

## Výpočet doby dozvuku

# STAVEBNÍ ÚPRAVY A ZMĚNA V UŽÍVÁNÍ ČÁSTI STAVBY – UČEBNY ZUŠ

Místo stavby: k. ú. Město Žďár p. č. 3348  
Investor: Město Žďár nad Sázavou  
Žižkova 227/1, Žďár nad Sázavou

Objednatel: Ing. Jaroslav Rouš  
Havlíčkově nám. 152, 591 01 Žďár nad Sázavou

Datum zpracování: září 2023

Počet výtisků: 1

Výtisk č. 1

Počet příloh: 0

Zpracovala: RNDr. Iva Janáčková



Akustické posouzení je zpracováno pro vznik nových učeben v objektu p. č. 3348 k. ú. Město Žďár, učebny jsou posouzeny z hlediska prostorové akustiky, resp. doby dozvuku.

Jedná se o dvě třídy Základní umělecké školy v 7. NP objektu. Obsazenost obou tříd je 8 žáků. Základní parametry řešených učeben jsou uvedeny v tabulce 1.

TABULKA 1

NP	Místnost		Počet žáků	Základní vnitřní rozměry [m]			Plocha podlahy [m <sup>2</sup> ]	Objem [m <sup>3</sup> ]
	Č. M.	NÁZEV MÍSTNOSTI		délka	šířka	sv. výška		
7.	717	IT UČEBNA	8	6.357	4.888	2.755	30.88	85.07
	719	VÝTVARNÁ UČEBNA	8	5.976	5.179	2.770	24.50	67.87

## DOBA DOZVUKU

### Hygienické a normové požadavky

Požadavky na dobu dozvuku v prostorách pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých upravuje vyhláška č. 410/2005 Sb., ve znění pozdějších předpisů, a to v § 4b: „V zařízeních pro výchovu a vzdělávání a provozovnách pro výchovu a vzdělávání musí být dodrženy normové hodnoty podle příslušné české technické normy upravující optimální doby dozvuku“.

Touto normou je ČSN 73 0527 Akustika – Projektování v oboru prostorové akustiky - Prostory pro kulturní účely - Prostory ve školách – Prostory pro veřejné účely ze srpna 2023. Rozhodujícím krokem pro vytvoření příznivých akustických poměrů v uzavřeném prostoru je dosažení optimální doby dozvuku, takové, jaká odpovídá danému účelu prostoru. V tabulce 5 této normy jsou uvedeny požadavky na školské prostory a prostory pro vzdělávání.

Pro kmenové a odborné učebny se hodnota optimální doby dozvuku stanovuje z křivky A uvedené na obrázku A.2 v závislosti na objemu učebny; toleranční pásmo v závislosti na středním kmitočtu oktavového pásma je pak definováno na obrázku A.5 normy.

Místnost		Optimální doba dozvuku $T_0$ [s]
Č. M.	NÁZEV MÍSTNOSTI	
717	IT UČEBNA	0.47
719	VÝTVARNÁ UČEBNA	0.44

Uvedené požadavky platí pro obsazený prostor.

Na obrázku A.5 citované technické normy je uvedeno toleranční pásmo poměru dob dozvuku  $T/T_0$  obsazeného prostoru určeného k přednesu řeči v závislosti na středním kmitočtu oktavového pásma; kmitočtový průběh doby  $T/T_0$  se kontroluje v oktavových pásmech od 125 Hz do 4000 Hz. Horní mez přípustného rozmezí  $T/T_0$  je ve všech kontrolovaných oktavových pásmech 1.2, dolní mez pak 0.8, kromě krajních pásem se středními frekvencemi 125 Hz a 4000 Hz, kde je dolní mez přípustného rozmezí  $T/T_0$  stanovena 0.65.

## Výpočet doby dozvuku

Místnosti, ve kterých je navrhováno zřízení učeben Základní umělecké školy, jsou ve stávajícím stavu vybaveny kazetovým minerálním podhledem s hloubkou svěšení cca 175 až 180 mm. Výtvarná učebna vznikne spojením stávajících místností č. 719 a č. 720, stropní podhled je v současném stavu pouze v míst. č. 719.

