

AKUSTICKÁ STUDIE

Č. 6394-S33-22

Aula ve 3.NP objektu ZŠ J. Vohradského ve Šluknově T.G. Masaryka 678, 407 77 Šluknov	Paré PDF
Posouzení prostorové akustiky	Revize KONCEPT

Objednatel, adresa	Ing. arch. Jiří Křákal, Okrouhlá 70, 473 01 Okrouhlá
Číslo objednávky	e-mail
Číslo zakázky	6394-S33-22
Datum přijetí zakázky	16.3. 2022
Datum měření	23.3. 2022
Měření provedl	Ing. Patrik Holeček
Studii vypracoval	Ing. Patrik Holeček
Účel (stupeň)	Kontrolní měření a návrh opatření
Počet stran	13
Elektronická verze	6394_ak-studie Aula ZŠ Vohradského Šluknov

Pracovník laboratoře fyzikálních faktorů, odpovědný za provedení zakázky a zpracování protokolu:			
Datum schválení	Jméno, funkce	Kontakt	Podpis
14.4.2022	Ing. Patrik Holeček, technik měření	Tel. +420 604 910 605	
Dokumentace je duševním vlastnictvím firmy Libor Brož - Revita Engineering. Bez písemného souhlasu odpovědných pracovníků laboratoře fyzikálních faktorů nesmí být protokol reprodukován jinak než celý. Výsledky zkoušek se vztahují pouze na uvedený předmět a čas měření, na popsaném místě a za popsaných podmínek.			

1 Předmět zkoušky

Předmět posouzení: Aula ve 3.NP objektu ZŠ J. Vohradského ve Šluknově, T.G. Masaryka 678, 407 77 Šluknov

Objednatel: Ing. Arch. Jiří Kňákal, Okrouhlá 70, 473 01 Okrouhlá

Účel studie: Posouzení prostorové akustiky. Návrh akustických opatření.

Datum měření: 23.3. 2022, 9:00 až 10:00 hod.

2 Legislativa, požadavky

Měření provedeno dle: ČSN EN ISO 3382-2 Akustika (září 2009)- Měření parametrů prostorové akustiky - Část 2: Doba dozvuku v běžných prostorech.

Požadavky, limity: Vyhláška č. 410/2005 Sb., o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých

ČSN 73 0525 Akustika (únor 1998) – Projektování v oboru prostorové akustiky – Všeobecné zásady.

ČSN 73 0527 Akustika (březen 2005) - Projektování v oboru prostorové akustiky - Prostory pro kulturní účely - Prostory ve školách - Prostory pro veřejné účely.

Nejistota měření: Rozšířená nejistota U, získaná z kombinované standardní nejistoty uC násobením koeficientem $k = 2$, odpovídající normálnímu rozdělení a hladině významnosti $\alpha = 0.05$ (95% konfidenčnímu intervalu střední hodnoty).

3 Metoda predikce

V řešených prostorech bylo provedeno měření stávajících dob dozvuku. Pomocí softwarového vybavení Prostorová akustika v. 1.2 (COMPRO) byl vytvořen kalibrační model ve kterém byly vypočteny teoreticky očekávatelné hodnoty doby dozvuku v obsazeném prostoru včetně užitkových pohlcovačů. Stanovená nejistota +/- 20 %. V programu byly modelovány akustické situace s různým použitím akustických prvků. Program plně respektuje komplex českých technickým norem a obsahuje základní výpočtové postupy, které jsou nutné pro hodnocení prostoru z hlediska akustiky. Tyto parametry jsou zjišťovány na základě teorie vlnové a statistické akustiky a slouží k operativnímu hodnocení prostorů, příp. konstrukčních návrhů úprav, jak materiálového, tak tvarového řešení pro zabezpečení dostatečné srozumitelnosti slova, nebo hudebního projevu, při současném zabezpečení interiérové akustické pohody. V návrhu je prezentovány pouze nejoptimálnější a objednatelem vybrané varianty řešení akustických úprav.

4 Měřicí aparatura

Přesný integrující zvukoměr NTI Audio typ XL2, výrobní číslo A2A-06572-E0, ověřovací list č. 8012-OL-10314-20, platný do 10.6.2022 s mikrofonom NTI Audio typ MC 230, výrobní číslo 7335, ověřovací list č. 8012-OL-10315-20, platný do 10.6.2022.

Akustický kalibrátor LARSON-DAVIS, USA, typ CAL200- 94dB/1000 Hz, výrobní číslo 11704, kalibrační list č. 8012-KL-10359-21, platnost kalibrace do 2.6.2023.

5 Popis situace

Cílem studie je navrhnout akustická opatření pro zlepšení prostorové akustiky stávajícího prostoru auly ve 3.NP objektu ZŠ J. Vohradského ve Šluknově. Hodnocené prostory jsou užívány pro oddechový čas žáků, pro prezentace, mluvené slovo, hudbu, též reprodukovanou. Prostor by tedy měl být multifunkční. Na prostory tak jsou činěny nároky zejména na srozumitelnost řeči, ale též srozumitelnost audiovizuálních aktivit. Měření bylo provedeno za stavu dle tabulky 1.

