

AKUSTICKÁ STUDIE

Č. 7315-S82-24

Kulturní dům Česká Kamenice ul. Komenského 288, Česká Kamenice - rekonstrukce vybraných prostor ve 3.NP	Paré PDF
Posouzení prostorové akustiky	Revize KONCEPT

Objednatel, adresa	Město Česká Kamenice, Náměstí Míru 219, 407 21 Česká Kamenice
Číslo objednávky	ZL
Číslo zakázky	7315-S82-24
Datum přijetí zakázky	13.11. 2024
Datum měření	24.10. 2024
Měření provedl	Ing. Patrik Holeček
Studii vypracoval	Ing. Patrik Holeček
Účel (stupeň)	DSP
Počet stran	14
Elektronická verze	7315_ak-studie Učebny Svobodná škola v KD Česká Kamenice leden 2025

Pracovník laboratoře fyzikálních faktorů, odpovědný za provedení zakázky a zpracování protokolu:			
Datum schválení	Jméno, funkce	Kontakt	Podpis
14.1.2025	Ing. Patrik Holeček	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.			

Obsah

Obsah	2
1 Předmět posouzení	3
2 Legislativa, požadavky	3
3 Metoda predikce	3
4 Použitá měřicí technika	3
5 Popis situace	3
6 Požadavky ČSN	4
7 Měření dozvuku ve stávajících prostorech	6
7.1 Způsob měření	6
7.2 Měřené prostory a požadavky	6
7.3 Fotodokumentace	7
7.4 Naměřené hodnoty	7
8 Akustické výpočty	8
8.1 Nově navrhované prostory a požadavky	8
8.2 Návrh řešení prostorové akustiky	11
8.2.1 Etapa 1 – Děrovaný SDK pohled	11
8.2.2 Etapa 2 – stěnové aplikace	12
8.3 Vypočtené (očekávané) hodnoty doby dozvuku	14
9 Závěr a obecné shrnutí	14

1 Předmět posouzení

Předmět posouzení:	Kulturní dům Česká Kamenice ul. Komenského 288, Česká Kamenice - rekonstrukce vybraných prostor ve 3.NP.
Objednatel:	Město Česká Kamenice, Náměstí Míru 219, 407 21 Česká Kamenice.
Účel studie:	Měření doby dozvuku ve stávajících prostorech. Posouzení prostorové akustiky. Návrh akustických opatření.
Datum měření:	24.10.2024 od 9:00 do 10:00 hod.

2 Legislativa, požadavky

Měření:	ČSN EN ISO 3382-2 Akustika (září 2009)- Měření parametrů prostorové akustiky - Část 2: Doba dozvuku v běžných prostorech.
Požadavky, limity:	Vyhláška č. 160/2024 Sb., o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých a dětských skupin. ČSN 73 0525 Akustika (únor 1998) – Projektování v oboru prostorové akustiky – Všeobecné zásady. ČSN 73 0527 Akustika (srpen 2023) - 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 u_c násobením koeficientem $k = 2$, odpovídající normálnímu rozdělení a hladině významnosti $\alpha = 0.05$ (95% konfidenčnímu intervalu střední hodnoty).

3 Metoda predikce

V objednatel vybraném prostoru 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 obsazených prostorech včetně užitkových pohlcovačů. Stanovená nejistota $\pm 20\%$. V programu byly modelovány akustické situace s různým použitím akustických prvků. **Základní povrchové předpoklady jsou dány požadavky objednatele.** 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. Návrh je řešen víceetapově, neboť **skutečné hodnoty doby dozvuku významně ovlivňuje skutečné provedení stavby a skutečné rozmístění užitkových pohlcovačů**, jako jsou učební pomůcky, nástěnky apod. Po realizaci první etapy tak již mohou být hodnoty doby dozvuku v požadovaném rozmezí. Další etapa je navržena pro případ, kdy po realizaci etapy předchozí a uplatnění veškerých užitkových pohlcovačů při exaktním měření nebudou naměřené hodnoty v požadovaném rozmezí. V návrhu je prezentována objednatel vybraná varianta řešení akustických úprav.

4 Použitá měřicí technika

Přesný integrující zvukoměr NTI Audio typ XL2, výrobní číslo A2A-06572-E0, ověřovací list č. 8012-OL-10260-24, platný do 4.6.2026 s mikrofonom NTI Audio typ MC 230A, výrobní číslo A15972, ověřovací list č. 8012-OL-10261-24, platný do 4.6.2026. Akustický kalibrátor LARSON-DAVIS, USA, typ CAL200-94dB/1000 Hz, výrobní číslo 11704, kalibrační list č. 8012-KL-10339-23, platnost kalibrace do 30.5.2025.