IT učebna (míst. č. 717) bude vybavena stolkou a židlemi pro 8 žáků a 1 učitele, stolem pro tiskárnu, stolem pro plotr a scanner, projektorem, projektovým plátnem. V učebně zůstanou stávající vestavěné skříně.

Výtvarná učebna (míst. č. 719) bude vybavena 4 stoly a židlemi pro celkem 8 žáků, skříňkami s policemi.

V obou učebnách bude umyvadlo s okolním keramickým obkladem výšky 1.5 m. Novou povlakovou podlahou v učebnách bude PVC - je navrženo PVC na plstěné podložce.

Je proveden výpočet doby dozvuku pro navrhované učebny, a to pro:

- zachování stávajícího kazetového podhledu
- návrh nového akustického stropní podhledu. V učebnách je navržen nový akustický stropní podhled Rockfon Koral Tenor, tloušťka desek 15 mm, hloubka svěšení 200 mm.

Pro výpočet doby dozvuku je použit Eyringův vzorec

$$T_E = \frac{0,163 \cdot V}{-S \cdot \ln(1 - \alpha_s) + 4 \cdot m \cdot V}$$

kde	$T_E$	- doba dozvuku [s]
	$V$	- vnitřní objem prostoru [m <sup>3</sup> ]
	$S$	- celková vnitřní plocha prostoru [m <sup>2</sup> ]
	$\alpha_s$	- střední činitel zvukové pohltivosti vnitřního povrchu, $\alpha_s = \frac{1}{S} \cdot \sum_{i=1}^n \alpha_i \cdot S_i$
	$m$	- činitel útlumu zvuku při šíření ve vzduchu [m <sup>-1</sup> ], který se uplatní u kmitočtů nad 2000 Hz a u velkých prostor; v tomto případě není člen $4 \cdot m \cdot V$ uvažován.

Osoba nacházející se odděleně, jako např. žák nebo pedagog, vykazuje zvukovou pohltivost, která se přičítá k celkové pohltivosti v prostoru. Pro počet osob  $N$ , z nichž každá vykazuje ekvivalentní plochu pohlcování  $A_p$  (m<sup>2</sup>), pak

$$\alpha_s = \frac{1}{S} \cdot (\sum_{i=1}^n \alpha_i \cdot S_i + N \cdot A_p)$$

kde	$\alpha_i$	- činitel pohltivosti dílčího materiálu
	$S_i$	- dílčí plocha povrchu nebo akustického materiálu [m <sup>2</sup> ].



