

**VŠE v Praze,
náměstí Winstona Churchilla 1938/4,
13000 Praha 3 - Žižkov
Coworkingové centrum**

Dokumentace pro provádění stavby

Akustická studie

Prostorová akustika – doba dozvuku

Vypracoval: Ing. Martin Ondráček

Martin Ondráček
Ondráček



Kontrolovala: Ing. Jitka Ondráčková
autorizovaný technik pro techniku prostředí staveb
ČKAIT 0012760

Objednatel: Studio Atelier AS, s. r. o.,
Lyčkovo náměstí 10, 186 00 Praha 8
IČO/DIČ: 24811343 / CZ24811343

Zakázkové číslo: 22045

Datum: 2/2023

Ing. Martin Ondráček
Schnirchova 297/18, 170 00 Praha 7
akustika@martinondracek.com

IČO: 14120879
tel. +420 734 460 042
www.martinondracek.com

1

Obsah

1. Předmět studie	3
2. Výchozí podklady	3
3. Legislativní požadavky	4
4. Výpočet	7
5. Přehled posuzovaných prostor s popisem navržených akustických opatření	8
5.1 Velká studovna 2.1 – navržené akustické opatření	9
5.2 Malá studovna 2.03 – navržené akustické opatření	11
5.3 Jednací místnosti I (2.04), II (2.05), III (2.06) – navržené akustické opatření	12
6. Závěr	13
7. Přílohy	14

1. Předmět studie

Předmětem této studie je návrh a posouzení akustických úprav v nově navržených prostorách coworkingového centra VŠE v Praze. Studie je zpracovaná jako součást dokumentace pro provádění stavby tohoto objektu.

Návrh akustických úprav je proveden podle doporučení platných norem ČSN 73 0525 a ČSN 73 0527, které stanovují toleranční pásmo frekvenčního průběhu doby dozvuku, s cílem dosáhnout co nejlepší srozumitelnosti mluveného slova.

Dále je nutné vhodnou konfigurací akustických prvků zabránit nežádoucím odrazům zvuku s velkým časovým zpožděním za přímým zvukem a podpořit odrazy žádoucí.

POZNÁMKA:

Návrh akustických úprav je proveden na základě teoretických výpočtů. Tento postup se používá v případech, ve kterých nelze provést měření počáteční doby dozvuku, např. při projektové přípravě. Měření lze provést až v určité fázi stavby a teoretický návrh akustických obkladů lze potom podle výsledků měření korigovat.

Výpočty a posouzení v této studii vycházejí z podkladů, dodaných objednatelem.

2. Výchozí podklady

- /1/ Projektová dokumentace – Coworkingové centrum VŠE (Studio Atelier AS, s. r. o., 1-2023):
 - Stavební výkresy (půdorysy, řez)
- /2/ Vyhláška 410/2005 Sb. o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých, ve znění vyhlášky č.343/2009 Sb.
- /3/ ČSN 73 0525 Akustika. Projektování v oboru prostorové akustiky. Všeobecné zásady
- /4/ ČSN 73 0527 Akustika. Projektování v oboru prostorové akustiky. Prostory pro kulturní účely. Prostory ve školách. Prostory pro veřejné účely
- /5/ ČSN EN 12354-6 Stavební akustika. Výpočet akustických vlastností budov z vlastností stavebních prvků Část 6: Zvuková pohltivost v uzavřených prostorech
- /6/ Stavební fyzika 10. Akustika ve stavebních konstrukcích (Doc. Ing. Jiří Čechura, skriptá FSv ČVUT Praha 1999)
- /7/ Stavební fyzika 1. Urbanistická, stavební a prostorová akustika (Ing. Vaverka a kol., Brno 1998)
- /8/ Katalog akustických materiálů a konstrukcí (Ing. Kozel a kol., VÚRT Praha 1992)
- /9/ Technická dokumentace výrobců akusticky pohltivých materiálů a konstrukcí

POZNÁMKA:

Normy a předpisy včetně všech změn jsou uvažovány v aktuálním znění platném ke dni zpracování studie.

3. Legislativní požadavky

Vyhláška č.410/2005 Sb. o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých, ve znění vyhlášky č.343/2009 Sb.. v § 4b požaduje dodržení požadavků na dobu dozvuku podle příslušné české technické normy.

Příslušnou technickou normou se rozumí ČSN 73 0527 Akustika – Projektování v oboru prostorové akustiky – Prostory pro kulturní účely – Prostory ve školách – Prostory pro veřejné účely.

Pro ostatní prostory jsou v této normě také stanoveny doporučené doby dozvuku nebo opatření pro zajištění vyhovující prostorové akustiky. Nejsou však ze závazně nadřazeným předpisem (vyhláškou nebo nařízením vlády).

ČSN 73 0527 Akustika. Projektování v oboru prostorové akustiky. Prostory pro kulturní účely. Prostory ve školách. Prostory pro veřejné účely

Za základní akustický požadavek pro uzavřené prostory lze považovat požadavek na optimální dobu dozvuku podle účelu použití prostoru. Doba dozvuku je důležitá z hlediska srozumitelnosti řeči, poslechu hudby. Akustickými úpravami lze dobu dozvuku snížit na optimální úroveň pro daný účel využití prostoru.

Doba dozvuku se sleduje v oktavových pásmech se středními kmitočty od 125 Hz do 4 kHz. Kmitočtový průběh vypočítané doby dozvuku se ve vztahu k optimální době dozvuku T_0 prověřuje pomocí kmitočtové závislosti přípustného rozmezí poměru hodnot T/T_0 .

Při výpočtu doby dozvuku se uvažuje posuzovaný prostor v obsazeném stavu (kromě prostorů tělocvičen a hal).

