

Výpočet doby dozvuku

Návrh akustické úpravy prostoru

MASARYKOVA UNIVERZITA UNIVERZITNÍ CENTRUM TELČ

UČEBNY 110, 111, 112, 218, 219

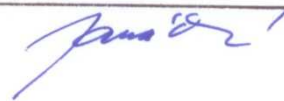
Objednatel: **Masarykova univerzita
Univerzitní centrum Telč
Náměstí Zachariáše z Hradce 2
588 56 Telč**

Datum zpracování: **duben 2012**

Počet výtisků: 3

Výtisk č. 1

Počet příloh: 0



Zpracovala: **RNDr. Iva Janáčková**

Předmětem výpočtu doby dozvuku jsou učebny Univerzitního centra Telč Masarykovy univerzity situované v 1. a 2. nadzemním podlaží objektu Nám. Zachariáše z Hradce 2 v Telči. Je proveden variantní návrh akustické úpravy vnitřního prostoru učeben pro různé druhy akustických podhledů s podvěšenou instalací. Stávající doba dozvuku v učebnách byla zjištěna měřením; viz (1). Základní parametry a vybavení předmětných učeben je uvedeno v tabulce 1.

tabulka 1

Místnost	NP	Vnitřní rozměry (m)			Plocha podlahy (m ²)	Objem (m ³)	Zařízení / vybavení
		délka	šířka	výška			
UČEBNA U8 MÍSTNOST 110	1.	7.20	8.14	4.03	58.58	236.06	dveře dřevěné 2.79x1.24x0.88, okna dřevěná špaletová 3x (2.63x1.47x 0.47), vertikální textilní žaluzie, 2x tabule kovová 1.827x0.913, 20 stolků sestavených do tvaru U + 20 židlí, stůl učitele + židle, věšáková stěna (lamino), keramický obklad stěny u umyvadla, lino,
UČEBNA U9 MÍSTNOST 111	1.	10.93	8.12	3.83	88.78	340.39	dveře dřevěné 2.54x1.50x0.87, okna dřevěná špaletová 5x (2.66x1.44x 0.47), vertikální textilní žaluzie, 2x tabule kovová 1.827x0.913, 14 lavic sestavených do čtverce, 4 lavice po dvou místech sestavené do malého čtverce v zadní části učebny, židle, stůl učitele + židle, věšáková stěna (lamino), korková nástěnka, keramický obklad stěny u umyvadla, lino
UČEBNA U10 MÍSTNOST 112	1.	8.32	7.46	3.90	62.07	242.26	dveře dřevěné 2.71x1.51x1.24, okna dřevěná špaletová 4x (2.67x1.47x 0.47), vertikální textilní žaluzie, 2x tabule kovová 1.827x0.913, 20 stolků ve 4 řadách + 20 židlí, stůl učitele + židle, věšáková stěna (lamino), keramický obklad stěny u umyvadla, lino
UČEBNA U18 MÍSTNOST 218	2.	10.80	6.82	3.66	73.65	269.63	dveře dřevěné 2.69x1.51x0.80, okna dřevěná špaletová 3x (2.63x1.62x 0.34), vertikální textilní žaluzie, 2x tabule kovová 1.827x0.913, 18 lavic ve 3 řadách + 36 židlí, stůl učitele + židle, 2x věšáková stěna (lamino), keramický obklad stěny u umyvadla, lino
UČEBNA U19 MÍSTNOST 219	2.	11.27	6.83	3.79	77.00	291.86	dveře dřevěné 2.65x1.53x0.33, okna dřevěná špaletová 3x (2.63x1.47x 0.34), vertikální textilní žaluzie, 2x tabule kovová 1.827x0.913, 18 lavic ve 3 řadách + 36 židlí, stůl učitele + židle, 2x věšáková stěna (lamino), keramický obklad stěny u umyvadla, lino

foto 1 Učebna 110



foto 2 Učebna 111



foto 3 Učebna 111



foto 4 Učebna 112



foto 5 Učebna 218



foto 6 Učebna 218



foto 7 Učebna 219

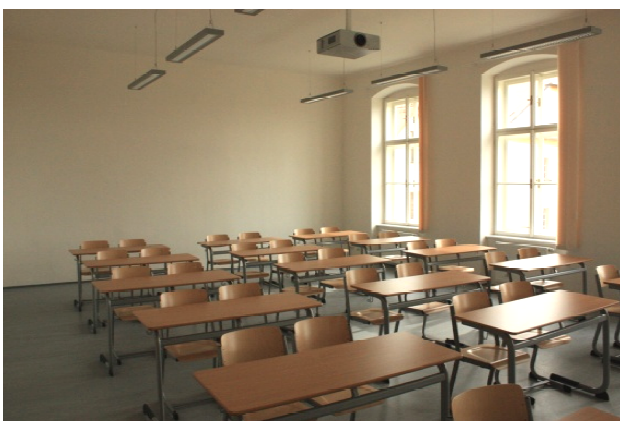
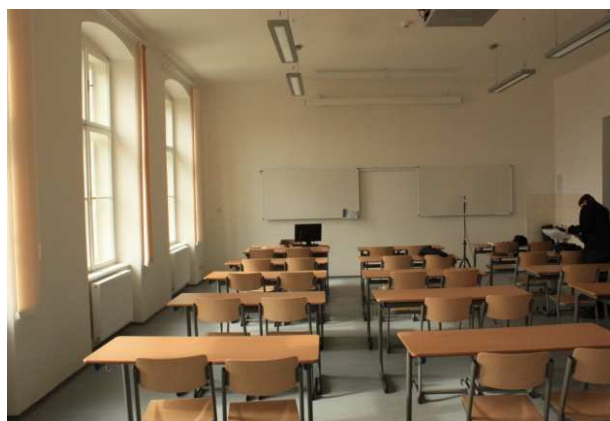


foto 8 Učebna 219



HYGIENICKÉ A NORMOVÉ POŽADAVKY

Vyhláška č. 343/2009 Sb., kterou se mění vyhláška č. 410/2005 Sb., o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých, stanoví v § 4b, že v zařízeních pro výchovu a vzdělávání a v provozovnách pro výchovu a vzdělávání musí být dodrženy normové hodnoty doby dozvuku podle příslušné české technické normy.

Touto normou je ČSN 73 0527 Akustika – Projektování v oboru prostorové akustiky - Prostory pro kulturní účely - Prostory ve školách – Prostory pro veřejné účely z března 2005. V tabulce 2 této normy jsou uvedeny požadavky na prostory ve školách. Pro učebny a posluchárny s objemem do cca 250 m³ se optimální doba dozvuku T_0 rovná 0,7 s, pro posluchárny s objemem přes 250 m³ se optimální doba dozvuku T_0 odvozuje ze závislosti 3 na obrázku A.1. Hodnoty optimální doby dozvuku se týkají učeben a poslucháren v obsazeném stavu.