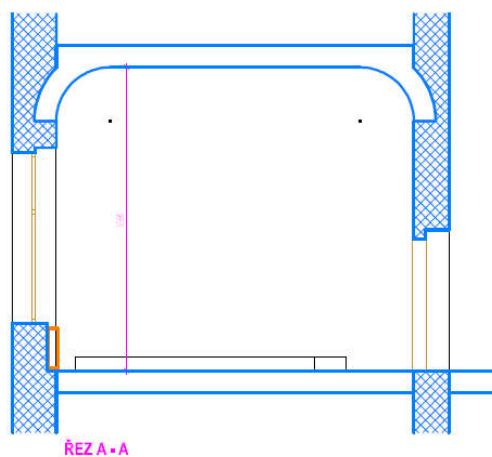
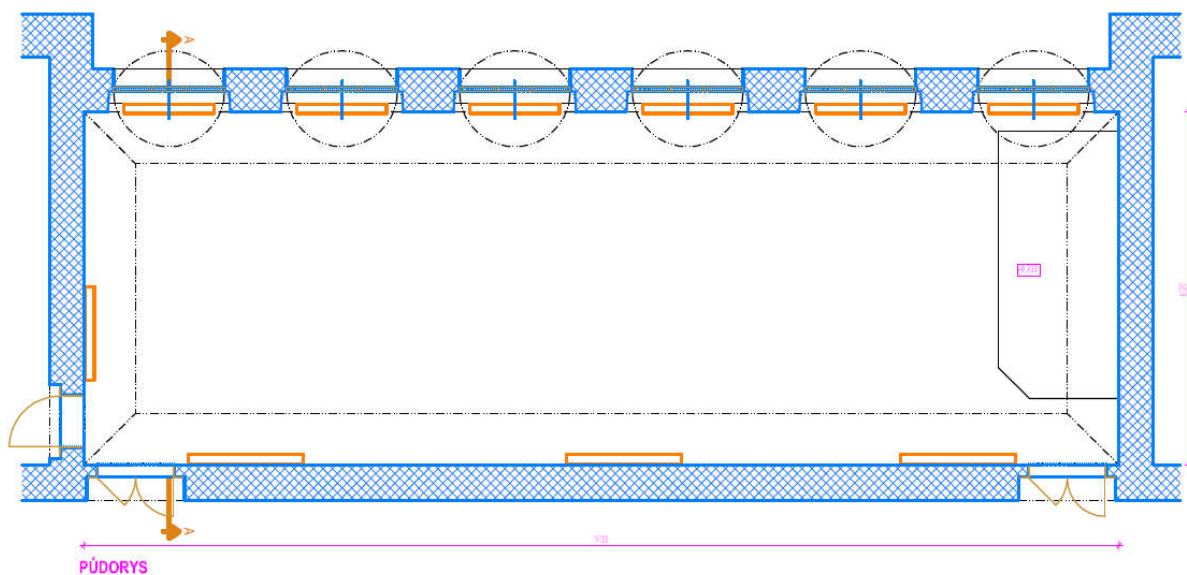
Tabulka 1

Měřené prostory – stávající stav					
Číslo měření	Číslo místnosti	Navrhovaný účel užívání	Strop	Podlaha	Stěny
1	-	Multifunkční aula	Stávající štukový	Dřevěné parkety	VC omítka, omyvatelný sokl cca v=1.5 m, okna

Měření 1 – aula ve 3.NP



Obr.1: Půdorys a řez místnosti.



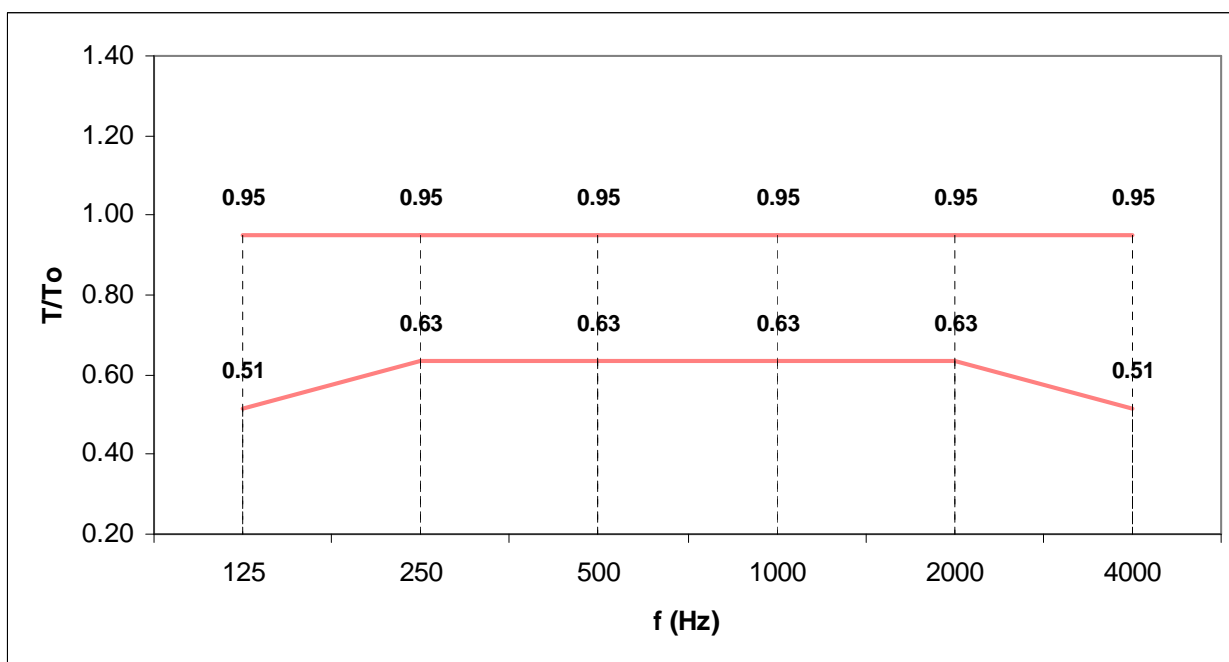
6 Požadavky ČSN

Požadavky na projektování staveb z hlediska prostorové akustiky jsou dány souborem norem ČSN 73 0525 a ČSN 73 0527.

Dle tabulky 2 ČSN 73 0527:

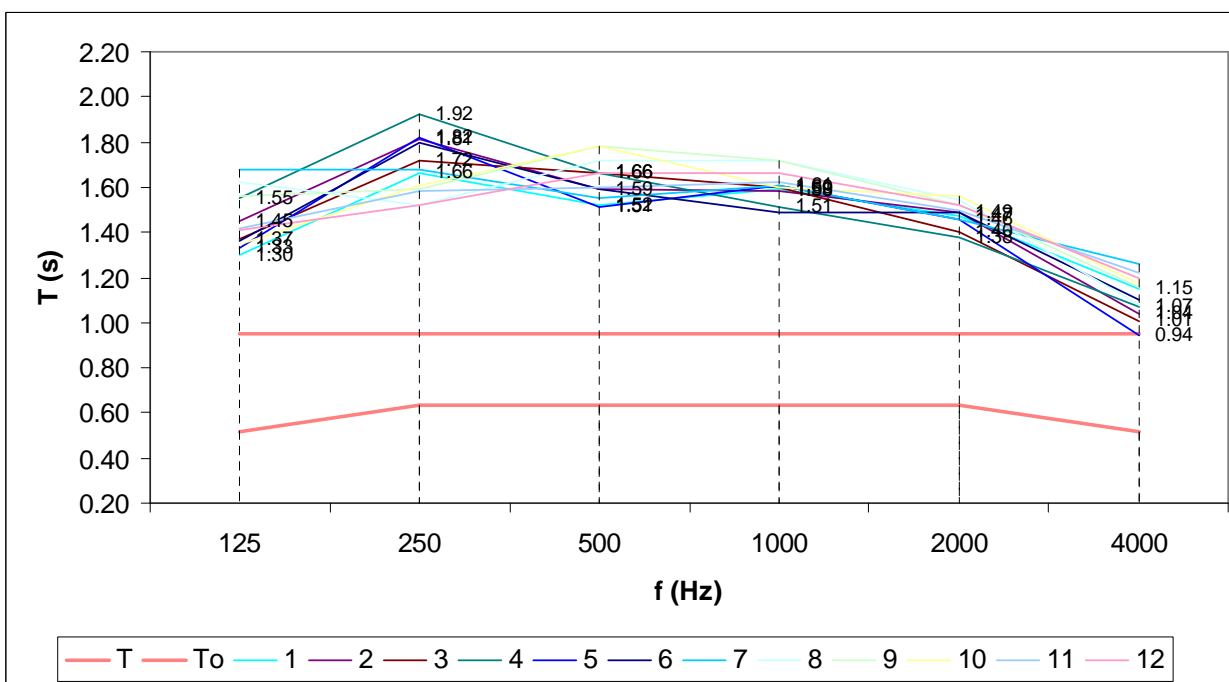
Posluchárna: Objem místnosti: 692.4 m³, závislost 3, obr. A4, Vypočtená optimální doba dozvuku $T_0 = 0.79$ s

Graf 1: Přípustné rozmezí poměru dob dozvuku T/T_0 – Posluchárna.

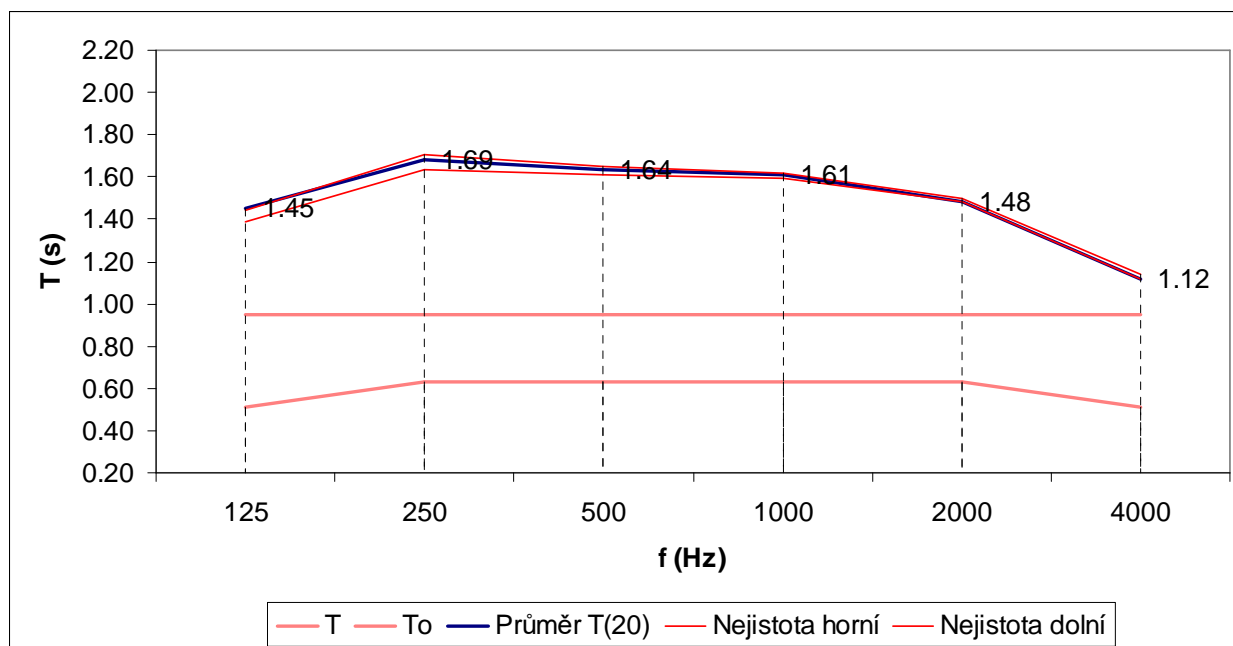


7 Měření doby dozvuku ve stávajících prostorech

Graf 2: Měření 1 – jednotlivé náměry ve stávající aule.



Graf 3: Měření 1 – průměrné hodnoty ve stávající aule.



8 Akustické úpravy stropu

Zásadní pro řešení akustiky prostoru, zejména potom doby dozvuku na $f=125$ Hz a 250 Hz je akustické řešení stropu. Ideálním řešením je svěšený podhled, ať již z děrovaného SDK, nebo z kazetových desek do rastru. Objednatel však přímo **vylučuje zásahy do stropní konstrukce**.

9 Akustické úpravy stěn

Je na místě řešení ploch volných stěn a to zejména těch stěn s nejvyšším plošným zastoupením, jako jsou zejména čelní stěny, nebo boční stěna protilehlá ke stěně s okny. Samotné řešení pouze úprav stěn nemusí mít v důsledku požadovaný efekt.

9.1 Předstěna z děrovaného SDK – např. Rigiton 12/25

Děrovaný (perforovaný) sádkokarton **Gyptone Rigiton 12/25**. Hloubka systému min. 50 mm, lépe 200 mm, minerální izolace: min. 50 mm, lépe 200 mm. Minerální izolace např. Isover Akustic SSP 2 nebo MULTIPLAT 35.