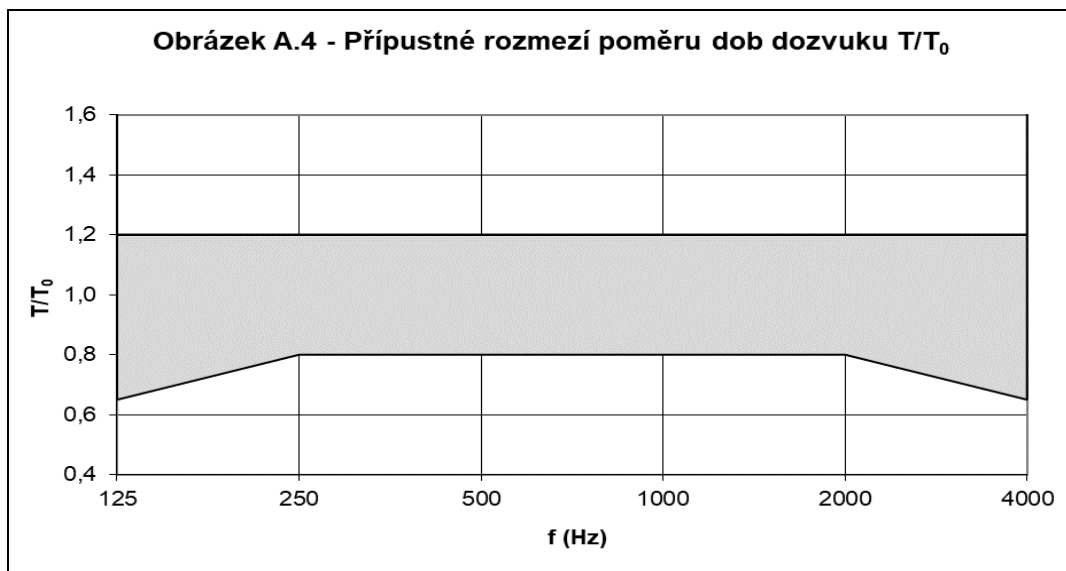
Konferenční místnosti mají v tabulce 2 ČSN 73 0527 předepsanou úpravu stropu širokopásmovým obkladem (bez stanovení doby dozvuku). Obklad je možné provést alternativně na stěnách, pokud zůstane zachován plošný rozsah a obdobné absorpční vlastnosti.

Širokopásmovým obkladem je takový obklad, jehož vážený číselník zvukové pohltivosti je $\alpha_w \geq 0,8$. Podle ČSN EN ISO 11654, příloha B, spadá širokopásmový akustický obklad do tříd A a B zvukové pohltivosti.

Pro prostory učeben a poslucháren s objemem do 250 m³ je v ČSN 73 0527 požadovaná optimální doba dozvuku T_0 (s) stanovena 0,7s.

Přípustné rozmezí poměru dob dozvuku T/T_0 je uvedeno na obrázku A.4 normy (viz obr.1).

Limitní hodnoty doby dozvuku T stanovené z optimální doby dozvuku a přípustného rozmezí poměru dob dozvuku T/T_0 jsou uvedené v tabulce 2.



Obr. 1 Přípustné rozmezí poměru dob dozvuku T/T_0 (obrázek A.4 z normy ČSN 73 0532)

Tab. 1 Požadované rozmezí T/T_0

Určení	Meze	Střední kmitočty oktařového pásma f [Hz]					
		125	250	500	1000	2000	4000
mluvené slovo	Horní	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
	Dolní	0,65	0,80	0,80	0,80	0,80	0,65

Tab. 2 Požadované rozmezí hodnot doby dozvuku T [s]

Určení	Meze	Střední kmitočty oktařového pásma f [Hz]					
		125	250	500	1000	2000	4000
mluvené slovo	Horní	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84
	Dolní	0,46	0,56	0,56	0,56	0,56	0,46

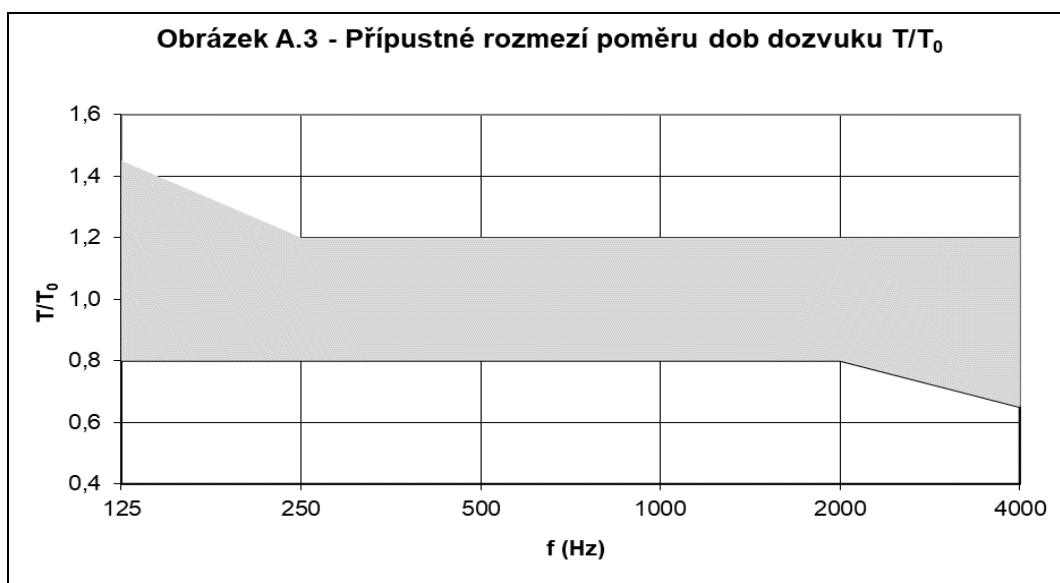
Pro prostory víceúčelových sálů je v ČSN 73 0527 požadovaná optimální doba dozvuku T_0 (s) stanovena v závislosti na objemu posuzovaného prostoru.

$$T_0 = 0,3582 \log V - 0,061 \quad \text{pro rozsah od } V = 500 \text{ m}^3 \text{ do } V = 20\,000 \text{ m}^3$$

Posuzovaný sál s půdorysnými rozměry 42,7 m x 6,9 m a světlou výškou sálu 3,45 m má objem $V = 970 \text{ m}^3$.
Této hodnotě odpovídá požadovaná **optimální doba dozvuku $T_0 = 1,01 \text{ s}$**

Přípustné rozmezí poměru dob dozvuku T/T_0 je uvedeno na obrázku A.3 normy (viz obr.2).