Pro posuzované učebny platí:

Místnost		NP	Objem V (m³)	Optimální doba dozvuku T ₀ (s)
UČEBNA U8	místnost č. 110	1.	236	0.7
UČEBNA U9	místnost č. 111	1.	340	0.7
UČEBNA U10	místnost č. 112	1.	242	0.7
UČEBNA U18	místnost č. 218	2.	269	0.7
UČEBNA U19	místnost č. 219	2.	291	0.7

Na obrázku A.4 citované technické normy je uvedeno přípustné rozmezí poměru dob dozvuku T/T_0 pro tělocvičny v závislosti na středním kmitočtu oktávového pásma; kmitočtový průběh doby T/T_0 se kontroluje v oktávových pásmech od 125 Hz do 4000 Hz. Horní mez přípustného rozmezí T/T_0 je v tomto případě ve všech kontrolovaných oktávových pásmech 1,2, dolní mez pak v oktávových kmitočtech se střední frekvencí 125 Hz a 4000 Hz činí 0,65, v oktávových kmitočtech se střední frekvencí 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz a 2000 Hz činí 0,8.

VÝPOČET

Provedený výpočet doby dozvuku uvažuje jednotlivé posuzované učebny s akustickým stropním pohledem a v obsazeném stavu.

Pro výpočet doby dozvuku je použit Sabineův vztah

$$T_s = \frac{0,164 \cdot V}{A + 4 \cdot m \cdot V}$$

kde T_s - doba dozvuku (s)
 V - objem místnosti (m³)
 A - celková pohltivost (m²) s n-materiály, $A = \sum_{i=1}^n \alpha_i \cdot S_i$
 α_i - činitel pohltivosti dílčího materiálu
 S_i - plocha dílčího materiálu (m²)
 M - činitel útlumu ve vzduchu (m⁻¹), který se uplatní u kmitočtů nad 2000 Hz a u velkých prostor; v tomto případě není člen $4 \cdot m \cdot V$ uvažován.

Výpočet doby dozvuku v posuzovaných učebnách vychází z měření doby dozvuku provedeného zpracovatelem návrhu akustické úpravy (1). Měření byla provedena v neobsazeném stavu. Výsledky měření doby dozvuku jsou shrnuty v tabulce 2 a na grafu 1.

Tělocvičny jsou situovány v 1. a 2. NP historické budovy Univerzitního centra a tvoří samostatné uzavřené prostory. V době měření doby dozvuku byly učebny vybaveny standardním vybavením. Výplně okenních otvorů ve všech učebnách jsou dřevěná špaletová okna (vnitřní křídlo s jednoduchým sklem, vnější křídlo s izolačním dvojsklem). Okna jsou opatřena vertikálními textilními žaluziemi, které byly během měření doby dozvuku stažené na minimální šířku. Stěny a stropy jsou s hladkou sádrovou omítkou, podlahová krytina - lino. Učebny jsou využívány především pro výuku jazyků.

Z výsledků měření uvedených v grafu 2 vyplývá, že pro dosažení příznivých akustických podmínek v prostoru učeben je třeba snížit dobu dozvuku v celé kontrolované kmitočtové oblasti, tj. v kmitočtových pásmech se střední frekvencí 125 Hz až 4000 Hz.

Návrh akustické úpravy je zpracován variantně pro různé typy akustických stropních podhledů od dvou výrobců – *Rockwool Rockfon* a *Knauf AMF* - aplikované vždy v celé ploše stropu v podvěšené instalaci s celkovou hloubkou systému 200 mm. V učebnách se nepředpokládají jiné stavební úpravy.

Rockfon Sonar tl. 20 mm

Jsou podhledové kazety ze stlačené kamenné vlny Rockwool s novým vylepšeným povrchem, který umožňuje snadnější čištění je odolný proti šmouhám a škrábancům. Plošná hmotnost při tloušťce 20 mm, s hranou E24 a závěsném systému SY 24 je 3,5 kg/m². Světelná odrazivost 85 %. Vážená zvuková pohltivost pro frekvenční pásma 125 až 4000 Hz při svěšení 200 mm $\alpha_w = 1,00$, třída zvukové pohltivosti A (dle ČSN EN ISO 11654).

Rockfon Pacifik tl. 15 mm

Poskytuje dobré užité vlastnosti za příznivou cenu. Má hladký bílý povrch. Plošná hmotnost při tloušťce 15 mm s hranou A24 a závěsném systému SY 24 je 1,9 kg/m². Světelná odrazivost 85 %. Vážená zvuková pohltivost pro frekvenční pásma 125 až 4000 Hz při svěšení 200 mm $\alpha_w = 0,70$, třída zvukové pohltivosti A (dle ČSN EN ISO 11654).

AMF Thermatex povrchový dezén Fresko

Jsou stropní minerální desky opatřené finální povrchovou úpravou ražením a nástřikem disperzní barvy. Využitím směrování ražení umožňuje vytvářet jednoduché obrazce (šachovnice, pásy). Plošná hmotnost při tloušťce 15 mm je 4,5 kg/m². Světelná odrazivost 80,00 %. Vážená zvuková pohltivost pro frekvenční pásma 125 až 4000 Hz při svěšení 200 mm $\alpha_w = 0,60$, třída zvukové pohltivosti C (dle ČSN EN ISO 11654).

AMF Thermatex Acoustic povrchový dezén Thermofon

Thermatex Acoustic jsou minerální desky upravené speciální perforací a kašírované akustickou textilií s vysokými hodnotami zvukové pohltivosti i neprůzvučnosti určené pro akusticky náročné prostory. Povrchový dezén Thermofon má hladký povrch s vynikajícími hodnotami zvukové pohltivosti v ekonomické variantě. Plošná hmotnost při tl. 15 mm je 2,4 kg/m². Světelná odrazivost 88,00 %. Vážená zvuková pohltivost pro frekvenční pásma 125 až 4000 Hz při svěšení 200 mm $\alpha_w = 0,80$, třída zvukové pohltivosti B (dle ČSN EN ISO 11654).