Gyptone Rigiton 12/25:

• Activ'Air[®]

Rigitone R 12/25

Umístění a velikost perforací [mm]

Základní vlastnosti desek Rigitone R 12/25

Parametr	Hodnota
Rozměry desky (š x d x tl.)	1 200 x 2 000 x 12,5 mm
Hrany desky	kolmé, předbroušené, penetrované 4SK
Děrování	pravidelné
Podíl děrované plochy	18,1 %
Hmotnost	cca 9,50 kg/m ²
Třída reakce na oheň	A2-s1,d0
Odolnost proti relativní vzdušné vlhkosti	70 %

Činitel zvukové pohltivosti α_p

Výška svěšení [mm]	Minerální izolace [mm]	Činitel zvukové pohltivosti α_p / Hz	α_w	NRC	Třída zvukové pohltivosti ^{b)}
30	30*	0,20 0,55 0,80 0,85 0,80 0,75	0,80	0,75	B
50	0	0,05 0,25 0,65 0,85 0,65 0,50	0,55 (M)	0,60	D
50	50**	0,40 0,75 0,80 0,80 0,75 0,75	0,80	0,80	B
200	0	0,35 0,75 0,90 0,65 0,55 0,40	0,55 (LM)	0,70	D
200	50**	0,60 0,75 0,75 0,80 0,75 0,75	0,80	0,75	B
400	50**	0,70 0,65 0,75 0,85 0,80 0,75	0,80	0,75	B

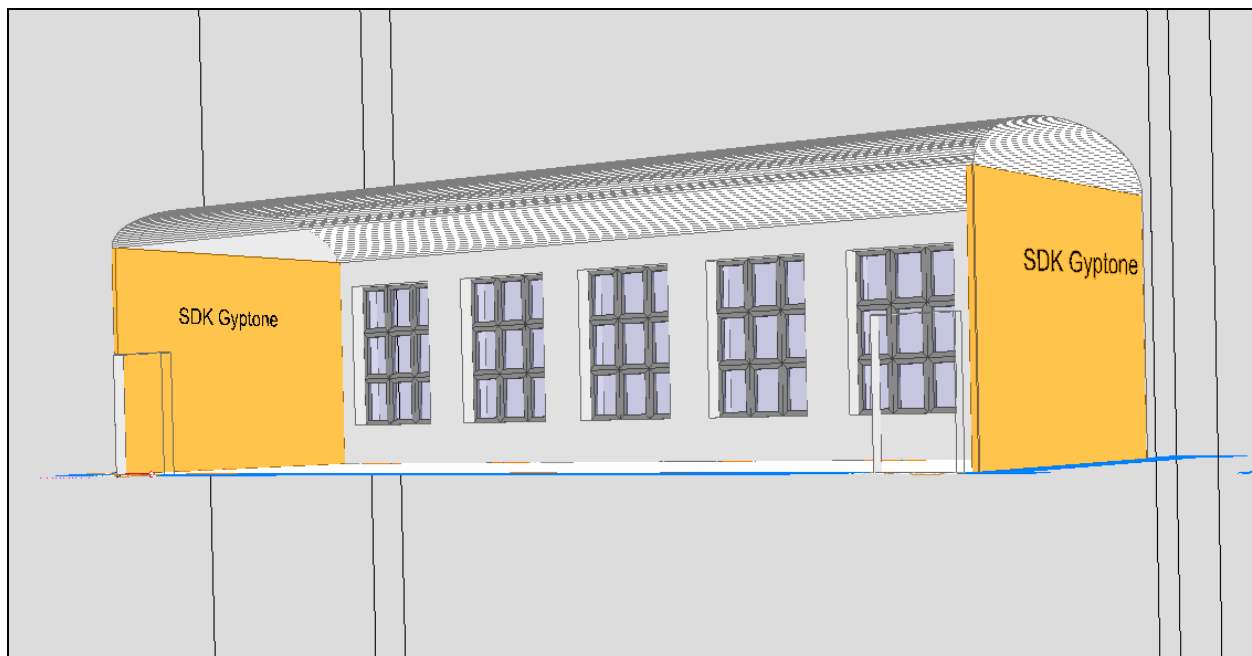
b) Třída zvukové pohltivosti dle ČSN EN ISO 11654. * Isover Akustic SSP 2. ** Isover Akustic SSP 2 nebo MULTIPLAT 35.

Plusy: - akustické vlastnosti

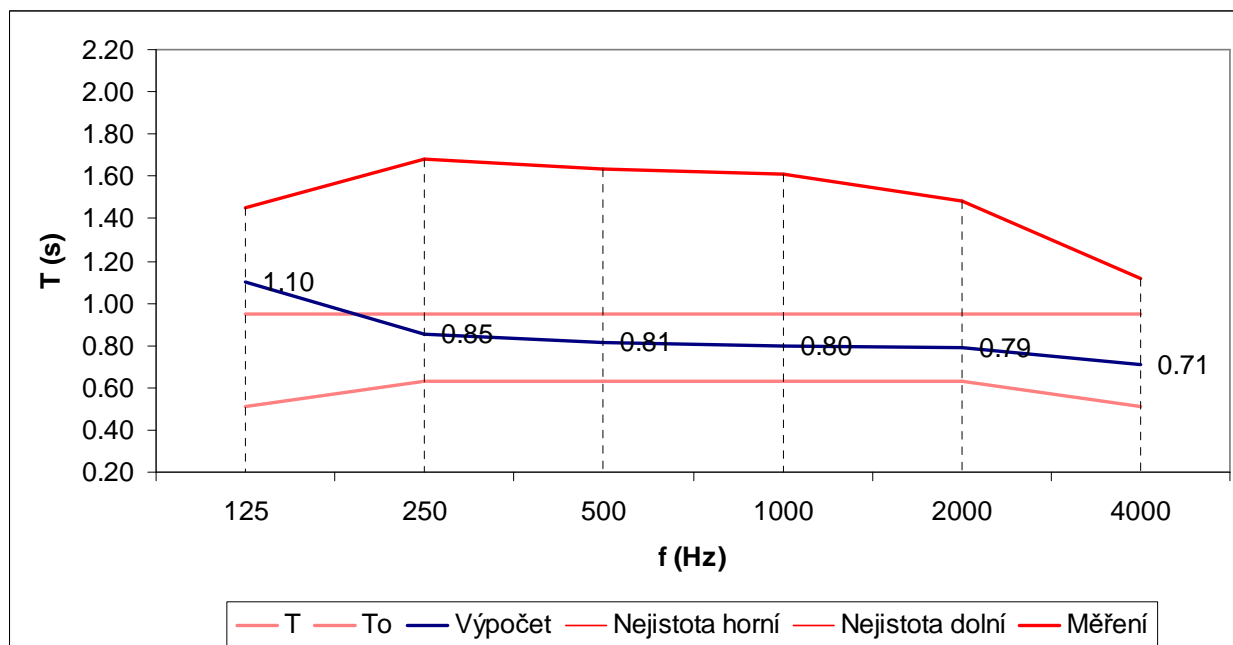
- montáž velkoformátových SDK desek

Mínusy: - při hloubce systému méně než 200 mm nižší účinnost na $f=125$ Hz

Obr.2: Model 1: Perforovaný SDK Gyptone Rigiton 12/25 na čelních stěnách.