Limitní hodnoty doby dozvuku T stanovené z optimální doby dozvuku a přípustného rozmezí poměru dob dozvuku T/T_0 jsou uvedené v tabulce 4.



Obr. 2 Přípustné rozmezí poměru dob dozvuku T/T_0 (obrázek A.3 z normy ČSN 73 0532)

Tab. 3 Požadované rozmezí T/T_0

Určení	Meze	Střední kmitočet oktávového pásma f [Hz]					
		125	250	500	1000	2000	4000
mluvené slovo a hudba	Horní	1,45	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
	Dolní	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,65

Tab. 4 Požadované rozmezí hodnot doby dozvuku T [s]

Určení	Meze	Střední kmitočet oktávového pásma f [Hz]					
		125	250	500	1000	2000	4000
mluvené slovo a hudba	Horní	1,47	1,22	1,22	1,22	1,22	1,22
	Dolní	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,66

4. Výpočet

Požadované plochy pohltivých obkladů, uvedené v kapitole 4, byly stanoveny výpočtem tak, aby byly dodrženy požadované doby dozvuku v učebnách v celém rozsahu posuzovaných kmitočtů.

Teoretický výpočet doby dozvuku byl proveden v oktávových pásmech podle Eyringova vztahu:

$$T = 0,163 \cdot V / (-S \cdot \ln(1-\alpha) + 4mV)$$

kde: V ... objem [m³]
 S ... plocha povrchů [m²]
 α ... činitel zvukové pohltivosti [-]
 m ... činitel útlumu ve vzduchu [np/m]

Hodnoty činitele útlumu ve vzduchu byly uvažovány dle tabulky 5.

Činitele zvukové pohltivosti obsazených dřevěných židlí v místnosti uvažovaná ve výpočtu je uvedena v následující tabulce 6.

Činitele zvukové pohltivosti vnitřních povrchů posuzovaných místností, použité ve výpočtech, jsou uvedeny v tabulce 7.

Tab 5 Činitel útlumu zvuku ve vzduchu (dle ČSN EN 12354-6)

Frekvence (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
činitel útlumu ve vzduchu m (np/m)	0,0001	0,0003	0,0006	0,0010	0,0019	0,0058

Tab 6 Součinitele pohltivosti objektů alfa (-) (dle ČSN EN 12354-6)

Frekvence (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
děti ve třídě s odrazivým vybavením	0,10	0,20	0,25	0,35	0,40	0,40
Publikum (osoby sedící v řadě po 0,9 - 1,2 m)	0,20	0,40	0,50	0,60	0,70	0,70

Tab 7 Činitele pohltivosti povrchů místnosti alfa (-) (dle ČSN EN 12354-6)

Frekvence (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Podlahová krytina – PVC	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04
omítka	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04
okna / sklo	0,12	0,08	0,05	0,04	0,03	0,02
dveře (dřevěné)	0,14	0,10	0,08	0,08	0,08	0,08
nábytek	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05

V příloze studie je doložený technický list uvedených akustických obkladů s hodnotami činitele zvukové pohltivosti a protokol výpočtu. Potřebné plochy akustických obkladů, zjištěné výpočtem, jsou shrnuty v závěru této studie.

POZNÁMKY:

Výpočet doby dozvuku podle uvedené metodiky zohledňuje pouze velikost ploch materiálů a jejich teoretické vlastnosti. Výpočtová metodika uvažuje s difúzním zvukovým polem, které není reálně dosažitelné. V reálném stavu doba dozvuku ve větších prostorech může být ovlivňována energií zvuku v rovině rovnoběžné s rovinou pohlcovače (rovinou stropu). Vliv je výrazný zejména ve větších prostorech v případě odrazivých povrchů stěn. Tento jev se nazývá třepotavá ozvěna a k jeho eliminaci je nutné použít akusticky pohltivý obklad na jednu nebo více na sebe kolmých stěn prostoru.

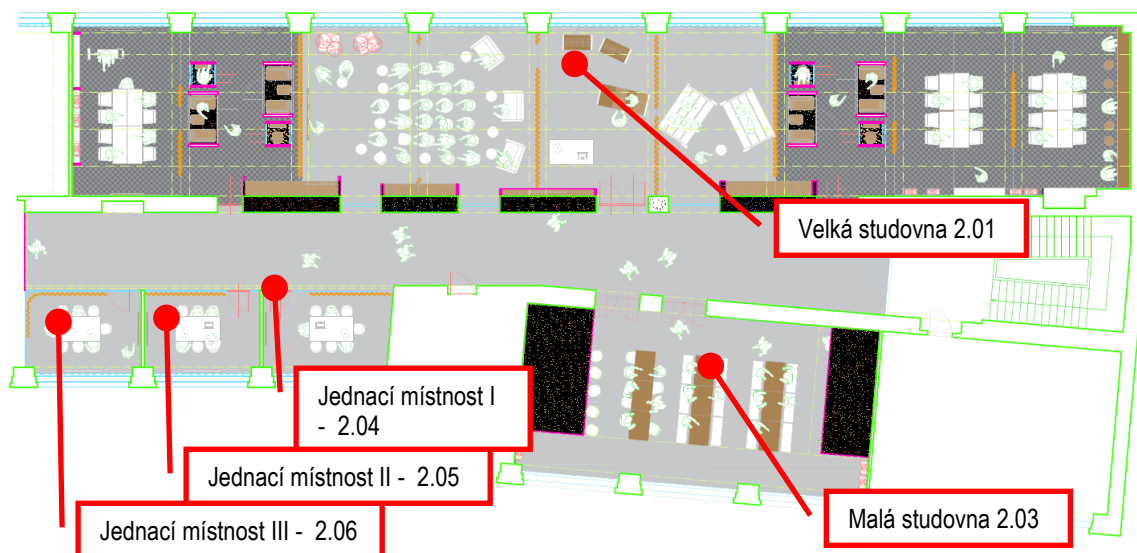
V prostoru učeben je k tomuto opatření nejvhodnější zadní stěna za pracovními stolky, příp. zadní část boční stěny proti oknům.