Při montáži desek AMF je nejčastěji používána podhledová viditelná konstrukce v *Systému C*. Nabízí spojení rychlé a efektivní montáže s výhodnými cenovými podmínkami. Při použití tohoto systému se vkládají stropní desky AMF do zdola viditelné kovové nosné konstrukce. Každá deska je kdykoliv vyjímatelná a to umožňuje přístup nad podhled např. pro montážní či údržbářské práce. Viditelná šířka nosné konstrukce je ve standardním provedení 24 mm, nabízí se také použití nosného profilu o šířce 15 mm, kdy je možno dosáhnout decentnějšího a tím opticky příjemnějšího vzhledu podhledu. Základní provedení hran je hrana SK, dalšího architektonického oživení je možno dosáhnout použitím stropních desek AMF se zahlobenými hranami. Rastrová koncepce nosné konstrukce systému nabízí množství variant architektonického ztvárnění podhledu ve čtvercovém, obdélníkovém či panelovém formátu desek.

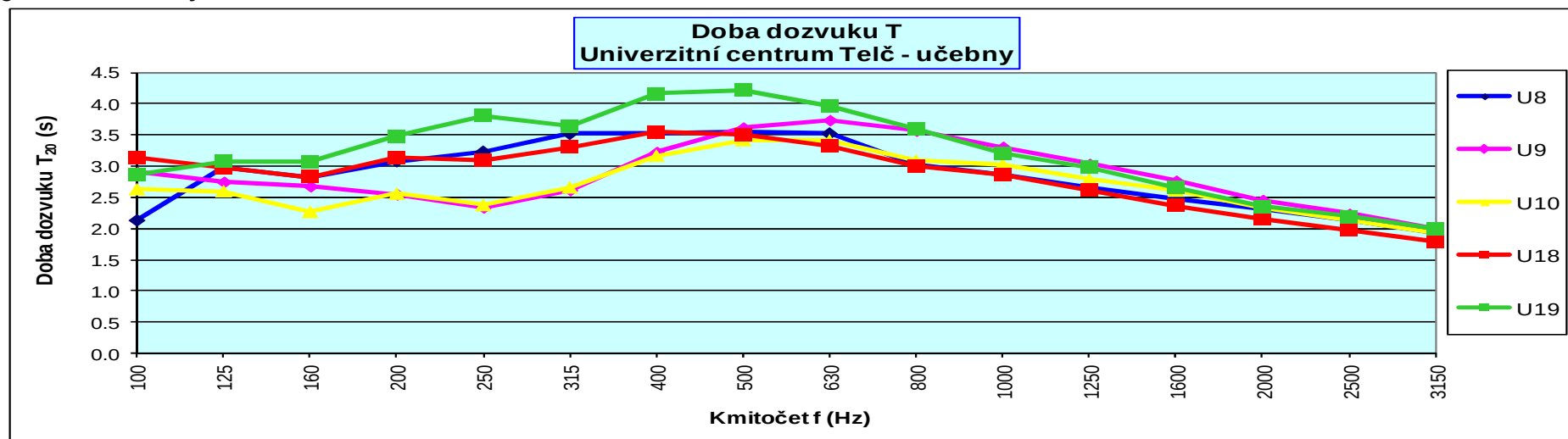
Výpočet doby dozvuku v učebnách ve variantách s akustickými podhledy Rockfon a AMF je proveden v tabulce 3 až 7.

tabulka 2 Měření doby dozvuku 11.4.2012, učebny v neobsazeném stavu

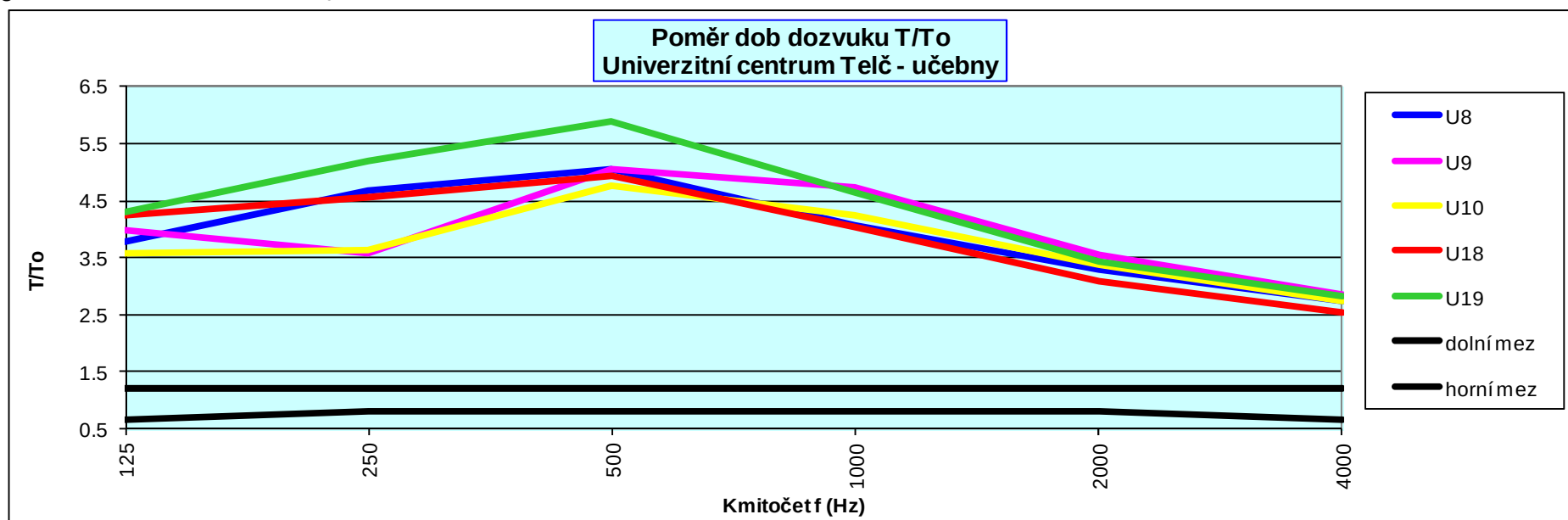
Místnost		Třetinooktávové pásmo se středním kmitočtem (Hz)															
		100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1k	1.25k	1.6	2k	2.5k	3.15k
UČEBNA U8 MÍSTNOST 110	T_{20} (s) ¹	2.13	2.99	2.83	3.08	3.23	3.52	3.53	3.56	3.52	3.03	2.86	2.66	2.48	2.31	2.14	1.93
UČEBNA U9 MÍSTNOST 111	T_{20} (s)	2.91	2.75	2.68	2.55	2.34	2.62	3.23	3.62	3.74	3.57	3.31	3.04	2.77	2.46	2.24	2.00
UČEBNA U10 MÍSTNOST 112	T_{20} (s)	2.63	2.60	2.27	2.56	2.38	2.66	3.17	3.42	3.41	3.09	3.03	2.79	2.61	2.34	2.13	1.92
UČEBNA U18 MÍSTNOST 218	T_{20} (s)	3.13	2.97	2.83	3.14	3.10	3.31	3.55	3.50	3.33	3.00	2.87	2.62	2.37	2.16	1.98	1.79
UČEBNA U19 MÍSTNOST 219	T_{20} (s)	2.87	3.08	3.07	3.48	3.81	3.64	4.16	4.22	3.97	3.60	3.20	2.98	2.66	2.35	2.19	1.99