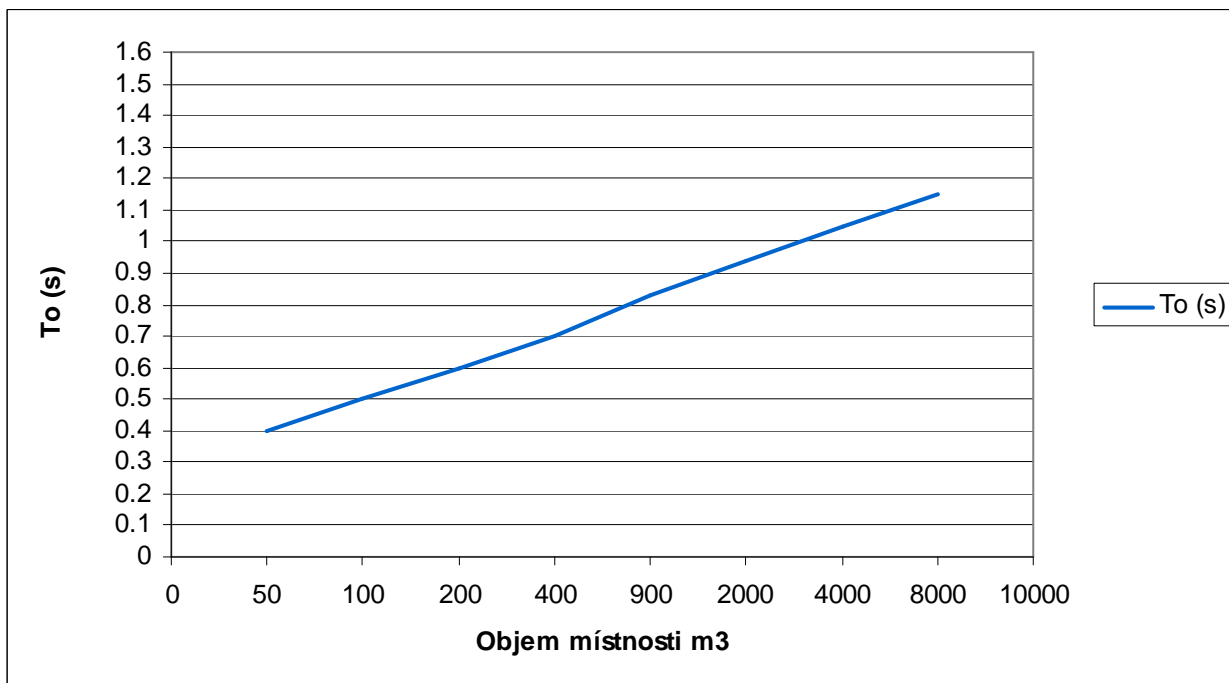
5 Popis situace

Projektová dokumentace navrhuje změnu dokončené stavby, jedná se o rekonstrukci a změnu užívání vybraných prostor ve 3.NP, prostory budou nově sloužit pro potřeby provozu svobodné školy. Prostor bude funkčně vymezen průhlednými stěnami na prostory. Nový účel užívání – učebna č. 3.29a pro 30 žáků a komunikační a úložný prostor č. 3.29b. Měřené prostory jsou popsány v tabulce 1. Vypočítané a hodnocené prostory jsou uvedeny v tabulce 3.

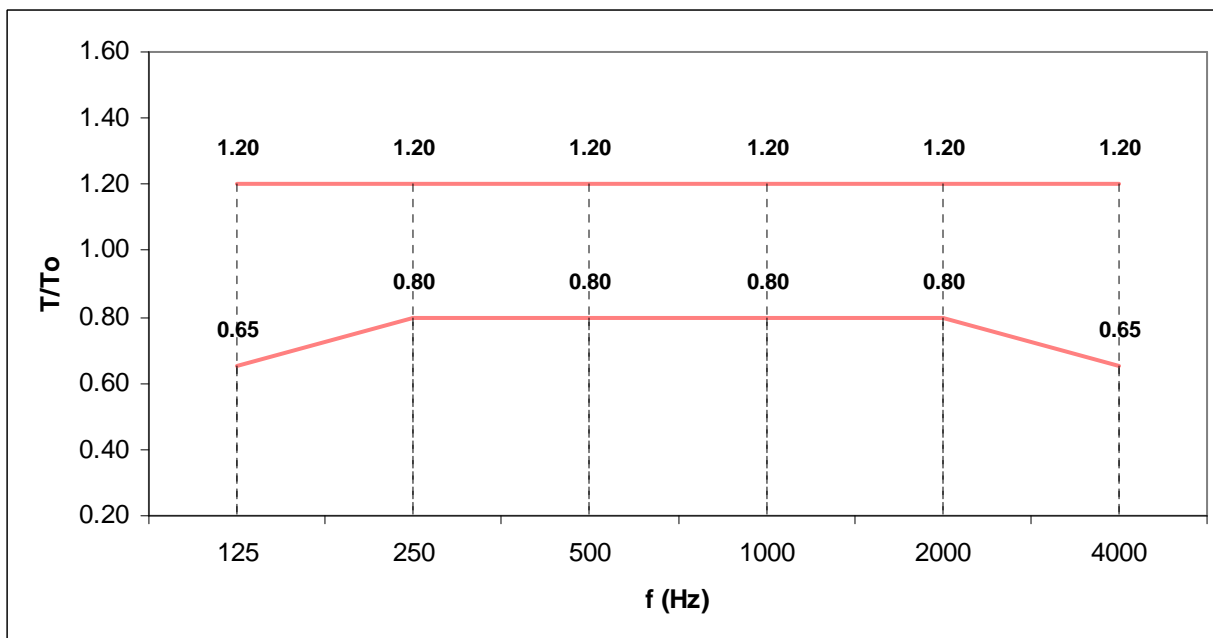
6 Požadavky ČSN

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

Graf 1: Učebny, odborné učebny - graf pro stanovení optimální doby dozvuku - Příloha A, obrázek A.2 - křivka průběhu A.