5. Přehled posuzovaných prostor s popisem navržených akustických opatření

Řešené Coworkingové centrum se skládá celkem z pěti samostatných místností.

Půdorys řešených prostor je na obrázku 3.

V tabulce 8 je přehled základních rozměrů řešených místností. Jejich půdorysy jsou doloženy u popisu akustických opatření.



Obr. 3 Stávající situace zájmového území s vyznačením řešeného objektu (zdroj: mapy.cz)

Tab. 8 Přehled posuzovaných místností

Označení místnosti	Plocha	Objem	T_0	Podlaha	Stěny	Strop	Světlá výška (m)	Obsazení (počet osob)
	(m ²)	(m ³)	(s)					
2.01 velká studovna	281,2	970	1,01	PVC	Omítka/obklad	SDK / Podhled	3,45	cca 20
2.03 Malá studovna	96,7	344	-*	PVC	omítka	Podhled	3,56	cca 20
2.04 Jednací místnost I	15,6	54	0,7	PVC	omítka	SDK/ Podhled	3,47	cca 4
2.05 Jednací místnost II	14,4	50	0,7	PVC	omítka	SDK/ Podhled	3,47	cca 4
2.06 Jednací místnost III	14,4	50	0,7	PVC	omítka	SDK/ Podhled	3,47	cca 4

-* širokopásmový obklad stropu bez limitu pro dobu dozvuku

V učebnách je uvažováno s běžným vybavením (lavice, katedra, židle).

5.1 Velká studovna 2.1 – navržené akustické opatření

- Na stropě je navrženo použití akustického podhledu celkové tloušťky včetně odsazení 100 mm na ploše 150 m² z celkové plochy stropu 281 m². Na zbylé ploše stropní konstrukce je uvažováno s použitím běžného SDK podhledu.
- Na boční stěny sálu s dveřmi je navrženo umístění akustického obkladu ve vyznačených částech (obr. 5) celkové tloušťky včetně odsazení 100 mm na ploše 23 m².

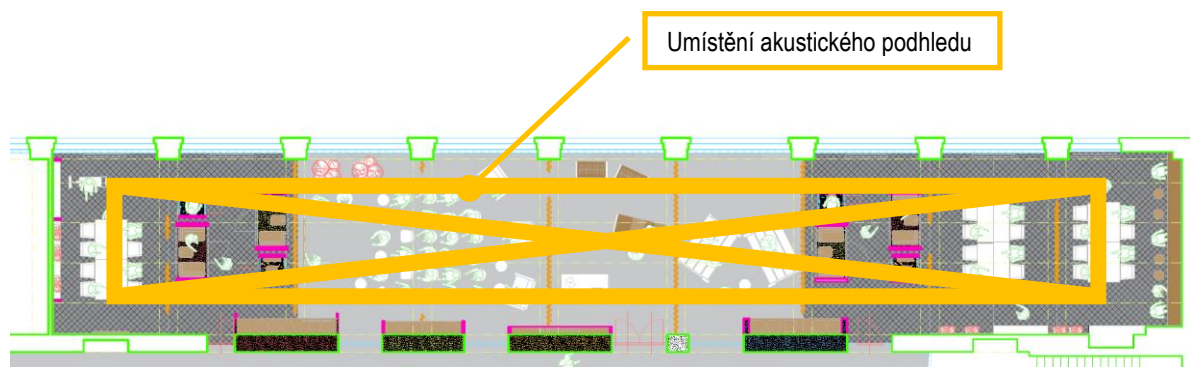
Uvažované hodnoty činitele pohltivosti navrženého akusticky účinného podhledu a obkladu jsou uvedeny v tabulce 9.

Tab 9 Činitele pohltivosti uvažovaného podhledu alfa (-)

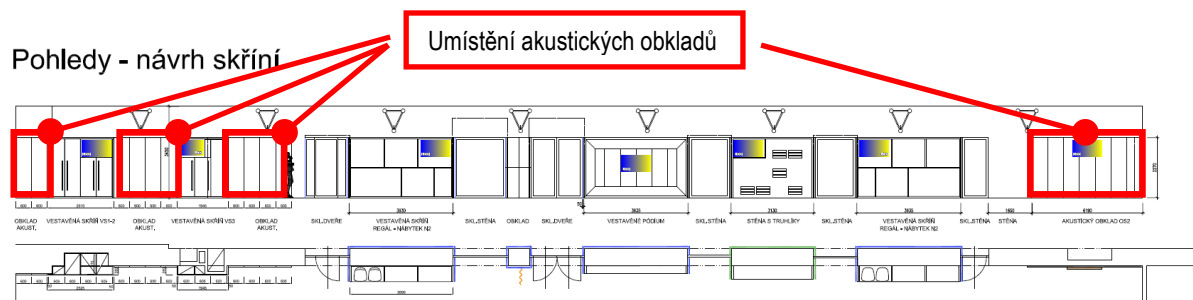
Frekvence (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
akustický podhled/ obklad tl. včetně odsazení 100 mm	0,30	0,60	0,85	0,85	0,85	0,80

Poznámky:

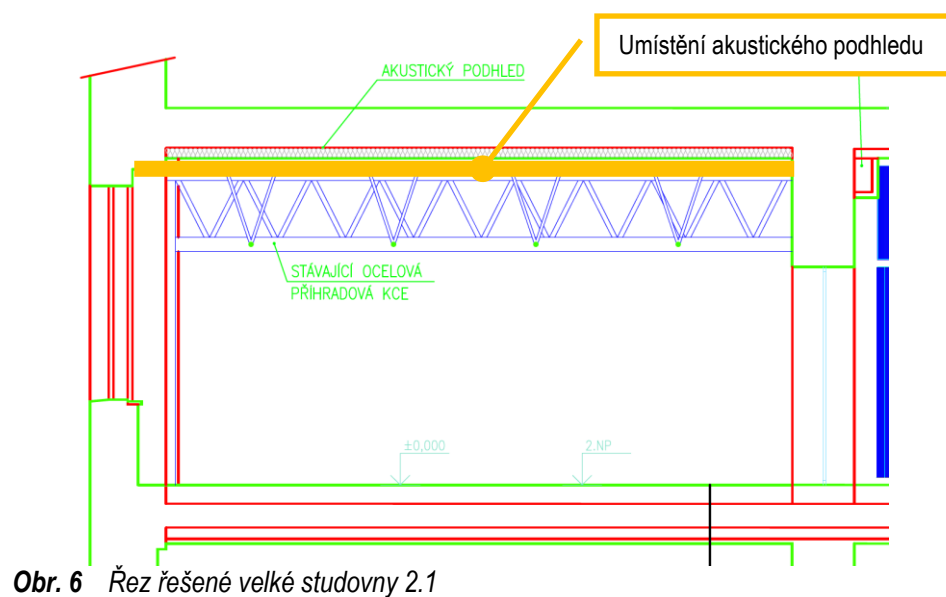
- Hodnoty pohltivosti stropního podhledu pro svěšení 100 mm byly interpolovány z hodnot udávaných pro jiné varianty svěšení.
- Pro tuto variantu návrhu v teoretickém výpočtu vyšlo drobné přetlumení sálu na frekvencích 500 Hz (o 0,01s) a 2000 Hz (0,04s).
- Vzhledem k variabilnímu řešení příček a vytváření různě velkých dílčích prostor je třeba pohltivé podhledy rozmístit rovnoměrně v ploše stropu s ohledem na obklady stěn.



Obr. 4 Půdorys řešení velké studovny 2.1

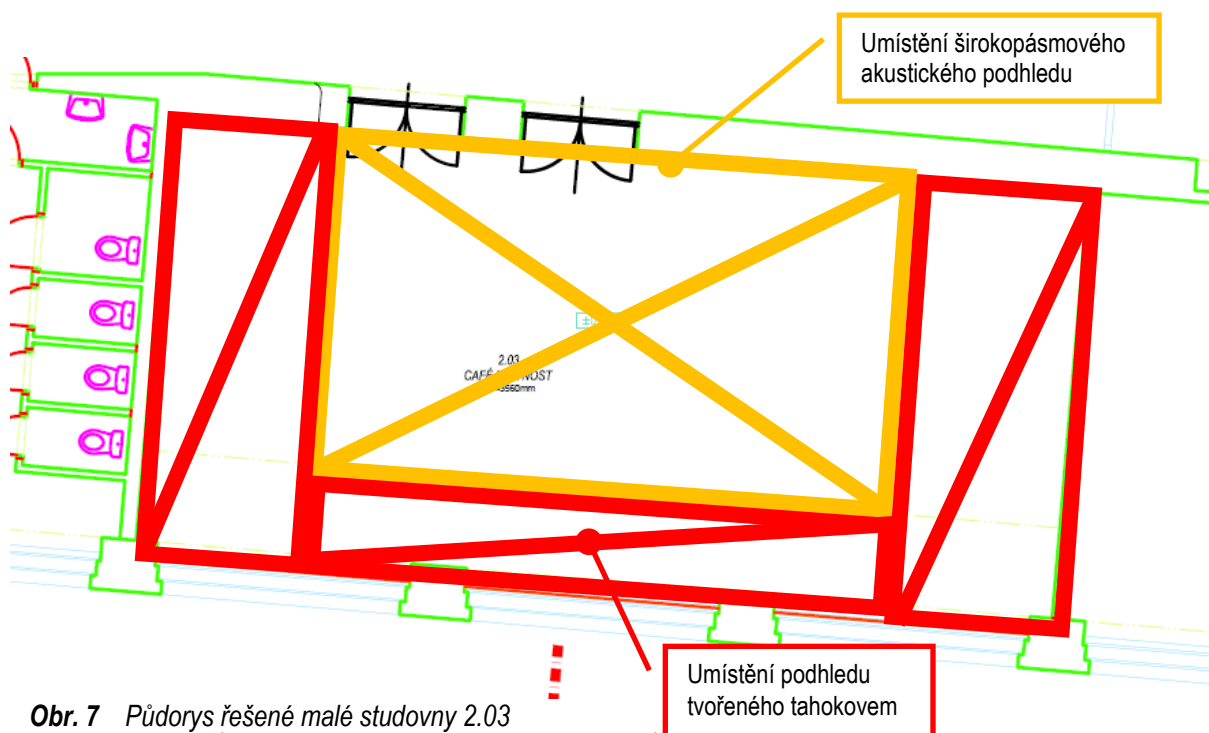


Obr. 5 Uvažované umístění obkladů na stěně velké studovny 2.1

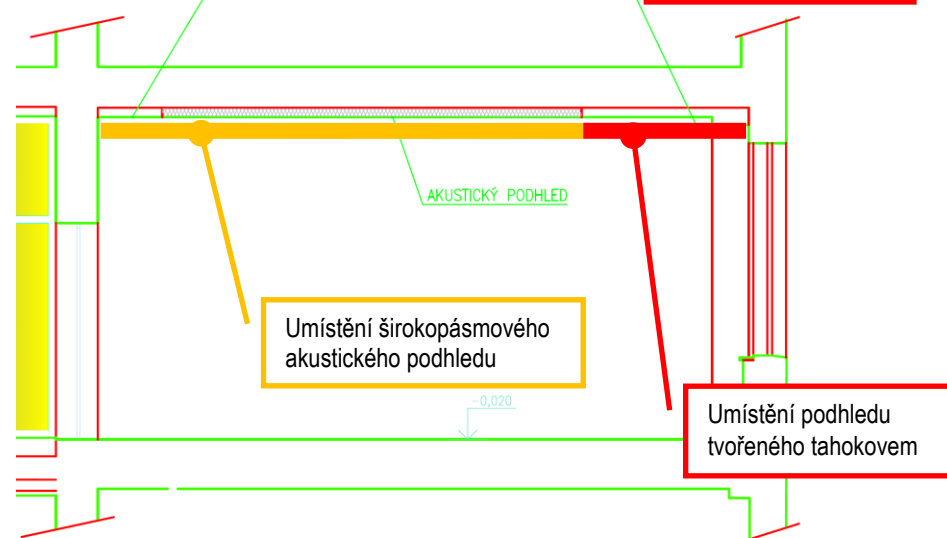


5.2 Malá studovna 2.03 – navržené akustické opatření

- Na stropě malé studovny 2.03 je navrženo použití akustického širokopásmového podhledu (s hodnotou min. $\alpha_w = 0,80$) celkové tloušťky včetně odsazení 160 mm na ploše 46 m². Na zbývajících ploše stropní konstrukce je uvažováno s použitím podhledu tvořeného perforovaným tahokovem s položeny panely minerální rohože tl. 50 mm (systémové řešení).