TABULKA 2 VÝPOČET DOBY DOZVUKU - IT UČEBNA SE STÁVAJÍCÍM PODHLEDEM

Prostor	Povrch	Deskriptor	Oktávové pásmo se středním kmitočtem [Hz]					
			125	250	500	1 000	2 000	4 000
IT učebna	Strop – stávající minerální kazetový podhled, hl. svěšení cca 20 cm	$\alpha_p$	0.40	0.80	0.90	0.80	0.95	0.95
		$S$	30.88	30.88	30.88	30.88	30.88	30.88
		$\alpha_p \cdot S$	12.35	24.70	27.79	24.70	29.34	29.34
	Stěny - omítka hladká	$\alpha_p$	0.02	0.03	0.04	0.05	0.03	0.03
		$S$	38.64	38.64	38.64	38.64	38.64	38.64
		$\alpha_p \cdot S$	0.77	1.16	1.55	1.93	1.16	1.16
	Okna	$\alpha_p$	0.08	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02
		$S$	8.04	8.04	8.04	8.04	8.04	8.04
		$\alpha_p \cdot S$	0.64	0.32	0.24	0.24	0.16	0.16
	Vestavěné skříně, dveře	$\alpha_p$	0.10	0.11	0.10	0.08	0.08	0.11
		$S$	15.28	15.28	15.28	15.28	15.28	15.28
		$\alpha_p \cdot S$	1.53	1.68	1.53	1.22	1.22	1.68
	Dřevěné zařízení (lavice)	$\alpha_p$	0.15	0.10	0.10	0.08	0.05	0.04
		$S$	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
		$\alpha_p \cdot S$	0.60	0.40	0.40	0.32	0.20	0.16
	Podlaha – PVC na plstěné podložce	$\alpha_p$	0.05	0.07	0.10	0.21	0.07	0.05
		$S$	30.88	30.88	30.88	30.88	30.88	30.88
		$\alpha_p \cdot S$	1.54	2.16	3.09	6.48	2.16	1.54
	Žáci (8)	$A_p$	0.20	0.25	0.35	0.45	0.50	0.55
		$N$	8	8	8	8	8	8
		$A_p \cdot N$	1.60	2.00	2.80	3.60	4.00	4.40
	Pedagog (1)	$A_p$	0.20	0.25	0.35	0.45	0.50	0.55
		$N$	1	1	1	1	1	1
		$A_p \cdot N$	0.20	0.25	0.35	0.45	0.50	0.55
Celkem		$A$	19.24	32.68	37.74	38.95	38.74	38.99
		$S$	127.72	127.72	127.72	127.72	127.72	127.72
Doba dozvuku		$T_E$ [s]	0.66	0.37	0.31	0.30	0.30	0.30

kde  $\alpha_p$  - praktický činitel zvukové pohltivosti  
 $N$  - počet osob, popř. zařízení  
 $A_p$  - ekvivalentní plocha pohlcování jedné osoby, popř. jednoho zařízení  
 $A$  - celková pohltivost ( $m^2$ ),  $A = \sum_{i=1}^n \alpha_i \cdot S_i + N \cdot A_p$ .

TABULKA 3 VÝPOČET DOBY DOZVUKU – IT UČEBNA S NOVÝM PODHLEDEM

Prostor	Povrch	Deskriptor	Oktávové pásmo se středním kmitočtem [Hz]					
			125	250	500	1 000	2 000	4 000
IT učebna	Strop – akustický podhled Koral Tenor tl. 15 mm, hl. svěšení 200 mm	$\alpha_p$	0.55	0.60	0.60	0.55	0.60	0.45
		$S$	30.88	30.88	30.88	30.88	30.88	30.88
		$\alpha_p \cdot S$	16.98	18.53	18.53	16.98	18.53	13.90
	Stěny - omítka hladká	$\alpha_p$	0.02	0.03	0.04	0.05	0.03	0.03
		$S$	38.64	38.64	38.64	38.64	38.64	38.64
		$\alpha_p \cdot S$	0.77	1.16	1.55	1.93	1.16	1.16
	Okna	$\alpha_p$	0.08	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02
		$S$	8.04	8.04	8.04	8.04	8.04	8.04
		$\alpha_p \cdot S$	0.64	0.32	0.24	0.24	0.16	0.16
	Vestavěné skříně, dveře	$\alpha_p$	0.10	0.11	0.10	0.08	0.08	0.11
		$S$	15.28	15.28	15.28	15.28	15.28	15.28
		$\alpha_p \cdot S$	1.53	1.68	1.53	1.22	1.22	1.68
	Dřevěné zařízení (lavice)	$\alpha_p$	0.15	0.10	0.10	0.08	0.05	0.04
		$S$	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
		$\alpha_p \cdot S$	0.60	0.40	0.40	0.32	0.20	0.16
	Podlaha – PVC na plstěné podložce	$\alpha_p$	0.05	0.07	0.10	0.21	0.07	0.05
		$S$	30.88	30.88	30.88	30.88	30.88	30.88
		$\alpha_p \cdot S$	1.54	2.16	3.09	6.48	2.16	1.54
	Žáci (8)	$A_p$	0.20	0.25	0.35	0.45	0.50	0.55
		$N$	8	8	8	8	8	8
		$A_p \cdot N$	1.60	2.00	2.80	3.60	4.00	4.40
	Pedagog (1)	$A_p$	0.20	0.25	0.35	0.45	0.50	0.55
		$N$	1	1	1	1	1	1
		$A_p \cdot N$	0.20	0.25	0.35	0.45	0.50	0.55
Celkem		$A$	23.87	26.50	28.48	31.23	27.93	23.55
		$S$	127.72	127.72	127.72	127.72	127.72	127.72
Doba dozvuku		$T_E$ [s]	0.52	0.47	0.43	0.39	0.44	0.53