Graf 4: Vypočtené hodnoty.



9.2 Stěnové panely - např. Euroacoustic – Acousticshoc, nebo Ecophon Akusto Wall A, Aveton obrazy Vario

Plusy: - variabilita a snadná montáž

- možnost aplikace též na plošně méně významné plochy (stěny)

Mínusy: - nižší účinnost na $f=125$ a 250 Hz

Pevné samonosné akustické panely z minerální vlny Euroacoustic – Acousticshoc 40 mm, nebo Ecophon Akusto Wall A, akustické obrazy Aveton Vario. Opět je zde velká variabilita co se barevného provedení, či obrazového provedení týká. Na obrázcích dále jsou uvedeny některé z mnoha možností. **Hmotnost prvků cca 4.0 kg/m^2 .**

Ecophon Wall A:



Panel Akusto Wall A



Akusto Wall A s Connect U-profilem a Connect T24 hlavním profilem



Akusto Wall A s Connect omega profilem



Akusto Wall A s Connect Thinline profilem



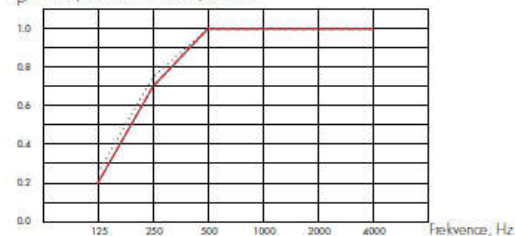
Akustika

Zvuková absorpce:

Výsledky zkoušek v souladu s EN ISO 354.

Klasifikace podle EN ISO 11654, jednotlivé hodnoty pro NRC a SAA v souladu s ASTM C 423.

α_p , Praktický koeficient zvukové pohltivosti



--- Akusto Wall A Akutex FT 40 mm, 50 mm o.d.s.

— Akusto Wall A Texona 40 mm, 50 mm o.d.s.

--- Akusto Wall A Super G 40 mm, 50 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		
Akutex FT	40	50	0.25	0.75	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	A
Texona	40	50	0.20	0.70	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	A
Super G	40	50	0.20	0.70	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	A

tl, mm	AC(1.5)
40	Artikulační třída, ASTM E1111, ASTM E1110
	230

Euroacoustic – Acoustichoc 40 mm:



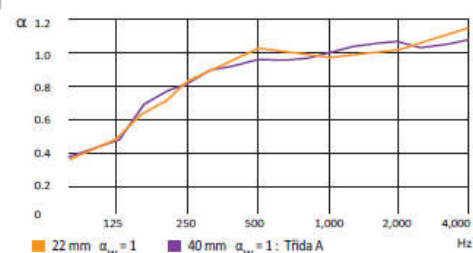
NÁRAZOVÁ ODOLNOST

Acoustichoc®

- > Pevný samonosný panel z minerální vlny.
- > Dekorativní sklovláknenná úprava zpevněna výztužnou mřížkou.
- > Navrženo pro použití s rastroem T24 a T35.



Akustická absorpce



Reakce na oheň

Dle ČSN EN 13501-1:

- Třída A1 pro barevné varianty.
- Třída A2-s1, d0 pro bílou barvu.



Požární odolnost

Klasifikace	Rozměr [mm]	Tloušťka [mm]	Standard
REI 20 - 45 (zvládá na dalších částech konstrukce, platí pro panely)	600 x 600	22	EN 13381-1
REI 60 - 120 (zvládá na dalších částech konstrukce, +160mm panely Euroleone® 603)	600 x 600	22	EN 13381-1
REI 180	600 x 600	22	EN 1365-2
SF 30	600 x 600	22	NBN 713-020
SF 30	1200 x 600	22-40	NBN 713-020

- Pro ověření zařazení konstrukce požádejte naše obchodní oddělení o zprávu z měření požární odolnosti.
- Skladba konstrukce musí odpovídat referenční skladbě ve zprávě.



Působení vlhkosti

- Nenasákavé, odolné vůči vlhkosti.



CE

- DOP N°: 0007-06 (bílá), 0007-07 (barevné odstíny).



Nárazová odolnost

Díky zpevňující mřížce ze skelných vláken jsou panely Acoustichoc® zvláště vhodné do prostor vystavených opakovaným nárazům. Panely Acoustichoc® odolají nárazům o rychlosti více než 15km/h resp. 30km/h při kombinaci se systémem Impact 15 resp. Impact 30. Více informací v příloze katalogu Acoustichoc® věnované těmto systémům.



Tepelný odpor

Tepelný odpor podhledů Acoustichoc®:

Tloušťka	Tepelný odpor
40 mm	R = 1.14 m² K/W



Životní prostředí a zdraví

Životní prostředí

- Minerální vlna je recyklovatelná a velká většina odpadu produkce spol. Euroacoustic je recyklována.
- Prohlášení o vlivu na životní prostředí a zdraví jsou k dispozici na www.inies.fr.
- Spol. Euroacoustic je certifikovaná ISO 14001:2004 (Systém environmentálního řízení EMS).

Zdraví

- Panely z minerální vlny jsou tvořeny vlákny bez požadavku na karcinogenní klasifikaci (EU Směrnice 1272/2008 v pozdějším znění Směrnice EU 790/2009). Organizace IARC (The International Agency for Research on Cancer) uvádí, že minerální vlna není klasifikována jako karcinogenní pro člověka (skupina 3).



Kvalita vnitřního prostředí

- Produkty Acoustichoc® jsou zařazeny do skupiny A+ systému posuzování kvality vzduchu vnitřního prostředí.