Obr. 7 Půdorys řešené malé studovny 2.03



Obr. 8 Řez řešené malé studovny 2.03

5.3 Jednací místnosti I (2.04), II (2.05), III (2.06) – navržené akustické opatření

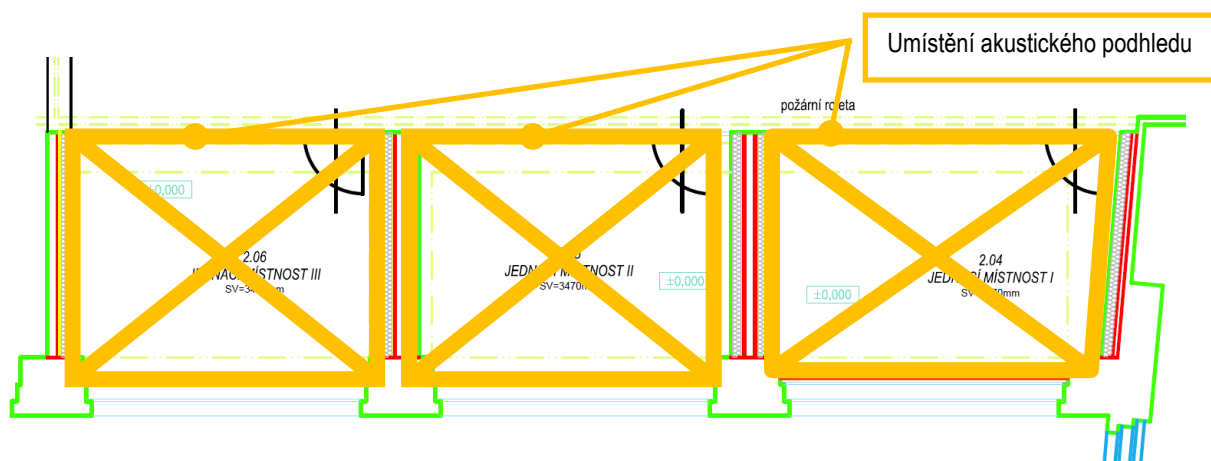
S ohledem na obdobné rozměry tří řešených jednacích místností, byl proveden výpočet pouze pro jednu jednací místnost, navrhované úpravy jsou platné pro všechny tři řešené místnosti.

- Na stropě je navrženo 10 m² použití akustického podhledu s odsazením 50 mm. Na zbylé ploše stropní konstrukce je uvažováno s použitím běžného SDK.

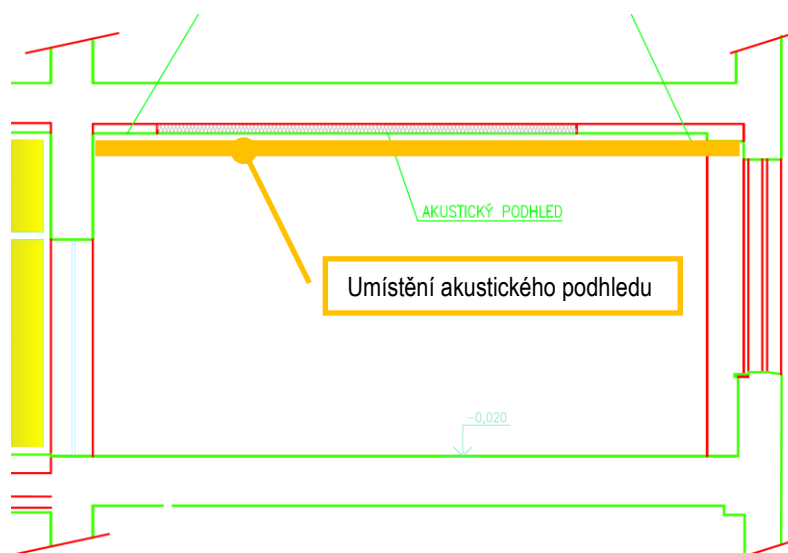
Uvažované hodnoty činitele pohltivosti navrženého akusticky účinného podhledu jsou uvedeny v tabulce 10.

Tab 10 Činitele pohltivosti uvažovaného podhledu alfa (-)

Frekvence (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
akustický podhled tl. včetně odsazení 60 mm	0,45	0,65	0,85	0,85	0,75	0,75



Obr. 9 Půdorys řešených jednacích místností



Obr. 10 Půdorys řešených jednacích místností

6. Závěr

Z výsledků teoretických výpočtů předpokládané doby dozvuku ve velké studovně a v jednacích místnostech a dále návrhu širokopásmového akustického podhledu v malé studovně nového Coworkingového centra VŠE vyplývá, že navrhované akustické úpravy zajistí vhodné akustické podmínky dle doporučení příslušných předpisů.

Navrhované akustické úpravy slouží ke zvětšení zvukové pohltivosti, a tedy ke zkrácení doby dozvuku a současně ke snížení hladiny akustického tlaku v poli odražených vln v prostoru učeben. Přispějí tím ke zlepšení srozumitelnosti řeči a zajistí tak potřebnou akustickou kvalitu a pohodu ve vnitřním prostoru.