TABULKA 4 VÝPOČET DOBY DOZVUKU - VÝTVARNÁ UČEBNA SE STÁVAJÍCÍM PODHLEDEM

Prostor	Povrch	Deskriptor	Oktávnové pásmo se středním kmitočtem [Hz]					
			125	250	500	1 000	2 000	4 000
Výtvarná učebna	Strop – stávající minerální kazetový podhled, hl. svěšení cca 20 cm	$\alpha_p$	0.40	0.80	0.90	0.80	0.95	0.95
		S	15.96	15.96	15.96	15.96	15.96	15.96
		$\alpha_p \cdot S$	6.38	12.77	14.36	12.77	15.16	15.16
	Stěny - omítka hladká	$\alpha_p$	0.02	0.03	0.04	0.05	0.03	0.03
		S	50.47	50.47	50.47	50.47	50.47	50.47
		$\alpha_p \cdot S$	1.01	1.51	2.02	2.52	1.51	1.51
	Okna	$\alpha_p$	0.08	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02
		S	7.95	7.95	7.95	7.95	7.95	7.95
		$\alpha_p \cdot S$	0.64	0.32	0.24	0.24	0.16	0.16
	Dveře	$\alpha_p$	0.10	0.11	0.10	0.08	0.08	0.11
		S	3.55	3.55	3.55	3.55	3.55	3.55
		$\alpha_p \cdot S$	0.35	0.39	0.35	0.28	0.28	0.39
	Dřevěné zařízení (stůl, policové skřínky)	$\alpha_p$	0.15	0.10	0.10	0.08	0.05	0.04
		S	5.56	5.56	5.56	5.56	5.56	5.56
		$\alpha_p \cdot S$	0.83	0.56	0.56	0.44	0.28	0.22
	Podlaha – PVC na plstěné podložce	$\alpha_p$	0.05	0.07	0.10	0.21	0.07	0.05
		S	24.50	24.50	24.50	24.50	24.50	24.50
		$\alpha_p \cdot S$	1.23	1.72	2.45	5.15	1.72	1.23
	Strop - omítka	$\alpha_p$	0.02	0.03	0.04	0.05	0.03	0.03
		S	8.54	8.54	8.54	8.54	8.54	8.54
		$\alpha_p \cdot S$	0.17	0.26	0.34	0.43	0.26	0.26
	Žáci (8)	$A_p$	0.20	0.25	0.35	0.45	0.50	0.55
		N	8	8	8	8	8	8
		$A_p \cdot N$	1.60	2.00	2.80	3.60	4.00	4.40
	Pedagog (1)	$A_p$	0.20	0.25	0.35	0.45	0.50	0.55
		N	1	1	1	1	1	1
		$A_p \cdot N$	0.20	0.25	0.35	0.45	0.50	0.55
Celkem		A	12.41	19.77	23.47	25.88	23.87	23.88
		S	116.52	116.52	116.52	116.52	116.52	116.52
Doba dozvuku		$T_E$ [s]	0.84	0.51	0.42	0.38	0.41	0.41