¹ T_{20} - doba dozvuku odvozená z poklesu hladiny o 20 dB po vypnutí zdroje

graf 1 Měření doby dozvuku



graf 2 Poměr dob dozvuku T/T₀



tabulka 3 Výpočet doby dozvuku

MÍSTNOST		UČEBNA U8 (MÍSTNOST Č. 110)					
Akustický pohled P = 58.6 m ²		Oktávové pásmo se středním kmitočtem f (Hz)					
		125	250	500	1k	2k	4k
Rockfon Sonar tloušťka panelu 20 mm hloubka svěšení 200 mm	T ₁	2.65	3.28	3.54	2.85	2.31	1.93
	A ₁	14.61	11.82	10.94	13.59	16.77	20.10
	α _s	0.45	0.85	1.00	1.00	1.00	1.00
	S	58.58	58.58	58.58	58.58	58.58	58.58
	A ₂	26.36	49.79	58.58	58.58	58.58	58.58
	A ₃	10.97	12.76	12.31	20.94	16.40	5.82
	A	51.94	74.37	81.82	93.11	91.74	84.50
	T	0.75	0.52	0.47	0.42	0.42	0.46
Rockfon Pacifik tloušťka panelu 15 mm hloubka svěšení 200 mm	T ₁	2.65	3.28	3.54	2.85	2.31	1.93
	A ₁	14.61	11.82	10.94	13.59	16.77	20.10
	α _s	0.40	0.65	0.65	0.65	0.70	0.70
	S	58.58	58.58	58.58	58.58	58.58	58.58
	A ₂	23.43	38.07	38.07	38.07	41.00	41.00
	A ₃	10.97	12.76	12.31	20.94	16.40	5.82
	A	49.01	62.65	61.32	72.61	74.17	66.93
	T	0.79	0.62	0.63	0.53	0.52	0.58
Knauf AMF THERMATEX Fresko tloušťka panelu 20 mm hloubka svěšení 200 mm	T ₁	2.65	3.28	3.54	2.85	2.31	1.93
	A ₁	14.61	11.82	10.94	13.59	16.77	20.10
	α _s	0.45	0.4	0.5	0.7	0.8	0.75
	S	58.58	58.58	58.58	58.58	58.58	58.58
	A ₂	26.36	23.43	29.29	41.00	46.86	43.93
	A ₃	10.97	12.76	12.31	20.94	16.40	5.82
	A	51.94	48.01	52.54	75.54	80.03	69.86
	T	0.75	0.81	0.74	0.51	0.48	0.55
Knauf AMF THERMATEX ACOUSTIC RANGE Thermofon tloušťka panelu 15 mm hloubka svěšení 200 mm	T ₁	2.65	3.28	3.54	2.85	2.31	1.93
	A ₁	14.61	11.82	10.94	13.59	16.77	20.10
	α _s	0.55	0.75	0.75	0.80	0.95	1.00
	S	58.58	58.58	58.58	58.58	58.58	58.58
	A ₂	32.22	43.93	43.93	46.86	55.65	58.58
	A ₃	10.97	12.76	12.31	20.94	16.40	5.82
	A	57.80	68.51	67.18	81.39	88.82	84.50
	T	0.67	0.57	0.58	0.48	0.44	0.46

tabulka 4 Výpočet doby dozvuku

MÍSTNOST		UČEBNA U9 (MÍSTNOST Č. 111)					
Akustický pohled P = 88.8 m ²		Oktávové pásmo se středním kmitočtem f (Hz)					
		125	250	500	1k	2k	4k
Rockfon Sonar tloušťka panelu 20 mm hloubka svěšení 200 mm	T ₁	2.78	2.50	3.53	3.30	2.49	2.00
	A ₁	20.08	22.31	15.81	16.89	22.41	27.94
	α _s	0.45	0.85	1.00	1.00	1.00	1.00
	S	88.78	88.78	88.78	88.78	88.78	88.78
	A ₂	39.95	75.46	88.78	88.78	88.78	88.78
	A ₃	10.97	12.76	12.31	20.94	16.40	5.82
	A	71.01	110.53	116.90	126.62	127.60	122.54
	T	0.79	0.51	0.48	0.44	0.44	0.46
Knauf AMF THERMATEX ACOUSTIC RANGE Thermofon tloušťka panelu 15 mm hloubka svěšení 200 mm	T ₁	2.78	2.50	3.53	3.30	2.49	2.00
	A ₁	20.08	22.31	15.81	16.89	22.41	27.94
	α _s	0.55	0.75	0.75	0.80	0.95	1.00
	S	88.78	88.78	88.78	88.78	88.78	88.78
	A ₂	48.83	66.59	66.59	71.02	84.34	88.78
	A ₃	10.97	12.76	12.31	20.94	16.40	5.82
	A	79.88	101.65	94.70	108.86	123.16	122.54
	T	0.70	0.55	0.59	0.51	0.45	0.46

tabulka 5 Výpočet doby dozvuku

MÍSTNOST		UČEBNA U10 (MÍSTNOST Č. 112)					
Akustický pohled P = 62.1 m ²		Oktávové pásmo se středním kmitočtem f (Hz)					
		125	250	500	1k	2k	4k
Rockfon Sonar tloušťka panelu 20 mm hloubka svěšení 200 mm	T ₁	2.50	2.54	3.33	2.97	2.36	1.92
	A ₁	15.90	15.67	11.93	13.38	16.85	20.73
	α _s	0.45	0.85	1.00	1.00	1.00	1.00
	S	62.07	62.07	62.07	62.07	62.07	62.07
	A ₂	27.93	52.76	62.07	62.07	62.07	62.07
	A ₃	10.97	12.76	12.31	20.94	16.40	5.82
	A	54.80	81.19	86.30	96.40	95.33	88.62
	T	0.72	0.49	0.46	0.41	0.42	0.45
Rockfon Pacifik tloušťka panelu 15 mm hloubka svěšení 200 mm	T ₁	2.50	2.54	3.33	2.97	2.36	1.92
	A ₁	15.90	15.67	11.93	13.38	16.85	20.73
	α _s	0.40	0.65	0.65	0.65	0.70	0.70
	S	62.07	62.07	62.07	62.07	62.07	62.07
	A ₂	24.83	40.35	40.35	40.35	43.45	43.45
	A ₃	10.97	12.76	12.31	20.94	16.40	5.82
	A	51.70	68.78	64.58	74.67	76.71	70.00
	T	0.77	0.58	0.62	0.53	0.52	0.57