Provedené výpočty a závěry jsou platné pro uvažované vstupní údaje uvedené ve studii. Pro realizaci akustických úprav je tedy nutné zvolit konkrétní materiály s akustickými vlastnostmi, které jsou uvažované ve výpočtech.

POZNÁMKA:

Návrh vychází z teoretických výpočtů, které nahrazují reálný stav pouze s omezenou přesností. Skutečný stav akustiky prostoru se proto od výpočtových modelů může mírně lišit. Pro případné doladění návrhu prostorové akustiky (doporučuji vytvořit přiměřenou časovou a rozpočtovou rezervu (cca 15%).

V Praze 17.2.2023

Vypracoval:



Ing. Martin Ondráček

Kontrolovala:



Ing. Jitka Ondráčková



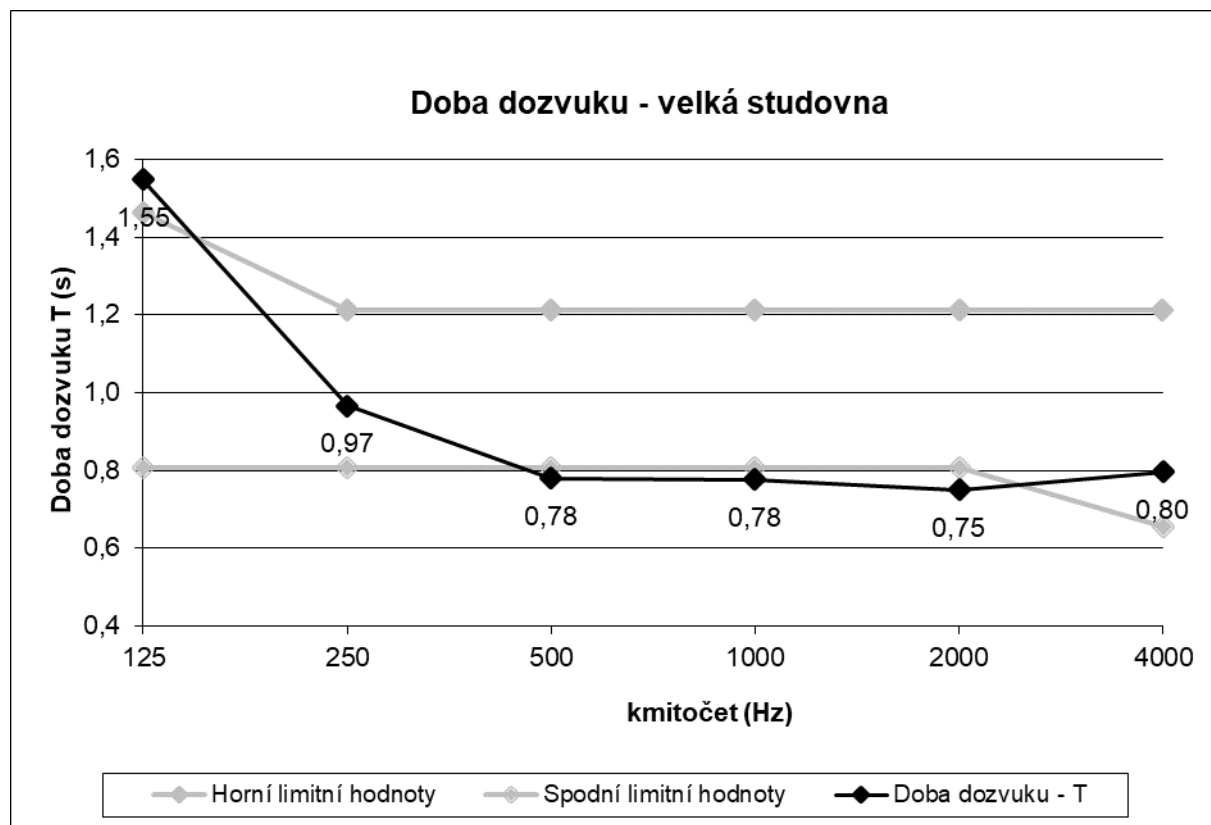
7. Přílohy

Výpočet doby dozvuku – velká studovna 2.1
pro akusticky pohltivé obklady dle popisu v kapitole 5.1

Výpočet doby dozvuku

Akce: VŠE
Místnost: velká studovna 2.01
Objem (V): 970 m³
T_{est}: 0,3582 log V - 0,061
T_{opt}: 1,01