Montáž

- Panely Acoustichoc® jsou pevné, lehce se s nimi manipuluje a lze je snadno oříznout odlamovacím nožem do požadovaných rozměrů. Montují se do viditelných rastrů T15 (tloušťka 22mm, panel 600x600mm) T24 (tloušťka 22mm nebo 40mm) případně T35 (tloušťka 40mm).
- Cirkulace vzduchu mezi nosnou stropní konstrukcí a podhledem je doporučena pro srovnání teploty a tlaku na obou stranách podhledu.



Údržba

- Možno použít měkkou houbičku nebo vysavač pro vyčištění povrchu a tím pomoci prodloužit životnost podhledů Acoustichoc®.

STRUČNÝ SOUHRN

Barvy	Bílá-Béžová-Modrá-Šedá-Zluta-Zelená-Černá
Hrana	A
Rastr	T24 - T35

Modul (mm)

Délka	600	600	600	1000
Šířka	600	1200	1200	1500
Tloušťka	22	22	40	40

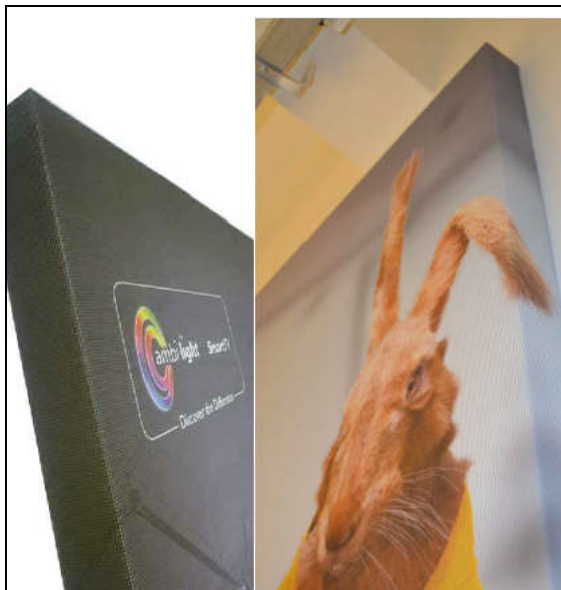
Balení

Panelů/balení	24	12	20	4
m²/balení	8.64	8.64	7.20	6
Balení/paletu	18	18	12	12
Dostupnost	B	B	B	B

Všechny balení Euroacoustic jsou staženy pevnou fólií. Palety jsou zpevněny obalovou fólií a je nutné je uchovávat pod střechem chráněné před povětrnostní vlivy.



Akustické obrazy Aveton Vario:



Montáž

Obraz je celistvý. Pro jeho stabilní připevnění jsou součástí balení i závěsné lišty a kotevní materiál (hmoždinky, vruty). Obrazy lze tak jednoduše spojovat do sérií sahajících přes celou stěnu. Závěsné lišty zaručí dílčí rektifikaci pro snazší vyrovnání obrazu. Montáž i demontáž je pak velmi jednoduchá.

Údržba

Akustické obrazy lze od prachu čistit vysavačem. Při větším znečištění je možné povrch omýt vlhkým hadrem.

Formáty

Šířka:

1 000, 1 500, 2 000, 2 500 mm

Výška:

1 200, 1 400 mm

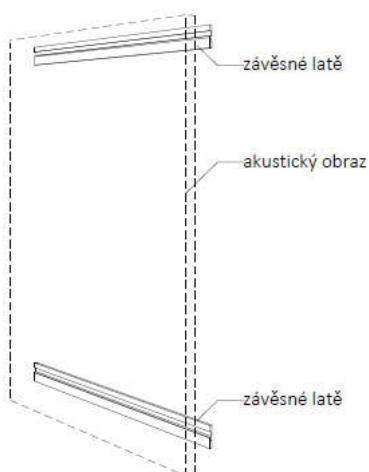
Tloušťka:

70 mm

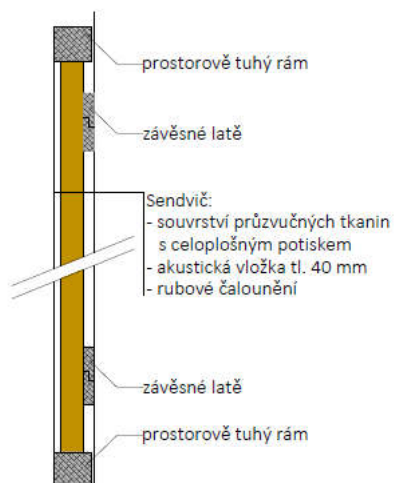
Atypické:

lze dodat i atypické rozměry obrazů

Schéma prvku



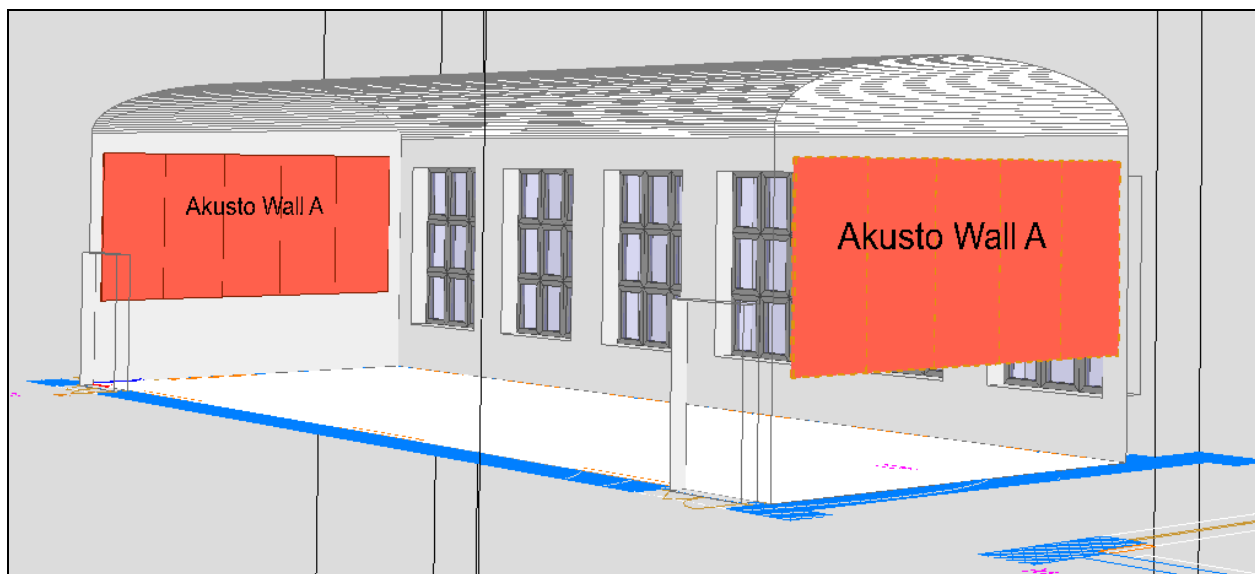
Příčný řez



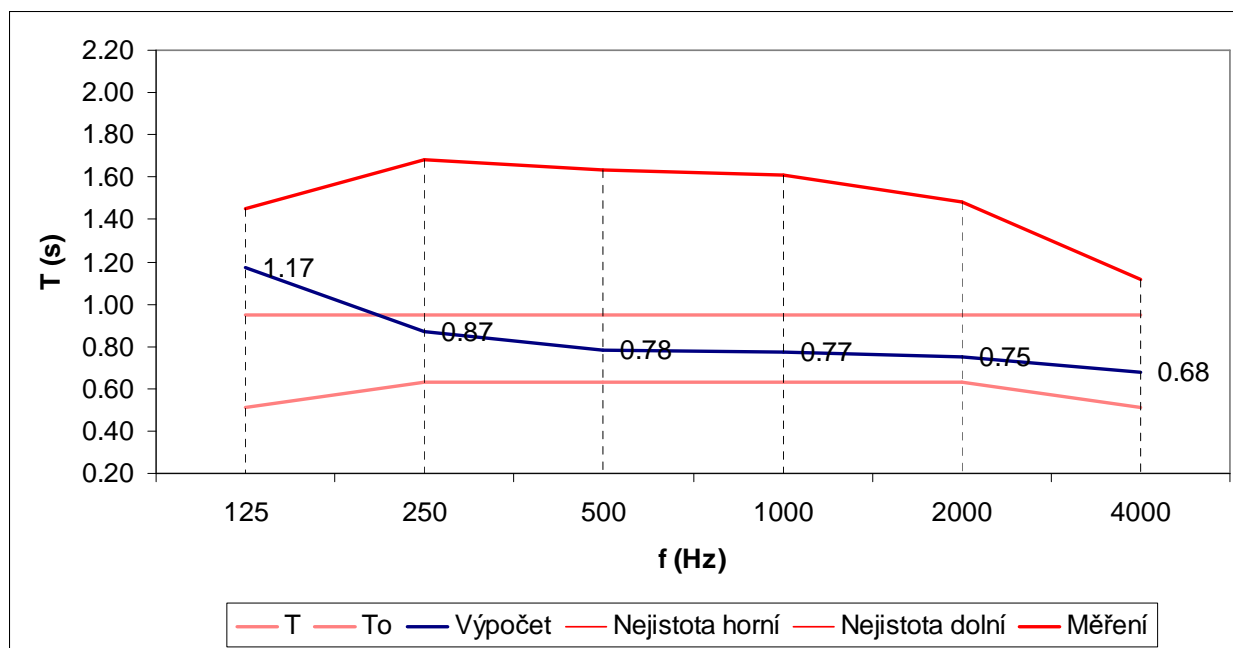
Barvy

Digitální tisk umožňující plnobarevnou grafiku.

Obr.3: Model 2: Stěnové panely – příklad použití panelů Akusto Wall A 5 ks 2700 x 1200 mm na každé čelní stěně.



Graf 4: Vypočtené hodnoty.



9.3 Stěnové panely Ecophon Akusto Wall C Extra Bass + stěnové panely dle kap. 9.2 na boční stěně ve 2. etapě

Řešení v případě, kdy nelze výše uvedenými prvky zajistit požadované doby dozvuku na $f=125$ Hz.

Ecophon Akusto™ Wall C Extra Bass skrytý rošt a zkosené hrany, které mezi jednotlivými kazetami vytvářejí dojem úzké drážky. K dispozici s celou řadou povrchových úprav. Stěnový absorbér má skvělé absorpční vlastnosti od nízkých po vysoké frekvence.



Akusto Wall C Extra Bass system



Akusto Wall C Extra Bass system from above



Akusto Wall C



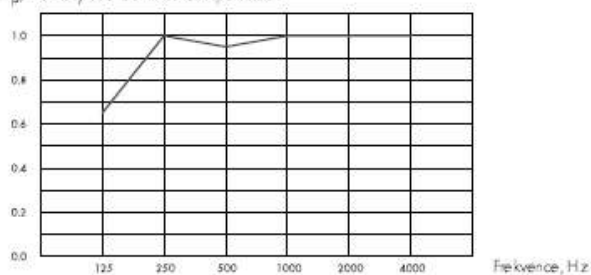
Akustika

Zvuková absorpce:

Výsledky zkoušek v souladu s EN ISO 354.

Klasifikace podle EN ISO 11654, jednotlivé hodnoty pro NRC a SAA v souladu s ASTM C 423.