Graf 2: Přípustné toleranční pásmo poměru dob dozvuku T/T_0 - obrázek A.5



Pravidla pro dopočty obsazenosti při měření dozvuku prostor v neobsazeném stavu dle 4.11 ČSN 73 0527:

Výpočet průměrné hodnoty činitele zvukové pohltivosti měřeného prostoru z naměřených hodnot dle vztahu:

$$\bar{\alpha}_m = 1 - e^{\left(\frac{0,163 \frac{V}{T_m} - 4mV}{S} \right)}$$

Výpočet průměrné hodnoty činitele zvukové pohltivosti měřeného prostoru po dopočtení pohltivé plochy vlivem obsazenosti dle vztahu:

$$\bar{\alpha}_{obs} = \frac{\bar{\alpha}_m S + \alpha_d S_d}{S}$$

Tabulka 3 – Předepsané hodnoty dopočtového činitele zvukové pohltivosti α_d pro dopočet obsazenosti při provedení závěrečného měření v neobsazeném stavu

	Popis	Oktávová pásma – střední hodnota frekvence v Hz					
		125	250	500	1 000	2 000	4 000
1 ^a	α_d pro osoby sedící na nečalouněných nebo lehce čalouněných židlích při měření provedeném bez těchto židlí, tedy v prázdném prostoru bez mobiliáře	0,25	0,40	0,45	0,50	0,60	0,60
2 ^a	α_d pro osoby sedící na nečalouněných židlích	0,15	0,30	0,40	0,45	0,55	0,55
3 ^a	α_d pro osoby sedící na mírně čalouněných židlích (textilní čalounění horní strany sedáku a čelní strany opěradla do tloušťky 30 mm)	0,10	0,15	0,20	0,25	0,25	0,25
4 ^a	α_d pro osoby sedící na sedadlech s vysokým čalouněním (celočalouněná sedadla s textilním čalouněním tloušťky 30 mm a více)	0,05	0,05	0,05	0,10	0,10	0,15
5 ^b	α_d pro žáky sedící u stolů – měření provedeno v učebně vybavené nábytkem	0,15	0,20	0,30	0,45	0,50	0,55
6 ^b	α_d pro žáky sedící u stolů – měření provedeno v prázdné učebně zcela bez nábytku	0,20	0,25	0,35	0,45	0,50	0,55

^a Dopočtový činitel zvukové pohltivosti α_d pro dopočet pohltivosti osob při kompaktním uspořádání hlediště. Uvedené hodnoty odpovídají uvažované ploše půdorysného průmětu plochy sedadel. Hodnoty uvažují s měřením doby dozvuku provedeným ve stavu včetně židlí, popř. sedadel (mimo řádek 1) – viz obrázek 1.

^b Dopočtový činitel zvukové pohltivosti α_d žáků v učebně při uvažování samostatných lavic. Uvedené hodnoty odpovídají uvažované ploše 1 m² na jednu osobu a jsou odvozeny od maximální kapacity učebny – viz obrázek 2.

Vypočtená doba dozvuku prostoru po dopočtu v obsazeném stavu dle vztahu:

$$T_{obs} = \frac{0,163V}{-\ln(1 - \bar{\alpha}_{obs})S + 4mV}$$

7 Měření dozvuku ve stávajících prostorech

7.1 Způsob měření

Doba dozvuku popisuje dobu, za kterou hladina akustického tlaku v místnosti po vypnutí zdroje poklesne o 60 dB. K měření byla zvolena metoda integrované impulsové odezvy. V prostorech byl vygenerován ustálený širokopásmový hluk, který byl zaznamenáván do měřicího přístroje. Po ukončení působení zdroje hluku byla sledována doba dozvuku v jednotlivých frekvenčních pásmech. Během měření nedošlo k žádným problémům na měřicí technice.

Měření doby dozvuku bylo provedeno formou náměru s kontinuálním záznamem časového průběhu hladiny hluku vzorkováním 0,01s v oktávových pásmech v souladu s požadavky platné legislativy. Měřeno bylo při více polohách mikrofону (označeno modře) a více polohách zdroje hluku (označeno červeně).

Náměry pro stanovení hluku pozadí ve vnitřním prostoru měřené místnosti byly pořízeny exponenciálním integrováním frekvenčně neváženého signálu se záznamem minima v pásmech. Ze spekter je vypočtena celková vážená hladina hluku pro definovaný stav podle vztahu:

$$L_A = 10 \log \sum_{i=1}^n 10^{\frac{L_i + K_{Ai}}{10}} \quad [\text{dB(A)}] \quad (1)$$