vnitřní povrch	materiál	plocha S (m ²)	frekvence													
			125 Hz		250 Hz		500 Hz		1000 Hz		2000 Hz		4000 Hz			
			alfa	S alfa	alfa	S alfa	alfa	S alfa	alfa	S alfa	alfa	S alfa	alfa	S alfa	alfa	S alfa
podlaha	PVC	281,2	0,02	5,62	0,03	7,03	0,03	8,44	0,04	9,84	0,04	11,25	0,04	11,25	0,04	11,25
strop	omítka	0,0	0,02	0,00	0,02	0,00	0,02	0,00	0,03	0,00	0,04	0,00	0,04	0,00	0,04	0,00
strop	SDK + nátěr	131,2	0,10	13,12	0,10	13,12	0,05	6,56	0,03	3,94	0,03	3,94	0,03	3,94	0,03	3,94
strop	podhled 1	0,0	0,10	0,00	0,40	0,00	0,85	0,00	0,90	0,00	0,90	0,00	0,85	0,00	0,85	0,00
strop	podhled 2	150,0	0,30	45,00	0,60	90,00	0,85	127,50	0,85	127,50	0,85	127,50	0,85	127,50	0,85	127,50
strop	podhled 3	0,0	0,50	0,00	0,80	0,00	0,85	0,00	0,80	0,00	0,85	0,00	0,80	0,00	0,80	0,00
stěna 1 okna	sklo	71,7	0,12	8,60	0,08	5,73	0,05	3,58	0,04	2,87	0,03	2,15	0,02	1,43	0,02	1,43
stěna 1 zdivo	omítka	75,6	0,02	1,51	0,02	1,51	0,02	1,51	0,03	2,27	0,04	3,03	0,04	3,03	0,04	3,03
stěna 2 okna	sklo	0,0	0,12	0,00	0,08	0,00	0,05	0,00	0,04	0,00	0,03	0,00	0,02	0,00	0,02	0,00
stěna 2 zdivo	omítka	23,8	0,02	0,48	0,02	0,48	0,02	0,48	0,03	0,71	0,04	0,95	0,04	0,95	0,04	0,95
stěna 2 AKU	obklad	0,0	0,50	0,00	0,80	0,00	0,85	0,00	0,80	0,00	0,85	0,00	0,80	0,00	0,80	0,00
stěna 3 okna	sklo	0,0	0,12	0,00	0,08	0,00	0,05	0,00	0,04	0,00	0,03	0,00	0,02	0,00	0,02	0,00
stěna 3 zdivo	omítka	0,0	0,02	0,00	0,02	0,00	0,02	0,00	0,03	0,00	0,04	0,00	0,04	0,00	0,04	0,00
stěna 3 AKU	obklad	23,8	0,50	11,90	0,80	19,04	0,85	20,23	0,80	19,04	0,85	20,23	0,80	19,04	0,85	20,23
stěna 4 okna	sklo	35,7	0,12	4,28	0,08	2,86	0,05	1,79	0,04	1,43	0,03	1,07	0,02	0,71	0,02	0,71
stěna 4 zdivo	omítka	111,6	0,02	2,23	0,02	2,23	0,02	2,23	0,03	3,35	0,04	4,46	0,04	4,46	0,04	4,46
stěna 4 dveře	dřevo	0,0	0,14	0,00	0,10	0,00	0,08	0,00	0,08	0,00	0,08	0,00	0,08	0,00	0,08	0,00
osoby		20	0,0	0,20	4,00	0,40	8,00	0,50	10,00	0,60	12,00	0,70	14,00	0,70	14,00	0,70
celkem S =			924,6		96,75		150,00		182,32		182,94		188,58		178,81	
objem V =			970,0													
průměrná pohltivost prostoru α_p = suma S alfa / suma S =			0,10		0,16		0,20		0,20		0,20		0,19		0,19	
1 - α_p =			0,90		0,84		0,80		0,80		0,80		0,81		0,81	
$a_p = \ln(1 - \alpha_p) =$			-0,11		-0,18		-0,22		-0,22		-0,23		-0,21		-0,21	
$A_p = (-S \cdot a_p) =$			102,20		163,67		203,07		203,85		210,90		198,72		198,72	
T/T ₀ - horní limit			1,45		1,20		1,20		1,20		1,20		1,20		1,20	
T/T ₀ - spodní limit			0,80		0,80		0,80		0,80		0,80		0,80		0,65	
T ₀ - optimální doba dozvuku			1,01		1,01		1,01		1,01		1,01		1,01		1,01	
T _{max} - doba dozvuku požadované maximum			1,46		1,21		1,21		1,21		1,21		1,21		1,21	
T - doba dozvuku T = 0,163 V / A _p =			1,55		0,97		0,78		0,78		0,75		0,80		0,80	
T _{min} - doba dozvuku požadované minimum			0,81		0,81		0,81		0,81		0,81		0,66		0,66	



Výpočet doby dozvuku – jednací místnosti 2.05 pro akusticky pohltivé obklady dle popisu v kapitole 5.3

Výpočet doby dozvuku

Akce: VŠE

Místnost: jednací místnost 2.05

Objem (V): 50 m³T_{opt}: 0,70

vnitřní povrch	materiál	plocha S (m ²)	frekvence											
			125 Hz		250 Hz		500 Hz		1000 Hz		2000 Hz		4000 Hz	
			alfa	S. alfa	alfa	S. alfa	alfa	S. alfa	alfa	S. alfa	alfa	S. alfa	alfa	S. alfa
podlaha	PVC	14,4	0,02	0,29	0,03	0,36	0,03	0,43	0,04	0,50	0,04	0,58	0,04	0,58
strop	omítka	0,0	0,02	0,00	0,02	0,00	0,02	0,00	0,03	0,00	0,04	0,00	0,04	0,00
strop	SDK + nátěr	4,4	0,10	0,44	0,10	0,44	0,05	0,22	0,03	0,13	0,03	0,13	0,03	0,13
strop	podhled 60mm	10,0	0,45	4,50	0,65	6,50	0,85	8,50	0,85	8,50	0,75	7,50	0,75	7,50
stěny boční	omítka	29,5	0,01	0,29	0,01	0,29	0,01	0,29	0,02	0,59	0,02	0,59	0,03	0,88
okna / dveře	sklo	24,1	0,12	2,89	0,08	1,93	0,05	1,20	0,04	0,96	0,03	0,72	0,02	0,48
osoby	4	4,0	0,10	0,40	0,20	0,80	0,25	1,00	0,35	1,38	0,40	1,60	0,40	1,60
celkem S =			86,4		8,81		10,32		11,65		12,07		11,12	
objem V =			50,0											
průměrná pohltivost prostoru α_p = suma S. alfa / suma S =				0,10		0,12		0,13		0,14		0,13		0,13
$1 - \alpha_p$ =				0,90		0,88		0,87		0,86		0,87		0,87
$a_p = \ln(1 - \alpha_p) =$				-0,11		-0,13		-0,14		-0,15		-0,14		-0,14
$A_p = (-S \cdot a_p) =$				9,30		10,99		12,52		13,00		11,90		11,97
T/T_0 - horní limit				1,20		1,20		1,20		1,20		1,20		1,20
T/T_0 - spodní limit				0,65		0,80		0,80		0,80		0,80		0,65
T_0 - optimální doba dozvuku				0,70		0,70		0,70		0,70		0,70		0,70
T_{max} doba dozvuku požadované maximum				0,84		0,84		0,84		0,84		0,84		0,84
T doba dozvuku $T = 0,163 \cdot V / A_p =$				0,88		0,74		0,65		0,63		0,68		0,68
T_{min} doba dozvuku požadované minimum				0,455		0,56		0,56		0,56		0,56		0,455

Doba dozvuku - jednací místnost