Knauf AMF THERMATEX Fresko tloušťka panelu 20 mm hloubka svěšení 200 mm	T ₁	2.50	2.54	3.33	2.97	2.36	1.92
	A ₁	15.90	15.67	11.93	13.38	16.85	20.73
	α _s	0.45	0.40	0.50	0.70	0.80	0.75
	S	62.07	62.07	62.07	62.07	62.07	62.07
	A ₂	27.93	24.83	31.04	43.45	49.66	46.55
	A ₃	10.97	12.76	12.31	20.94	16.40	5.82
	A	54.80	53.26	55.27	77.78	82.91	73.10
	T	0.72	0.75	0.72	0.51	0.48	0.54
Knauf AMF THERMATEX ACOUSTIC RANGE Thermofon tloušťka panelu 15 mm hloubka svěšení 200 mm	T ₁	2.50	2.54	3.33	2.97	2.36	1.92
	A ₁	15.90	15.67	11.93	13.38	16.85	20.73
	α _s	0.55	0.75	0.75	0.80	0.95	1.00
	S	62.07	62.07	62.07	62.07	62.07	62.07
	A ₂	34.14	46.55	46.55	49.66	58.97	62.07
	A ₃	10.97	12.76	12.31	20.94	16.40	5.82
	A	61.01	74.98	70.78	83.98	92.22	88.62
	T	0.65	0.53	0.56	0.47	0.43	0.45

tabulka 6 Výpočet doby dozvuku

MÍSTNOST		UČEBNA U18 (MÍSTNOST Č. 218)					
Akustický pohled P = 73.7 m ²		Oktávové pásmo se středním kmitočtem f (Hz)					
		125	250	500	1k	2k	4k
Rockfon Sonar tloušťka panelu 20 mm hloubka svěšení 200 mm	T ₁	2.97	3.18	3.46	2.83	2.17	1.79
	A ₁	14.87	13.90	12.78	15.63	20.38	24.75
	α _s	0.45	0.85	1.00	1.00	1.00	1.00
	S	73.65	73.65	73.65	73.65	73.65	73.65
	A ₂	33.14	62.60	73.65	73.65	73.65	73.65
	A ₃	10.97	12.76	12.31	20.94	16.40	5.82
	A	58.98	89.26	98.74	110.23	110.43	104.22
	T	0.75	0.50	0.45	0.40	0.40	0.42
Knauf AMF THERMATEX ACOUSTIC RANGE Thermofon tloušťka panelu 15 mm hloubka svěšení 200 mm	T ₁	2.97	3.18	3.46	2.83	2.17	1.79
	A ₁	14.87	13.90	12.78	15.63	20.38	24.75
	α _s	0.55	0.75	0.75	0.80	0.95	1.00
	S	73.65	73.65	73.65	73.65	73.65	73.65
	A ₂	40.51	55.24	55.24	58.92	69.97	73.65
	A ₃	10.97	12.76	12.31	20.94	16.40	5.82
	A	66.34	81.89	80.32	95.50	106.75	104.22
	T	0.67	0.54	0.55	0.46	0.41	0.42

tabulka 7 Výpočet doby dozvuku

MÍSTNOST		UČEBNA U19 (MÍSTNOST Č. 219)					
Akustický pohled P = 77.0 m ²		Oktávové pásmo se středním kmitočtem f (Hz)					
		125	250	500	1k	2k	4k
Rockfon Sonar tloušťka panelu 20 mm hloubka svěšení 200 mm	T ₁	3.01	3.64	4.11	3.26	2.40	1.99
	A ₁	15.93	13.14	11.63	14.70	19.96	24.09
	α _s	0.45	0.85	1.00	1.00	1.00	1.00
	S	76.99	76.99	76.99	76.99	76.99	76.99
	A ₂	34.64	65.44	76.99	76.99	76.99	76.99
	A ₃	10.97	12.76	12.31	20.94	16.40	5.82
	A	61.54	91.34	100.93	112.63	113.35	106.90
	T	0.78	0.52	0.47	0.42	0.42	0.45
Knauf AMF THERMATEX ACOUSTIC RANGE Thermofon tloušťka panelu 15 mm hloubka svěšení 200 mm	T ₁	3.01	3.64	4.11	3.26	2.40	1.99
	A ₁	15.93	13.14	11.63	14.70	19.96	24.09
	α _s	0.55	0.75	0.75	0.80	0.95	1.00
	S	76.99	76.99	76.99	76.99	76.99	76.99
	A ₂	42.34	57.74	57.74	61.59	73.14	76.99
	A ₃	10.97	12.76	12.31	20.94	16.40	5.82
	A	69.24	83.64	81.68	97.23	109.50	106.90
	T	0.69	0.57	0.59	0.49	0.44	0.45

kde

- T₁ - stávající doba dozvuku (s)
- A₁ - stávající celková pohltivost prostoru (m²)
- α_s - činitel zvukové pohltivosti akustických stropních panelů
- S - plocha akustických stropních panelů (m²)
- A₂ - pohltivost akustických stropních panelů (m²)
- A₃ - pohltivost osob v obsazeném prostoru (m²)
- A - celková pohltivost prostoru se stropním podhledem
- T - výsledná doba dozvuku v akusticky upraveném prostoru.