kde je

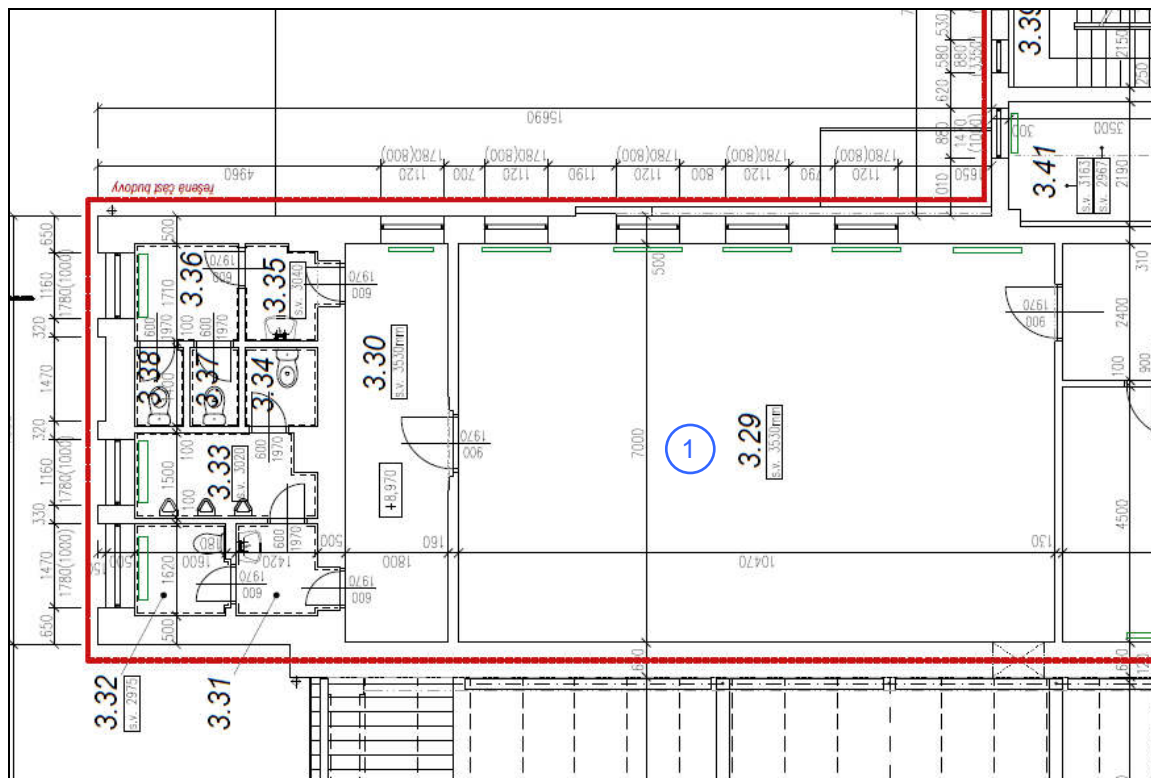
L_i	hladina akustického tlaku (dtto hluku) v i-tém frekvenčním pásmu v dB
K_{Ai}	korekce pro váhový filtr A v i-tém frekvenčním pásmu v dB
n	počet zohledněných frekvenčních pásem

7.2 Měřené prostory a požadavky

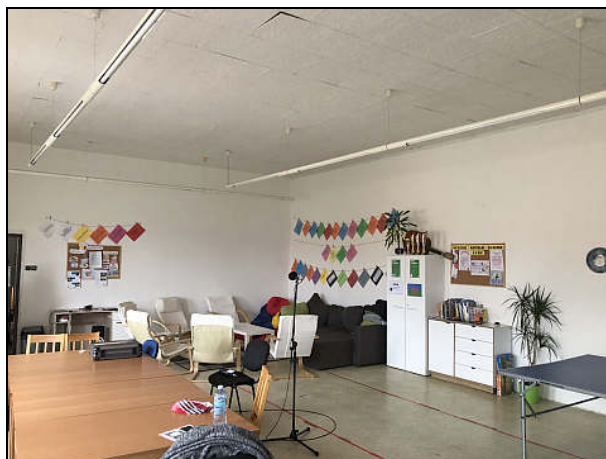
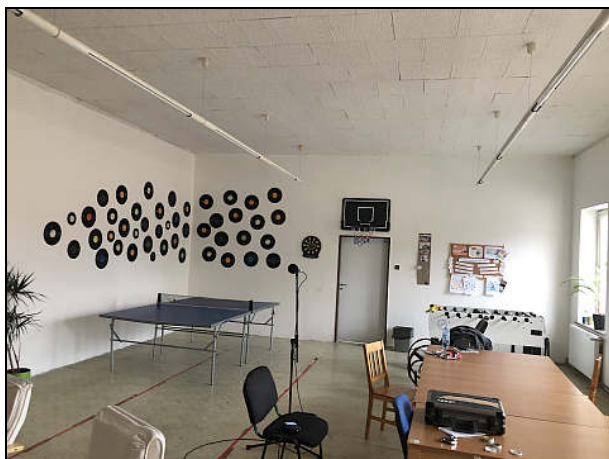
Tabulka 1

Hodnocené prostory – stávající (měřený) stav					
Měření	Účel užívání	Objem V (m ³)	Strop	Podlaha	Stěny
1	Restaurace 3.29	259	Polystyrénové kazety	PVC	VC omítka, okna
Požadavky na optimální doby dozvuku T_0 (akustická úprava) pro učebnu					$T_0 (s) = 0,64$

Obr.1: Půdorys 3.NP – stávající stav



7.3 Fotodokumentace



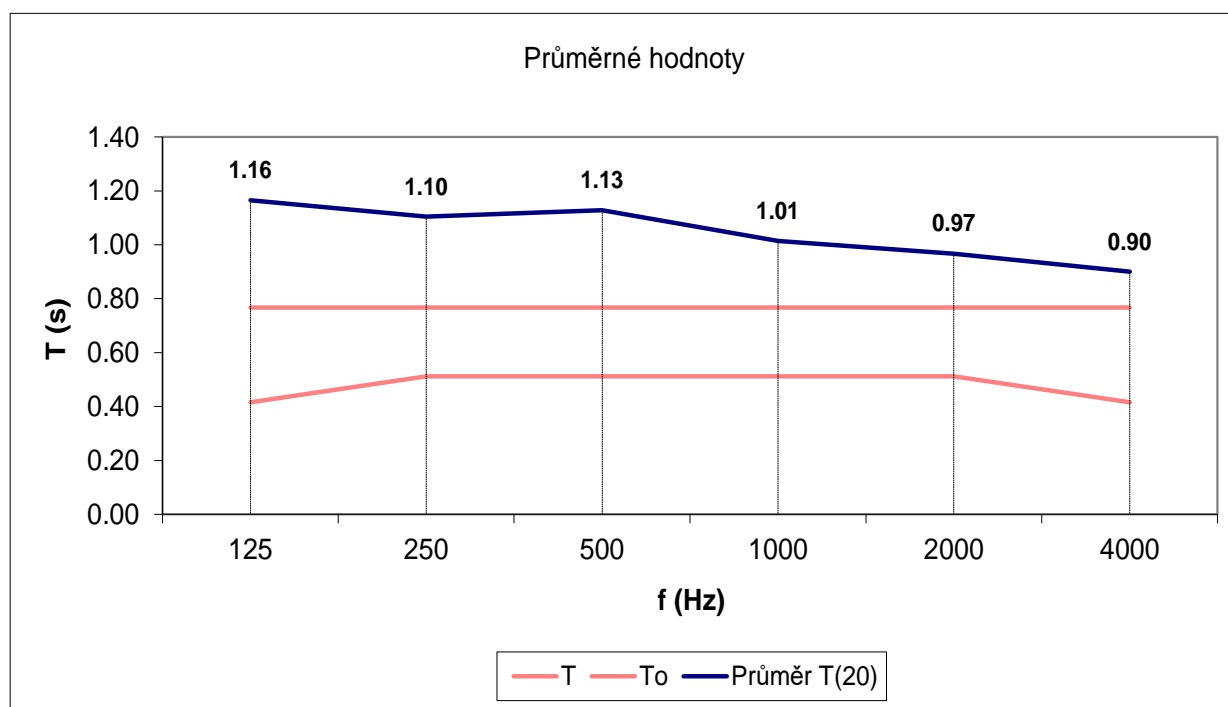
Měření č. 1 – Stávající prostor 3.29 (Restaurace)

