

Akustická studie

Objekt občanské vybavenosti

parc. č. 95

k. ú. Dolní Bory

594 61 Bory

Vypracoval:

Ing. Jan Burda

Kontroloval:

Ing. Roman Pavelka

Zpracováno v období:

Říjen 2024

Obsah

1. VŠEOBECNĚ.....	3
1.1. Předmět.....	3
1.2. Úkol.....	3
1.3. Objednatel.....	3
1.4. Zpracovatel.....	3
1.5. Vypracoval.....	3
1.6. Kontroloval.....	3
1.7. Zpracováno v období.....	3
2. PODKLADY.....	3
3. SITUACE.....	4
4. POŽADAVKY.....	5
4.1. Optimální doba dozvuku – T_0	5
4.2. Ekvivalentní pohltivá plocha – A	6
4.3. Míra zřetelnosti – C_{50}	6
5. NÁVRH AKUSTICKÝCH ÚPRAV.....	7
5.1. Výpočtový model.....	7
5.2. Návrh úprav.....	7
5.3. Výpočet.....	10
5.4. Posouzení.....	12
6. ZÁVĚR.....	14

1. VŠEOBECNĚ

1.1. Předmět

Objekt občanské vybavenosti, parc. č. 95, k.ú. Dolní Bory
594 61 Bory

1.2. Úkol

Akustická studie – prostorová akustika

1.3. Objednatel

D+Architekti s.r.o.

Pozďatín 66
675 03 Pozďatín

IČ: 08821518

Kontaktní osoba:
Ing. arch. Milan Drbálek
+420 605 561 649
drbalek@darchitekti.cz

1.4. Zpracovatel

DEKPROJEKT s.r.o.

Tiskařská 10/257
budova TTC
108 00, Praha 10

tel.: +420 234 054 284

IČO: 27642411
DIČ: CZ699000797
bankovní spojení:
35-7899980247/0100
KB Praha 9

Zapsáno v obchodním rejstříku, vedeném Městským
soudem v Praze oddíl C., vložka 120996

1.5. Vypracoval

Ing. Jan Burda

1.6. Kontroloval

Ing. Roman Pavelka

1.7. Zpracováno v období

Říjen 2024

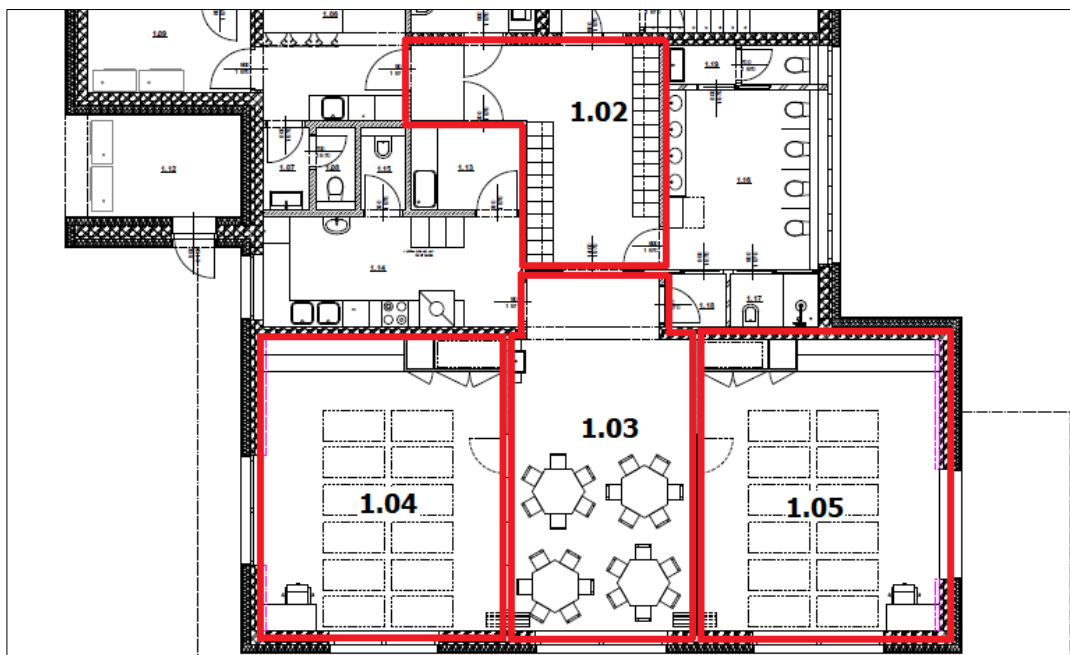
2. PODKLADY

- [1] Objednávka D2024-077528 ze dne 9.10.2024
- [2] Výkresová dokumentace „Novostavba objektu občanské vybavenosti, parc. č. 94, 95, 96/1 v k.ú. Dolní Bory“, zodp. projektant: Ing. arch. Milan Drbálek, datum vypracování: 10/2024
- [3] Stavební fyzika 10 – Akustika stavebních konstrukcí – Doc. Ing. Jiří Čechura, Csc.
- [4] ČSN 73 0525 (73 0525) Akustika – Projektování v oboru prostorové akustiky – Všeobecné zásady.
- [5] ČSN 73 0527 (73 0527) Akustika – Projektování v oboru prostorové akustiky – prostory pro kulturní účely – prostory ve školách – prostory pro veřejné účely.
- [6] Stavební fyzika I – Urbanistická, stavební a prostorová akustika – Prof. Ing. Jiří Vaverka DrSc., VUTIUM 1998.
- [7] ČSN EN 12354-6 (73 0512) Stavební akustika – Výpočet akustických vlastností budov z vlastností stavebních prvků – Část 6: Zvuková pohltivost v uzavřených prostorech
- [8] ČSN EN ISO 11654 (73 0528) Akustika – Absorbéry zvuku používané v budovách – Hodnocení zvukové pohltivosti
- [9] Výpočetní program ODEON 15.16 Auditorium