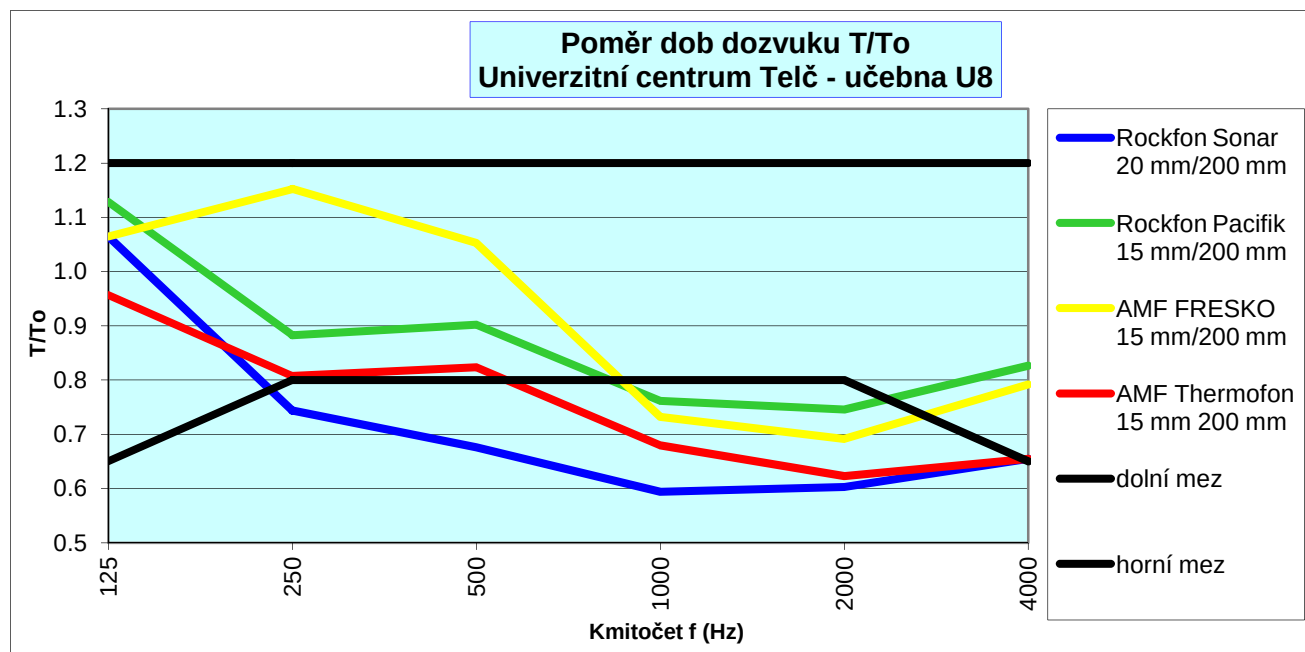
V tabulce 8 a v grafech 3 až 7 jsou uvedeny doby dozvuku T a poměry dob dozvuku T/T_0 v posuzovaných učebnách Univerzitního centra Telč vypočítané pro navržené varianty akustického stropního podhledu. V grafech je také vyznačena horní a dolní mez přípustného rozmezí T/T_0 pro učebny dle ČSN 73 0527.

tabulka 8 Poměr dob dozvuku - učebny s akustickým stropním podhledem

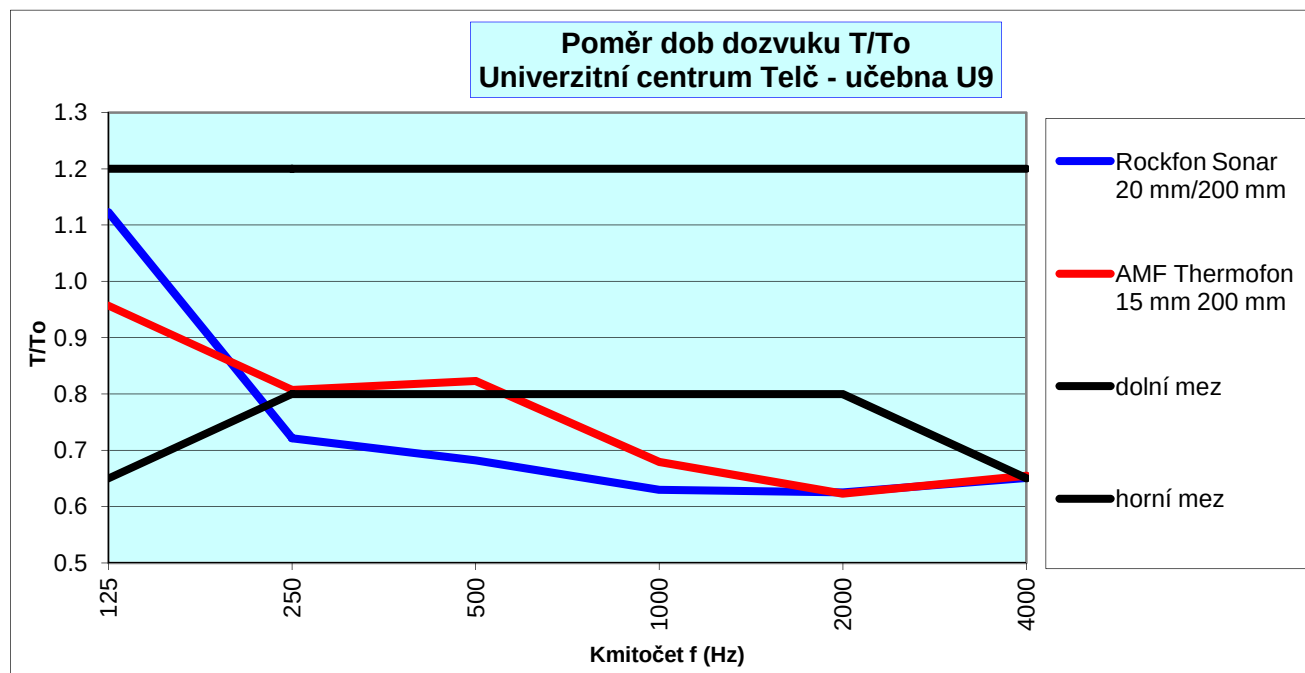
Místnost	Akustický podhled	Deskriptor		Oktávové pásmo se středním kmitočtem (Hz)					
				125	250	500	1 000	2 000	4000
UČEBNA U8 MÍSTNOST 110	Rockfon Sonar tl. 20 mm/200 mm	Doba dozvuku	T (s)	0.75	0.52	0.47	0.42	0.42	0.46
		Poměr dob dozvuku	T/T_0 (s)	1.06	0.74	0.68	0.59	0.60	0.65
	Rockfon Pacific tl. 15 mm/200 mm	Doba dozvuku	T (s)	0.79	0.62	0.63	0.53	0.52	0.58
		Poměr dob dozvuku	T/T_0 (s)	1.13	0.88	0.90	0.76	0.75	0.83
	AMF Fresko tl. 15 mm/200 mm	Doba dozvuku	T (s)	0.75	0.81	0.74	0.51	0.48	0.55
		Poměr dob dozvuku	T/T_0 (s)	1.06	1.15	1.05	0.73	0.69	0.79
UČEBNA U9 MÍSTNOST 111	Rockfon Sonar tl. 20 mm/200 mm	Doba dozvuku	T (s)	0.79	0.51	0.48	0.44	0.44	0.46
		Poměr dob dozvuku	T/T_0 (s)	1.12	0.72	0.68	0.63	0.62	0.65
	AMF Thermofon tl. 15 mm/200 mm	Doba dozvuku	T (s)	0.70	0.55	0.59	0.51	0.45	0.46
		Poměr dob dozvuku	T/T_0 (s)	1.00	0.78	0.84	0.73	0.65	0.65
UČEBNA U10 MÍSTNOST 112	Rockfon Sonar tl. 20 mm/200 mm	Doba dozvuku	T (s)	0.72	0.49	0.46	0.41	0.42	0.45
		Poměr dob dozvuku	T/T_0 (s)	1.04	0.70	0.66	0.59	0.60	0.64
	Rockfon Pacific tl. 15 mm/200 mm	Doba dozvuku	T (s)	0.77	0.58	0.62	0.53	0.52	0.57
		Poměr dob dozvuku	T/T_0 (s)	1.10	0.83	0.88	0.76	0.74	0.81
	AMF Fresko tl. 15 mm/200 mm	Doba dozvuku	T (s)	0.72	0.75	0.72	0.51	0.48	0.54
		Poměr dob dozvuku	T/T_0 (s)	1.04	1.07	1.03	0.73	0.68	0.78
	AMF Thermofon tl. 15 mm/200 mm	Doba dozvuku	T (s)	0.65	0.53	0.56	0.47	0.43	0.45
		Poměr dob dozvuku	T/T_0 (s)	0.93	0.76	0.80	0.68	0.62	0.64
UČEBNA U18 MÍSTNOST 218	Rockfon Sonar tl. 20 mm/200 mm	Doba dozvuku	T (s)	0.75	0.50	0.45	0.40	0.40	0.42
		Poměr dob dozvuku	T/T_0 (s)	1.07	0.71	0.64	0.57	0.57	0.61
	AMF Thermofon tl. 15 mm/200 mm	Doba dozvuku	T (s)	0.67	0.54	0.55	0.46	0.41	0.42
		Poměr dob dozvuku	T/T_0 (s)	0.95	0.77	0.79	0.66	0.59	0.61