7.4 Naměřené hodnoty

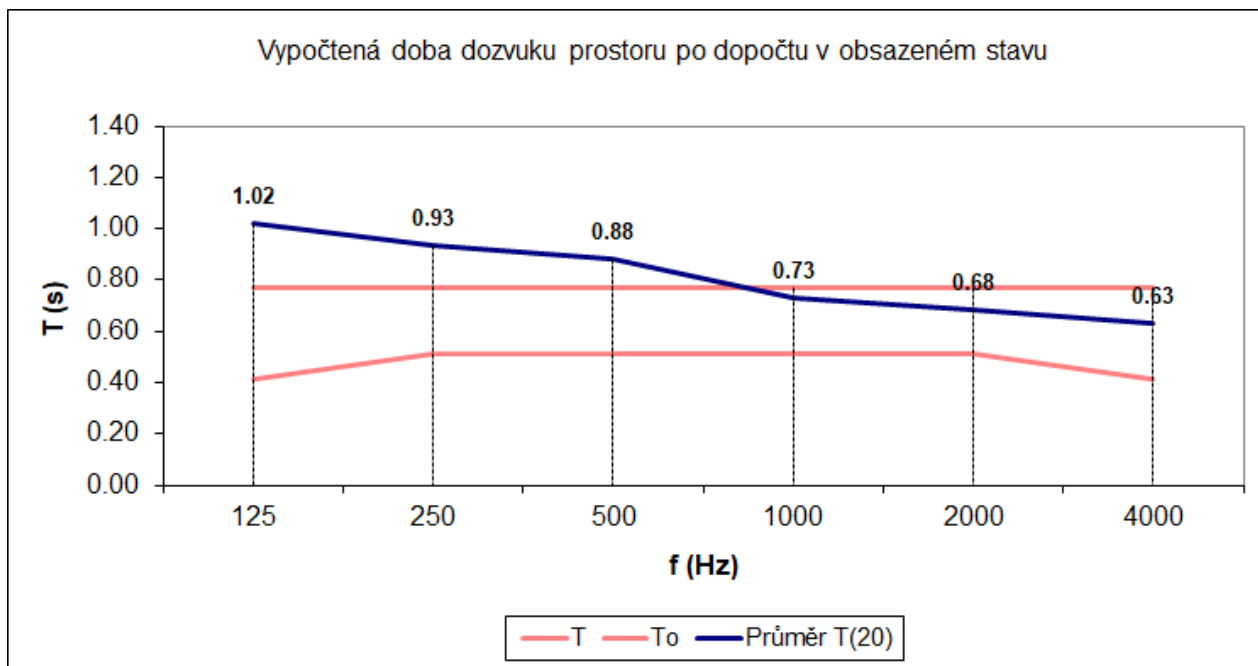
Stávající prostor 3.29 (restaurace), požadavky pro učebnu

měření č. 1

Naměřené hodnoty – průměr T20 (s):



Vypočtené hodnoty po korigování na obsazenost – celkem 30 žáků:



Naměřené hodnoty doby dozvuku po dopočtu na obsazenost stávajícího prostoru nevyhovují požadavkům ČSN a to zejména na $f = 125, 250$ a 500 Hz.