α_p , Praktický koeficient zvukové pohltivosti



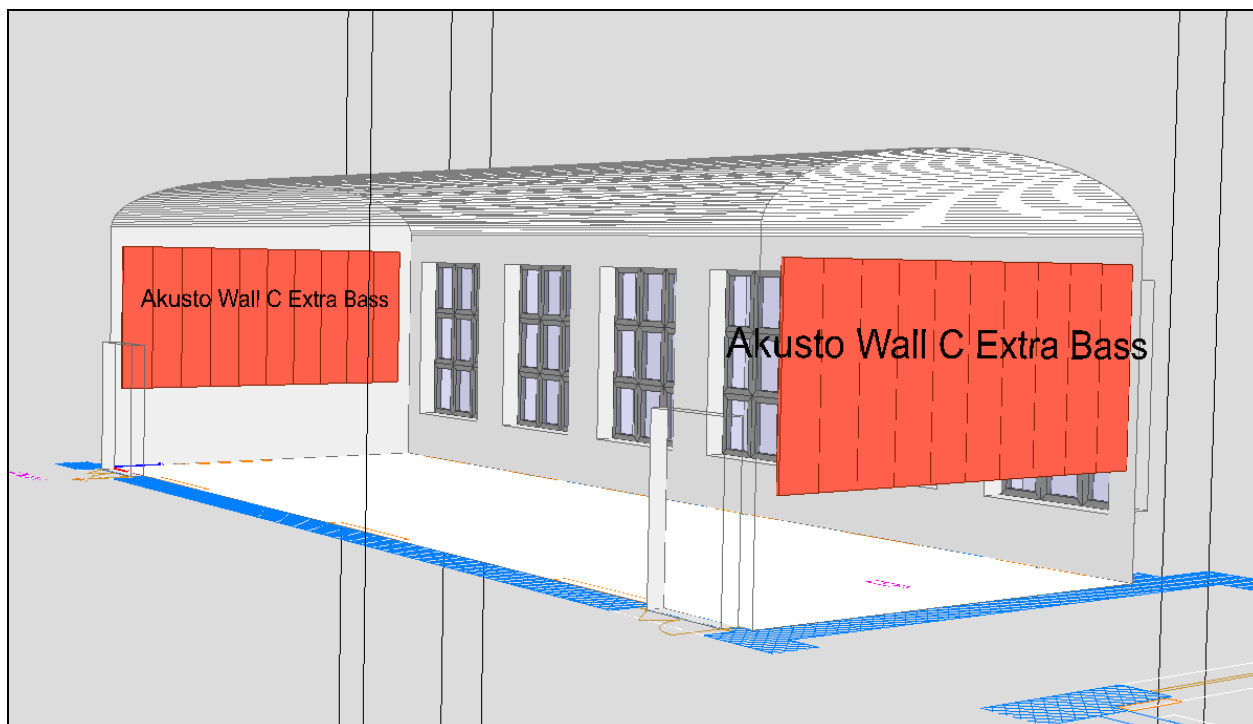
– Akusto Wall C Extra Bass 80 mm, 80 mm o.d.s.

o.d.s = celková hloubka systému

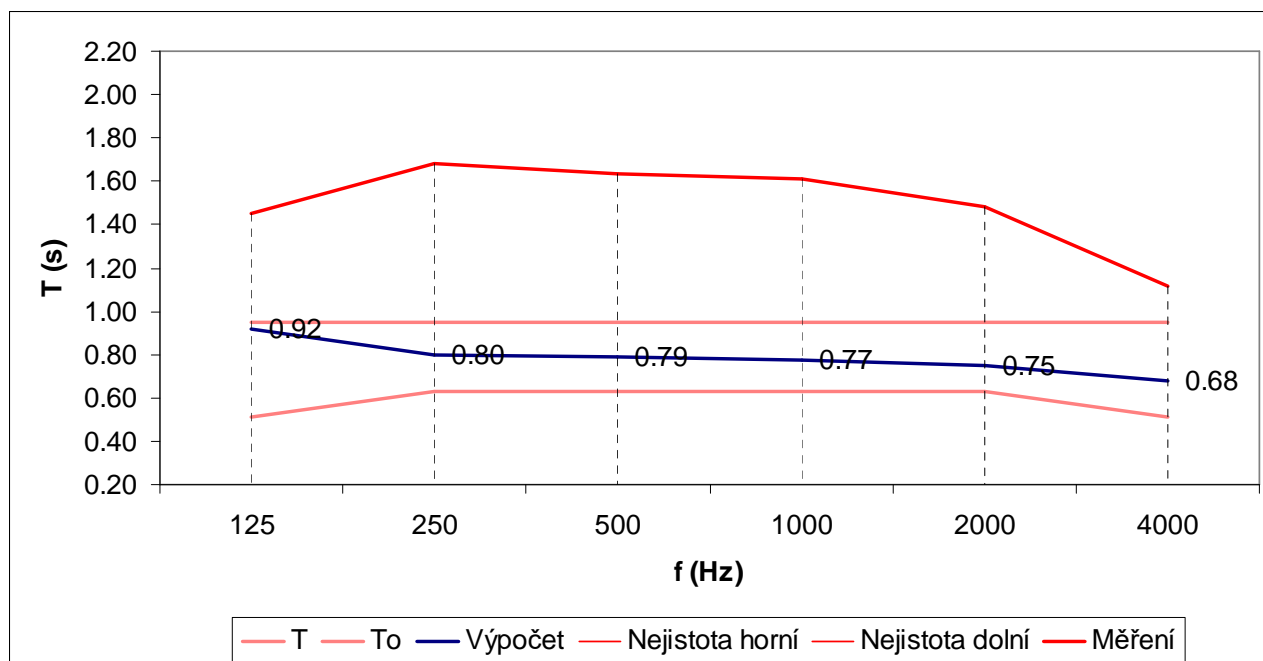
	tl, mm	o.d.s. mm	α_p , Praktický koeficient zvukové pohltivosti						α_w	absorpční třída
			125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz		
Extra Bass	80	80	0.65	1.00	0.95	1.00	1.00	1.00	1.00	A

tl, mm	o.d.s. mm	NRC	SAA
80	80	1.00	1.00

Obr.4: Model 3: Stěnové panely – příklad použití panelů Akusto Wall C Extra Bass 10 ks 2700 x 600 mm na každé čelní stěně.



Graf 5: Vypočtené hodnoty.



Obr.5: Model 4: Stěnové panely – příklad použití panelů Akusto Wall C Extra Bass 10 ks 2700 x 600 mm na každé čelní stěně + 6 ks panelů Akusto Wall 2700 x 1200 mm.



10 Závěr a obecné shrnutí

Měřeními byly zjištěny stávající hodnoty doby dozvuku, které lze hodnotit, jako nevyhovující z hlediska požadavků platných ČSN na obdobný účel užívání (posluchárna).

Významným omezením pro řešení optimálního řešení, je nemožnost zasahování do stropní konstrukce prostoru. Nejobtížněji se snižují doby dozvuku na nižších frekvencích – zejména na $f=125$ Hz. Snižování doby dozvuku na $f=125$ Hz je ovlivněno především hloubkou a řešením systému ve smyslu – vyšší hloubka systému a použití pohlcovacího materiálu uvnitř systému = lepší výsledky.

V této studii je uvedeno několik řešení, přičemž zajištění požadavků ČSN lze očekávat pouze v případě řešení dle kapitoly 9.3, včetně doporučení realizace po etapách včetně provedení etapového měření.

14.4.2022

Ing. Patrik Holeček