UČEBNA U19 MÍSTNOST 219	Rockfon Sonar tl. 20 mm/200 mm	Doba dozvuku	T (s)	0.78	0.52	0.47	0.42	0.42	0.45
		Poměr dob dozvuku	T/T ₀ (s)	1.11	0.75	0.68	0.61	0.60	0.64
	AMF Thermofon tl. 15 mm/200 mm	Doba dozvuku	T (s)	0.69	0.57	0.59	0.49	0.44	0.45
		Poměr dob dozvuku	T/T ₀ (s)	0.99	0.82	0.84	0.70	0.62	0.64

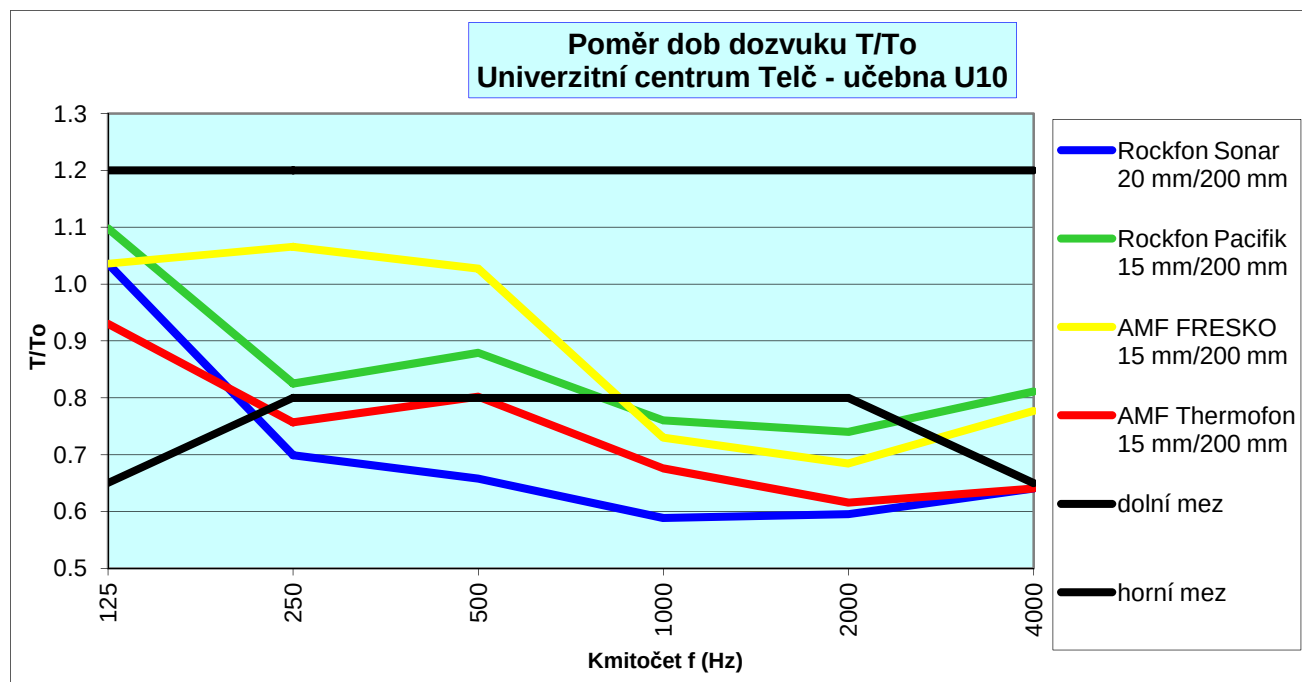
graf 3 Poměr dob dozvuku T/T₀ – učebna U8