TABULKA 5 VÝPOČET DOBY DOZVUKU - VÝTVARNÁ UČEBNA S NOVÝM PODHLEDEM

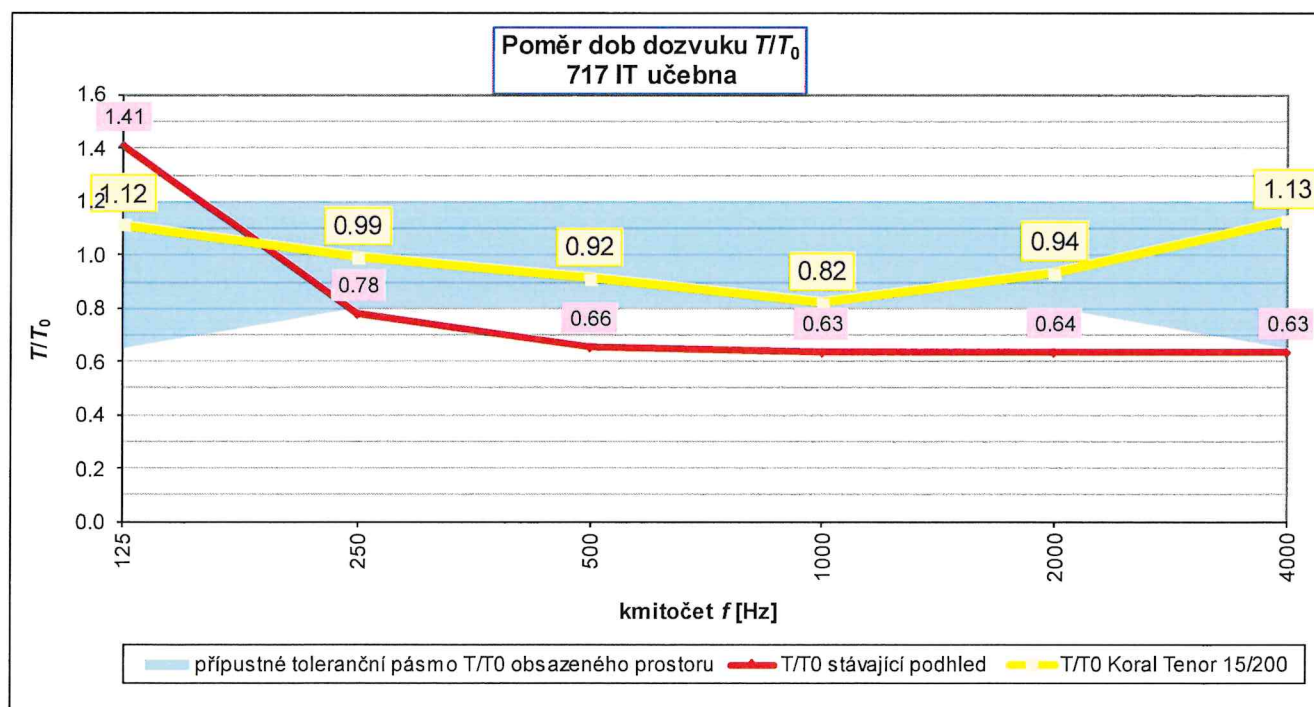
Prostor	Povrch	Deskriptor	Oktávové pásmo se středním kmitočtem [Hz]					
			125	250	500	1 000	2 000	4 000
Výtvarná učebna	Strop – akustický podhled Koral Tenor tl. 15 mm, hl. svěšení 200 mm	$\alpha_p$	0.55	0.60	0.60	0.55	0.60	0.45
		$S$	24.50	24.50	24.50	24.50	24.50	24.50
		$\alpha_p \cdot S$	13.48	14.70	14.70	13.48	14.70	11.03
	Stěny - omítka hladká	$\alpha_p$	0.02	0.03	0.04	0.05	0.03	0.03
		$S$	50.47	50.47	50.47	50.47	50.47	50.47
		$\alpha_p \cdot S$	1.01	1.51	2.02	2.52	1.51	1.51
	Okna	$\alpha_p$	0.08	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02
		$S$	7.95	7.95	7.95	7.95	7.95	7.95
		$\alpha_p \cdot S$	0.64	0.32	0.24	0.24	0.16	0.16
	Dveře	$\alpha_p$	0.10	0.11	0.10	0.08	0.08	0.11
		$S$	3.55	3.55	3.55	3.55	3.55	3.55
		$\alpha_p \cdot S$	0.35	0.39	0.35	0.28	0.28	0.39
	Dřevěné zařízení (stůl, policové skřínky)	$\alpha_p$	0.15	0.10	0.10	0.08	0.05	0.04
		$S$	5.56	5.56	5.56	5.56	5.56	5.56
		$\alpha_p \cdot S$	0.83	0.56	0.56	0.44	0.28	0.22
	Podlaha – PVC na plstěné podložce	$\alpha_p$	0.05	0.07	0.10	0.21	0.07	0.05
		$S$	24.50	24.50	24.50	24.50	24.50	24.50
		$\alpha_p \cdot S$	1.23	1.72	2.45	5.15	1.72	1.23
	Žáci (8)	$A_p$	0.20	0.25	0.35	0.45	0.50	0.55
		$N$	8	8	8	8	8	8
		$A_p \cdot N$	1.60	2.00	2.80	3.60	4.00	4.40
	Pedagog (1)	$A_p$	0.20	0.25	0.35	0.45	0.50	0.55
		$N$	1	1	1	1	1	1
		$A_p \cdot N$	0.20	0.25	0.35	0.45	0.50	0.55
Celkem		$A$	19.33	21.44	23.47	26.16	23.15	19.49
		$S$	116.52	116.52	116.52	116.52	116.52	116.52
Doba dozvuku		$T_E$ [s]	0.52	0.47	0.42	0.37	0.43	0.52



