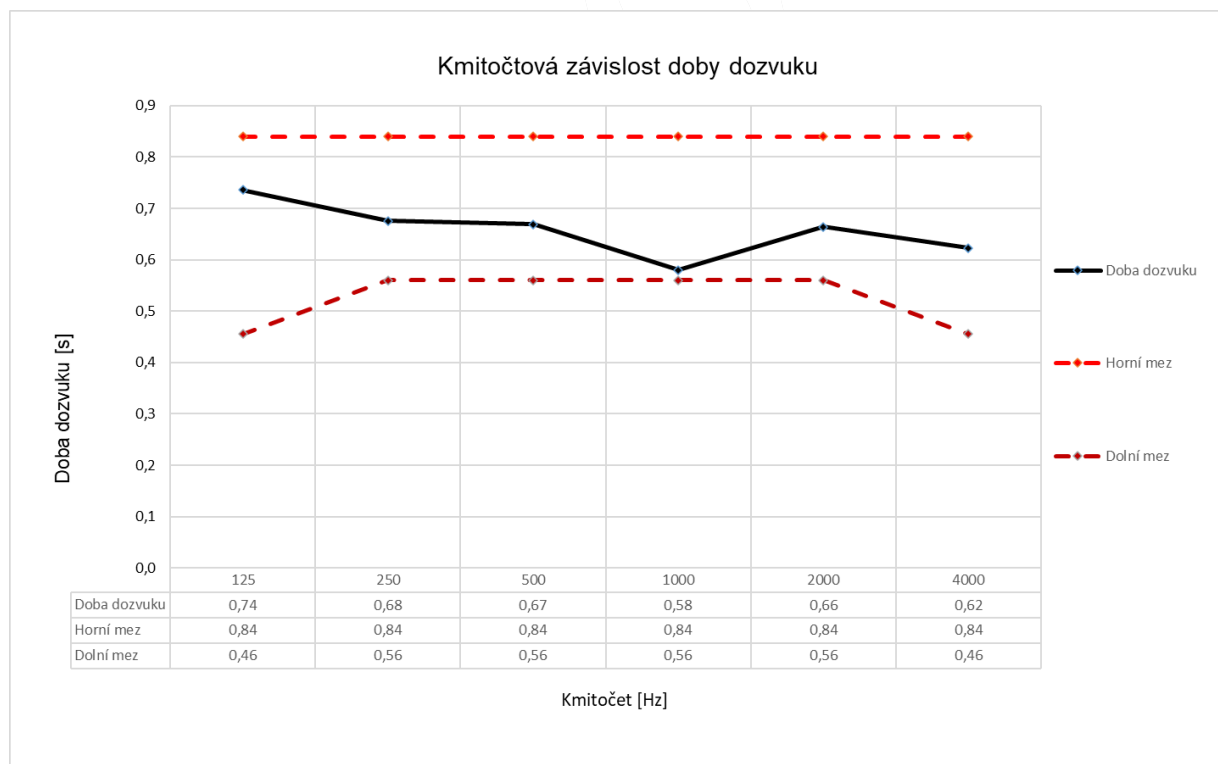
Tab. 4 – Výpočet doby dozvuku počítačové učebny – stav po realizaci akustických úprav


Frekvence [Hz]	-	125	250	500	1000	2000	4000
Povrch	Plocha [m ²]	Činitel zvukové pohltivosti α [-]					
Dřevěné dveře	1,58	0,14	0,10	0,08	0,08	0,08	0,08
Okna	16,17	0,12	0,08	0,05	0,04	0,03	0,02
Podlaha – PVC	44,24	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,05
Omítka	71,14	0,03	0,03	0,03	0,04	0,05	0,08
Ecophon Gedina Gamma vzduch. mezera 200 mm	24,24	0,50	0,40	0,30	0,45	0,25	0,20
SDK vzduch. mezera 200 mm	20,00	0,11	0,13	0,05	0,02	0,02	0,03
Osoby	21	0,15	0,30	0,44	0,45	0,46	0,46
Nábytek	8,00	0,10	0,11	0,10	0,09	0,08	0,11
Činitel zvukové pohltivosti α [-]		0,15	0,17	0,17	0,19	0,17	0,18
Doba dozvuku T [s]		0,74	0,68	0,67	0,58	0,66	0,62

 Navržená opatření



Obr. 10 – Vypočtená doba dozvuku počítačové učebny po realizaci akustických úprav


Obr. 11 – Poměr vypočtené doby dozvuku T a optimální doby dozvuku T_0 počítačové učebny po realizaci akustických úprav

	Multifunkční vzdělávací centrum pro žáky ZŠ Šafáříkova		
	Akustická studie – výpočet doby dozvuku 2023/08-11	strana	16 z 17

5. Závěr

Akustika prostorů posuzovaných budoucích učeben je bez použití akustických úprav nevyhovující. Z tohoto důvodu se navrhuje realizace akustického kazetového podhledu Ecophon Gedina A Gamma a Ecophon Gedina A při použití vzduchové mezery 200 mm, jako opatření vedoucích ke snížení doby dozvuku v celém sledovaném frekvenčním spektru v souladu s požadavky normy ČSN 730527 [2].