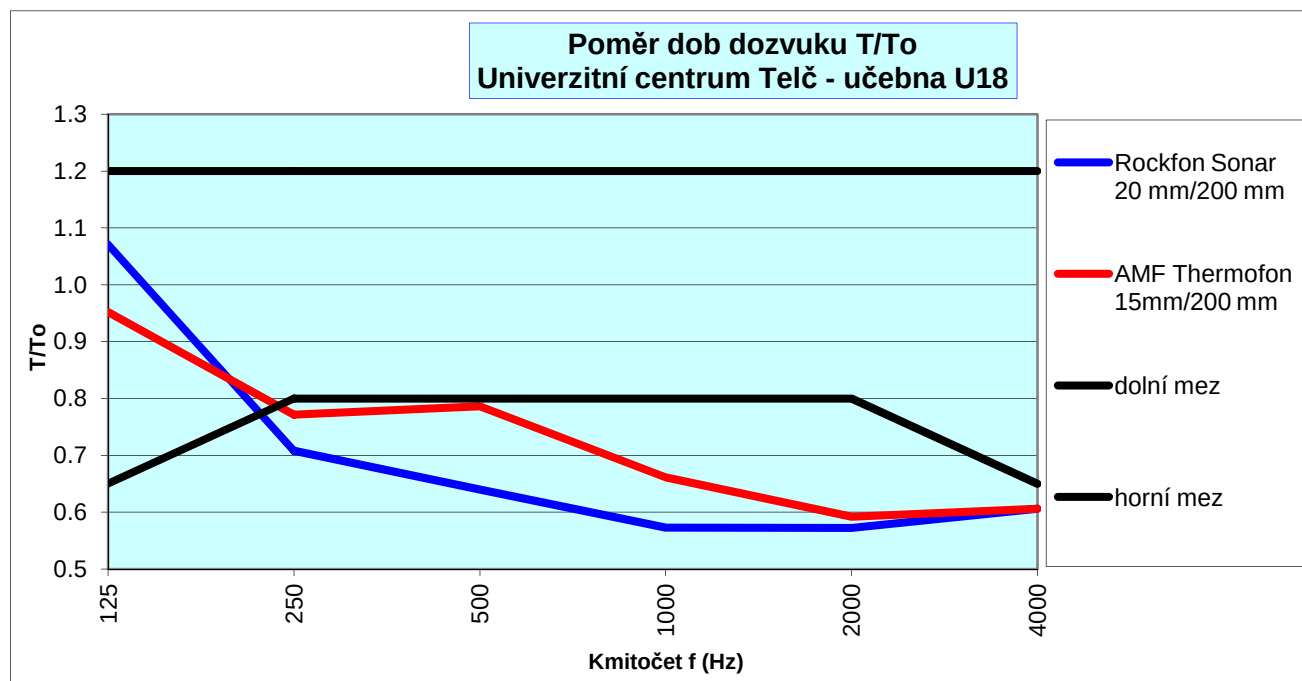
graf 4 Poměr dob dozvuku T/T₀ – učebna U9



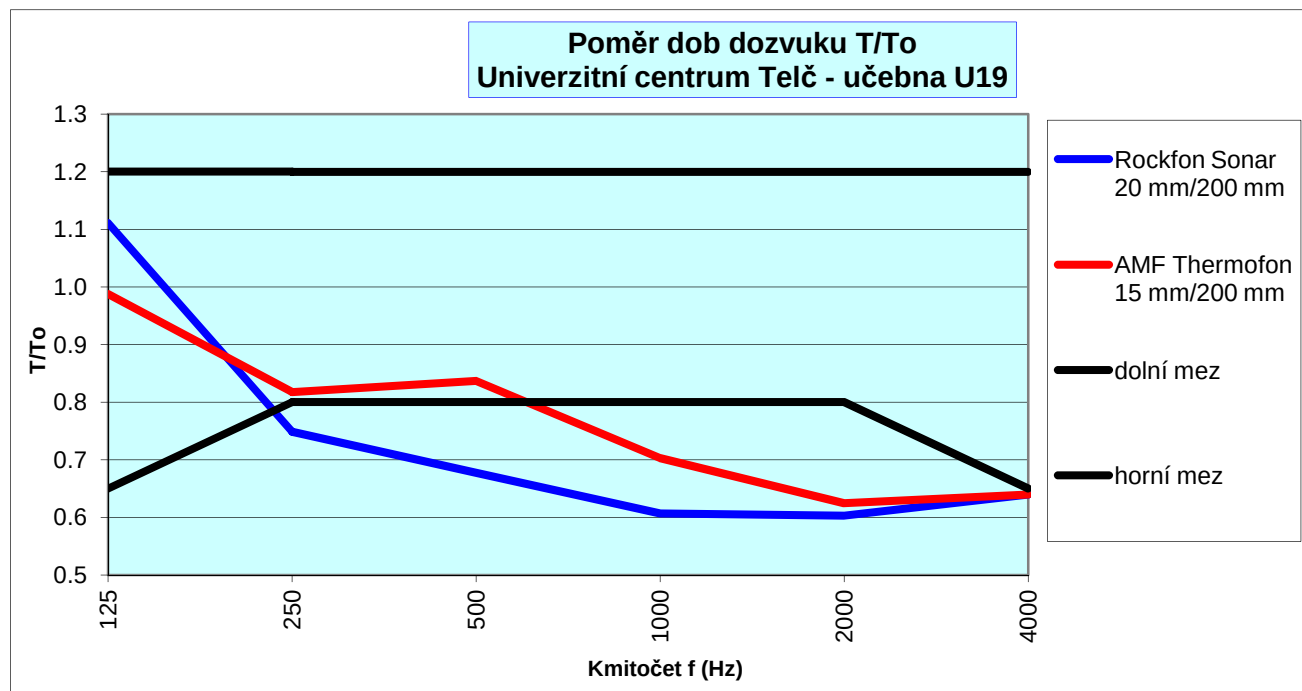
graf 5 Poměr dob dozvuku T/T_0 – učebna U10



graf 6 Poměr dob dozvuku T/T_0 – učebna U18



graf 7 Poměr dob dozvuku T/T_0 – učebna U19



Z uvedených grafů 3 až 7 je patrné, že navržená akustická úprava, která spočívá v aplikaci akustických stropních podhledů v celé ploše stropu s hloubkou svěšlení 200 mm, zajistí v učebnách potřebné snížení doby dozvuku. Výpočet vykazuje mírné přetlumení v pásmu středních kmitočtů, praktické zkušenosti z realizace akustických úprav obdobných prostorů ale ukazují, že vypočítanou optimální plochu tlumících izolací je třeba mírně navýšit.

Z hlediska dosažení optimální doby dozvuku je ve všech posuzovaných učebnách vhodný podhled Rockfon Sonar tl. 20 mm a AMF Thermofofon tl. 15 mm, v menších učebnách U8 a U10 navíc podhledy Rockfon Pacifik tl. 15 mm a AMF Fresko tl. 15 mm.

Podklady pro zpracování

1. Protokol měření doby dozvuku č. Z11-12, Akustika Brod s. r.o., Havlíčkův Brod, 23.4.2012
2. Technická data akustických podhledů výrobců Rockfon, AMF
3. ČSN EN 73 0527 Akustika – Projektování v oboru prostorové akustiky – Prostory pro kulturní účely – Prostory ve školách – Prostory pro veřejné účely (březen 2005)
4. ČSN EN ISO 11654 Akustika – Absorbéry zvuku používané v budovách – Hodnocení zvukové pohltivosti
5. Vaverka, J. a kol.: AKUSTIKA STAVEB Souhrn kritériálních požadavků a výpočtových metod v oboru stavební a prostorové akustiky, VUT v Brně, 1996
6. Vaverka, J. a kol.: AKUSTIKA STAVEB Souhrn materiálů a jejich fyzikálních vlastností pro aplikace v prostorové akustice, VUT v Brně, 1996