V následující tabulce 6 a v následujících grafech je provedeno vyhodnocení navržené akustické úpravy vzhledem k požadavkům normy ČSN 73 0527 (srpen 2023). V grafu je znázorněno přípustné toleranční pásmo  $T/T_0$  v závislosti na kmitočtu pro obsazený prostor určený k přednesu řeči (učebny) a poměry dob dozvuku  $T/T_0$  vypočítané pro navrženou akustickou úpravu.

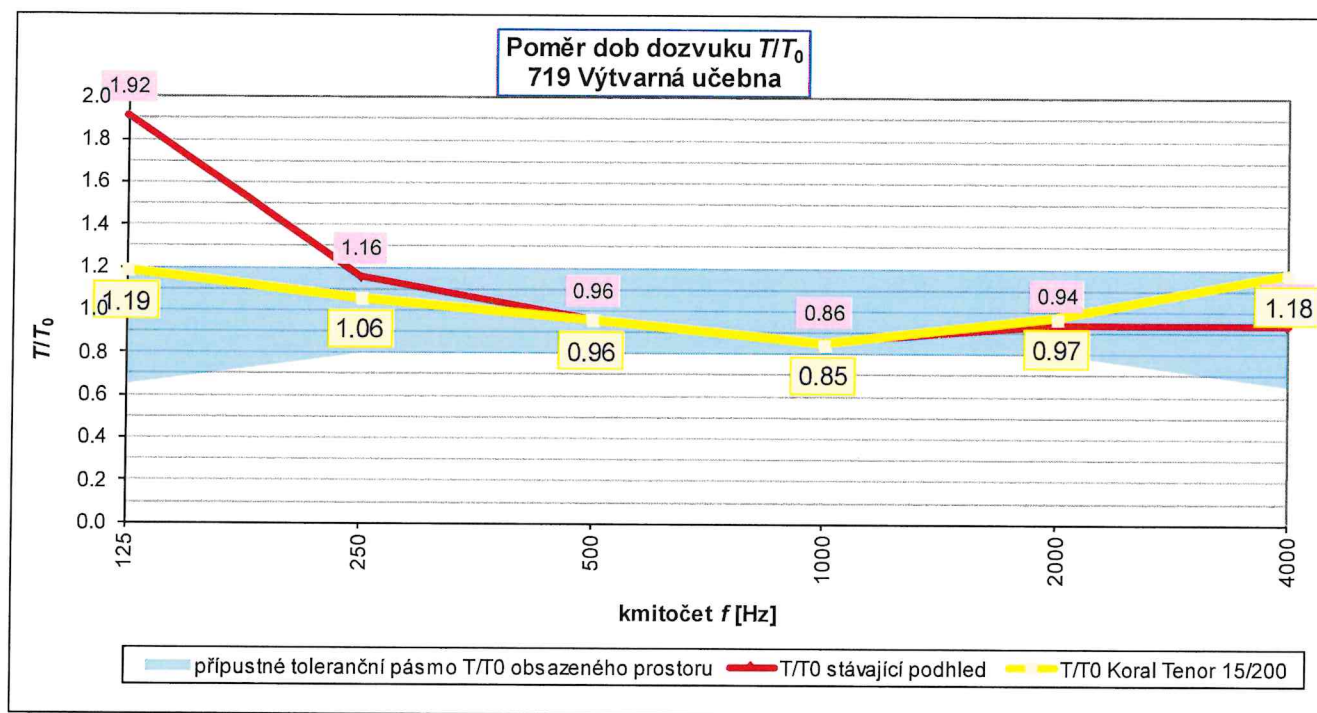
TABULKA 6 POMĚR DOB DOZVUKU

Učebna / akustický pohled	Deskriptor		Oktávové pásmo se středním kmitočtem [Hz]					
			125	250	500	1 000	2 000	4000
717 IT UČEBNA S AKUSTICKÝM PODHLEDEM ROCKFON KORAL TENOR 15/200	Doba dozvuku	$T$ [s]	0.52	0.47	0.43	0.39	0.44	0.53
	Poměr dob dozvuku	$T/T_0$ [s]	<b>1.12</b>	<b>0.99</b>	<b>0.92</b>	<b>0.82</b>	<b>0.94</b>	<b>1.13</b>
719 VÝTVARNÁ UČEBNA S AKUSTICKÝM PODHLEDEM ROCKFON KORAL TENOR 15/200	Doba dozvuku	$T$ [s]	0.52	0.47	0.42	0.37	0.43	0.52
	Poměr dob dozvuku	$T/T_0$ [s]	<b>1.19</b>	<b>1.06</b>	<b>0.96</b>	<b>0.85</b>	<b>0.97</b>	<b>1.18</b>
Přípustné toleranční pásmo poměru dob dozvuku $T/T_0$ obsazeného prostoru určeného k přednesu řeči	Horní mez	$T/T_0$ [s]	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
	Dolní mez	$T/T_0$ [s]	0.65	0.8	0.8	0.8	0.8	0.65