8 Akustické výpočty

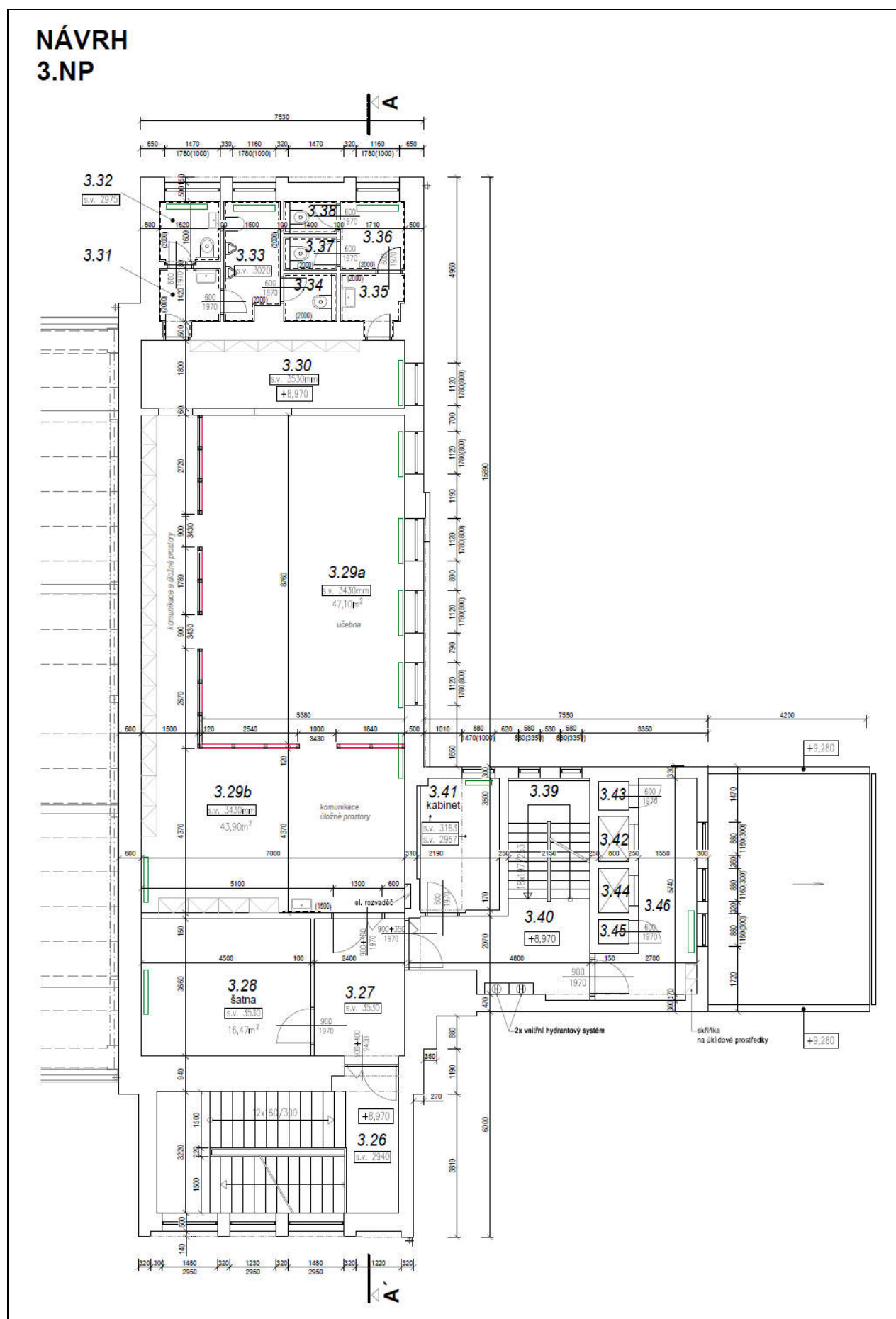
Vzhledem k výše naměřeným hodnotám doby dozvuku je v návrhu sledováno takové řešení, které primárně zvýší pohltivost stropu na frekvencích $f = 125$ Hz a 250 Hz, při co největším zachování pohltivosti/odrazivosti na ostatních frekvencích.