5.1 Navržená opatření

1) Jazyková učebna: Ecophon Gedina A Gamma v celkovém rozsahu 21,47 m² (68% povrchu stropu) a Ecophon Gedina A v celkovém rozsahu 10 m² (32% povrchu stropu) se vzduchovou mezerou 200 mm. Dílce jsou uloženy v rastru jako podhled. Kazety Gamma optimalizující zejména nižší část spektra se doporučuje umístit do zadní části učebny, kazety Gedina A optimalizující zejména střední a vyšší část spektra se doporučuje umístit do prostoru přednášejícího.

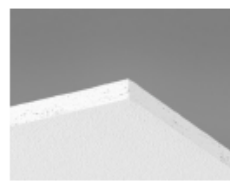
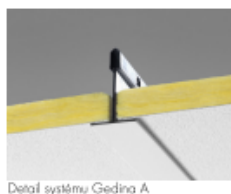
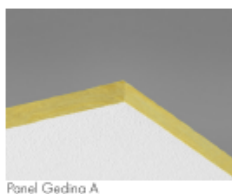
2) Počítačová učebna: Ecophon Gedina A Gamma v celkovém rozsahu 24,2 m² (55% povrchu stropu) se vzduchovou mezerou 200 mm. Dílce jsou uloženy v rastru jako podhled a jejich umístění se doporučuje do zadní části učebny. Zbýlá plocha podhledu, v části učebny přiléhající k prostoru přednášejícího, bude tvořena ze SDK desek.

6. Použitá literatura

- [1] ČSN 73 0525 (73 0525) Akustika – Projektování v oboru prostorové akustiky – Všeobecné zásady
- [2] ČSN 73 0527 (73 0527) Akustika – Projektování v oboru prostorové akustiky – Prostory pro kulturní účely – Prostory ve školách – Prostory pro veřejné účely
- [3] J. Vaverka, J. Chybík: Akustika staveb. Souhrn materiálů a jejich fyzikálních vlastností pro aplikace v prostorové akustice, VUT Brno, 1996.
- [4] J. Kaňka: Stavební fyzika 1. Akustika budov, ČVUT, 2007.
- [5] T. Hrádek, J. Tuček: Katalog akustických prvků, Akademie múzických umění v Praze, 2011.

7. Přílohy

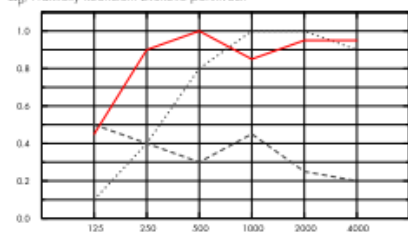
1) Akustický pohled Ecophon Gedina A Gamma a Ecophon Gedina A

<https://www.ecophon.com>


Akustika

Zvuková absorpce:

Výsledky zkoušek v souladu s normou EN ISO 354. Klasifikace v souladu s EN ISO 11654.

 α_p Praktický koeficient zvukové pohltivosti


.... Gedina A 15 mm, 50 mm o.d.s.
 — Gedina A 15 mm, 200 mm o.d.s.
 --- Gedina A/gamma 15 mm, 200 mm o.d.s.
 o.d.s. = celková hloubka systému

	tl. mm	o.d.s. mm	α_p Praktický koeficient zvukové pohltivosti						α_w	absorpční třída
			125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz		
-	15	50	0.10	0.40	0.80	1.00	1.00	0.90	0.70	C
-	15	200	0.45	0.90	1.00	0.85	0.95	0.95	0.95	A
gamma	15	200	0.50	0.40	0.30	0.45	0.25	0.20	0.30	D

tl. mm	o.d.s. mm	NRC	SAA
15	50	0.80	0.80
15	400	0.85	0.86

tl. mm	AC[1.5]	$D_{nT,w}$	CAC dB
	Antukulační třída, ASTM E1111, ASTM E1110	Vážená normová hodnota izolace zvuku, ISO 10848-2	Třída útlumu hluku, ASTM 1414, ASTM E413
15	190	19	19

Kvalita vnitřního prostředí



Certifikáty / Označení	600x600, 1200x600 (NE)	Other formats
Eurofins Indoor Air Comfort®	IAC Gold	IAC
French VOC	A+	A
Finnish M1		•