GRAF 1 POMĚR DOB DOZVUKU  $T/T_0$  – IT UČEBNA





GRAF 2 POMĚR DOB DOZVUKU  $T/T_0$  – VÝTVARNÁ UČEBNA

Z provedeného výpočtu je patrné, že pro dosažení příznivých akustických podmínek pro výuku je potřeba v navrhovaných učebnách aplikovat vhodnější stropní podhled. Je navržen nový akustický stropní podhled Rockfon Koral Tenor 15 s hloubkou svěšení 200 mm. Z hodnot uvedených v tabulce 6 a v grafech 1 a 2 vyplývá, že v nových třídách pak bude dosažena optimální doba dozvuku.

## PODKLADY PRO ZPRACOVÁNÍ

- [1] Dokumentace "Stavební úpravy a změna v užívání části stavby – učebny ZUŠ", Ing. Jaroslav Rouš, Žďár nad Sázavou, 06/2023
- [2] Vyhláška č. 410/2005 Sb., o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých, ve znění pozdějších předpisů
- [3] ČSN EN 73 0527 Akustika – Projektování v oboru prostorové akustiky – Prostory pro kulturní účely – Prostory ve školách – Prostory pro veřejné účely (srpen 2023)
- [4] Kaňka, J.: Akustika stavebních objektů, ERA, 2009
- [5] Vaverka, J. a kol.: AKUSTIKA STAVEB Souhrn materiálů a jejich fyzikálních vlastností pro aplikace v prostorové akustice, VUT v Brně, 1996
- [6] Vaverka, J. a kol.: AKUSTIKA STAVEB Souhrn kritériálních požadavků a výpočtových metod v oboru stavební a prostorové akustiky, VUT v Brně, 1996