8.1 Nově navrhované prostory a požadavky

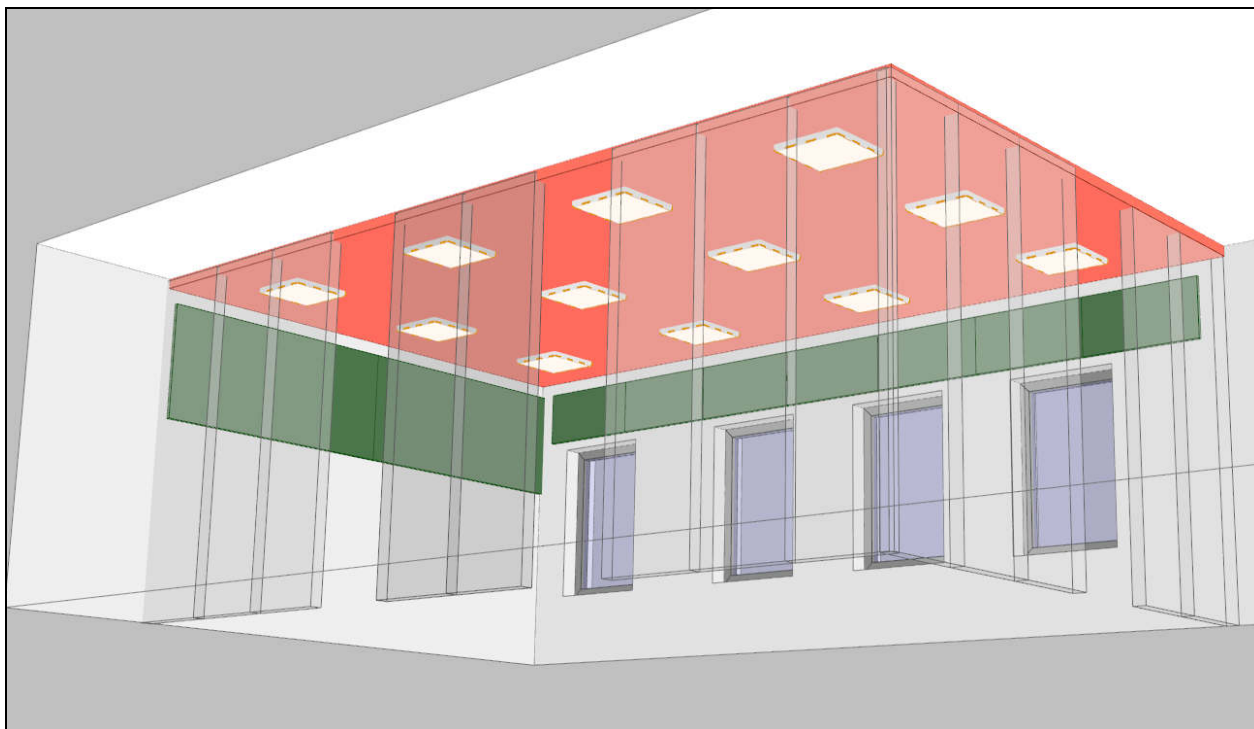
Tabulka 2

Hodnocené prostory – navrhovaný (výpočtový) stav, tučně označeny prostory měřené					
Prostor	Účel užívání	Objem $V (m^3)$	Strop	Podlaha	Stěny
3.29a	Učebna	161,5	Děrovaný SDK 8-15-20 podhled, výška svěšení 100 mm vč. minerál. izolace	PVC	VC omítka, akustické panely dle výsl. 1.etapy
Požadavky na optimální doby dozvuku T_0 (akustická úprava)					$T_0 (s) = 0,57$

Obr.2: Půdorys 3.NP – navrhovaný stav.



Obr.3: Půdorys 3.NP – návrh akustických opatření v 1.etapě označeno červeně, možné rozmístění ak. prvků ve 2. etapě označeno zeleně.



8.2 Návrh řešení prostorové akustiky

8.2.1 Etapa 1 – Děrovaný SDK podhled

V ploše 47,1 m² učebny č. 3.29a se navrhuje **děrovaný SDK podhled 8-15-20 tl. 12,5 mm. Výška svěšení: 100 mm s výplní minerální izolací : 50 mm**, např. Isover Akustic SSP 2 nebo MULTIPLAT 35.



Rigiton RL 8-15-20

• Activ'Air®

Základní vlastnosti desek Rigiton RL 8-15-20

Rozměry desky (š x d x tl.)	1200 x 2000 x 12,5 mm
Hrany desky	kolmo řezané SK
Děrování	nepravidelně
Podíl děrované plochy	6 %
Hmotnost	cca 10 kg/m ²
Třída reakce na oheň	A2-s1,d0
Odolnost proti relativní vzdušné vlhkosti	70 %

Umístění a velikost perforací [mm]



Číselník zvukové pohltivosti α_p



Výška svěšení [mm]	Minerální izolace [mm]	Číselník zvukové pohltivosti α_p /Hz	α_w	NRC	Třída zvukové pohltivosti ^{II}					
		125	250	500	1000	2000	4000			
50	—	0,15	0,40	0,65	0,55	0,25	0,10	0,25 (LM)	0,45	D
200	—	0,40	0,70	0,65	0,40	0,25	0,15	0,30 (LM)	0,50	D
200	50*	0,55	0,70	0,65	0,50	0,30	0,20	0,35 (LM)	0,55	D

*dle ČSN EN ISO 11 654; * například Isover Doma

* od data výroby 08/2015



Rodinný dům, Vedryně



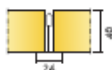
Centrum akutní medicíny, Kladno

8.2.2 Etapa 2 – stěnové aplikace

Pevné samonosné akustické panely z minerální vlny Euroacoustic – Acousticshoc 40 mm, nebo Ecophon Akusto Wall A. Velká variabilita barevného a tvarového provedení. Hmotnost prvků cca max. 2.0 až 4.5 kg/ks.

Akustický panel Ecophon Akusto Wall A

SYSTÉMOVÁ ŘADA



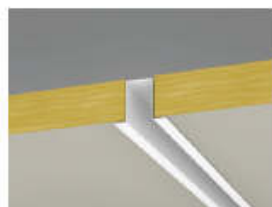
Rozměry, mm	2700x1200
Thinline Profil	•
U profil	•
Tloušťka [tl.]	40
Instalační diagram	M353, M504, M593, M595



Panel Akusto Wall A



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



Akusto Wall A s Connect omega profilem



Akusto Wall s Connect Thinline profilem

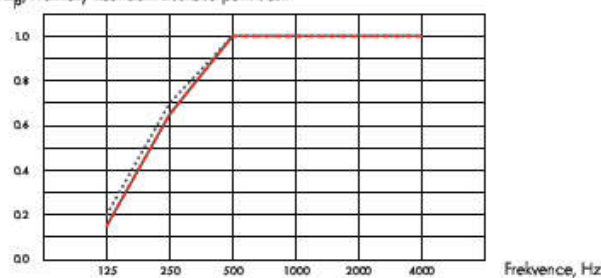
Akustika



Zvuková pohltivost:

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, 43 mm o.d.s.

— Akusto Wall A Texona 40 mm, 43 mm o.d.s.

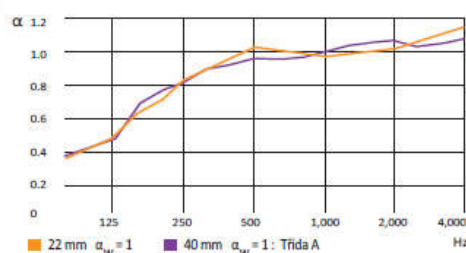
--- Akusto Wall A Super G 40 mm, 43 mm o.d.s.

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	43	0.20	0.70	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	A
Texona	40	43	0.15	0.65	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	A
Super G	40	43	0.15	0.65	1.00	1.00	1.00	1.00	0.95	A

Stěnový panel Euroacoustic – Acoustichoc**NÁRAZOVÁ ODOLNOST****Acoustichoc®**

- > Pevný samonosný panel z minerální vlny.
- > Dekorativní sklovláknenná úprava zpevněna výztužnou mřížkou.
- > Navrženo pro použití s rastrem 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 (zvlášť na datilích částech konstrukce, platí pro panely)	600 x 600	22	EN 13381-1
REI 60 - 120 (zvlášť na datilích částech konstrukce, +160mm panely Eurostone® 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**

- Nenasákové, odolné vůči vlhkosti.

**CE**

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

**Nárazová odolnost**

Díky zpevňující mřížce ze skelných vláken jsou panely Acoustichoc® zvlášť 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. Eurocoustic je recyklována.
- Prohlášení o vlivu na životní prostředí a zdraví jsou k dispozici na www.inies.fr.
- Spol. Eurocoustic 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-Běžová-Modrá-Šedá-Žlutá-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

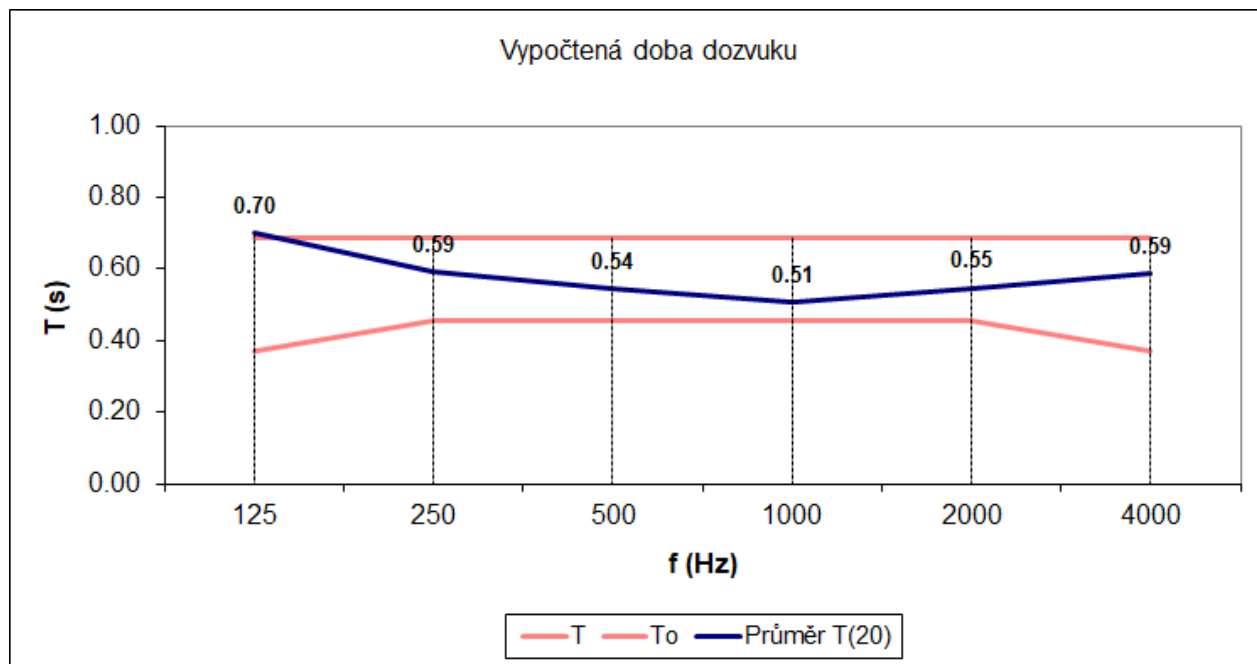
Všechny balení Eurocoustic jsou staženy pevnou fólií. Palety jsou zpevněny obalovou fólií a je nutné je uchovávat pod střechem chráněné před povětrnostní vlivy.



8.3 Vypočtené (očekávané) hodnoty doby dozvuku

Výpočty byly provedeny pro 1. etapu realizace akustických opatření včetně dopočtu na obsazenost.

Učebna 3.29a:



9 Závěr a obecné shrnutí

Ve stávajícím prostoru byly změřeny stávající doby dozvuku. Měření slouží jako podklad pro kalibraci výpočtového modelu a navrhování nových akustických opatření. Na základě zkalibrovaných modelů byl proveden teoretický výpočet doby dozvuku. Na základě vypočtených hodnot, lze očekávat vyhovující požadavky příslušných ČSN po realizaci stavby v 1. etapě navrhovaný úprav v učebně 3.29a. Mírně nad požadovaným rozmezím se nachází $f=125$ Hz. Lze očekávat, že skutečné doby dozvuku budou dále snižovat užitkové pohlcovače v prostoru (nástěnky, nábytek apod.).

Vzhledem k tomu, že teoretický výpočet je proveden na základě statistických výpočetních modelů, je nutné uvažovat s nejistotou stanovení cca 20 % v jednotlivých frekvencích. Výsledné vypočtené hodnoty se vztahují k běžně zařízeným prostorům vč. uživatelů.

Po realizaci stavby se doporučuje provést kontrolní měření včetně užitkových pohlcovačů (skříně, židle, učební pomůcky, nástěnky apod.) Užitkové pohlcovače ovlivňují skutečné doby dozvuku. V případě nevyhovujících hodnot doby dozvuku je proveden návrh realizace akustických úprav ve 2. etapě.

Akustické prvky mohou být nahrazeny jinými výrobky, avšak **určující jsou referenční akustické vlastnosti prvků uvedené v této studii !!**

14.1.2025

Ing. Patrik Holeček