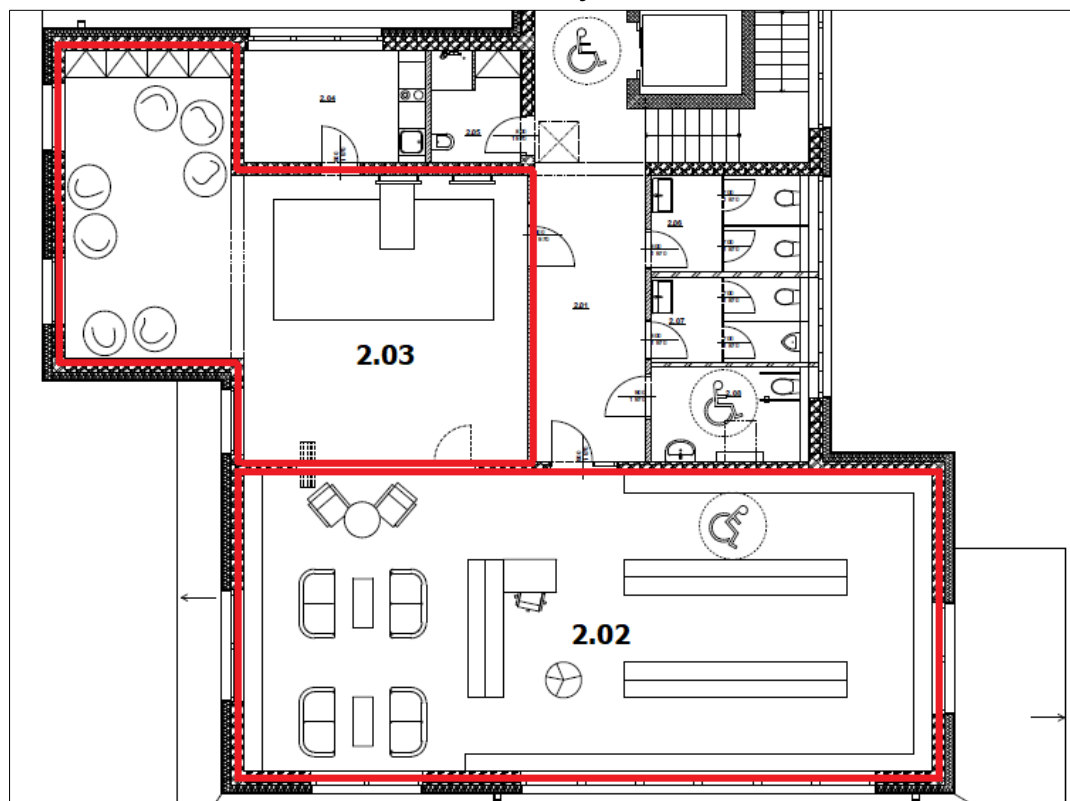
Pozn.: U předpisů a norem platí poslední znění včetně novelizací a změn vydaných k datu zpracování studie

3. SITUACE

Předmětem studie je novostavba objektu občanské vybavenosti v obci Bory [2]. Objednatel je požadováno posouzení vybraných vnitřních prostor z hlediska prostorové akustiky a koncepce návrhu zvukopohltivých úprav vedoucích ke splnění požadavků dle ČSN 73 0527 [5]. Součástí návrhu a posouzení zvukopohltivých úprav není posouzení z hlediska tepelněvlhkostního režimu skladeb a z hlediska požární bezpečnosti staveb. Situace projektu je zobrazena na následujících obrázcích.



Obr. /1/ Půdorys 1.NP



Obr. /2/ Půdorys 2.NP

4. POŽADAVKY

4.1. Optimální doba dozvuku – T_0

Optimální doba dozvuku T_0 prostoru daného účelu se stanoví pro objem prostoru. Číselně vyjádřená hodnota optimální doby dozvuku v sekundách se týká prostoru v obsazeném stavu a vztahuje se ke kmitočtu 1000 Hz.

Hodnota optimální doby dozvuku pro denní místnosti mateřských škol se určí podle následujícího vztahu:

$$T_0 = 0,342 \cdot \log(V) - 0,185$$

Hodnota optimální doby dozvuku T_0 pro posuzované prostory je uvedena v následující tabulce.

Místnost	Objem [m ³]	Požadavek ČSN 73 0527
1.04 Denní místnost A	113,5	$T_0 = 0,52$ s
1.05 Denní místnost B	113,5	$T_0 = 0,52$ s

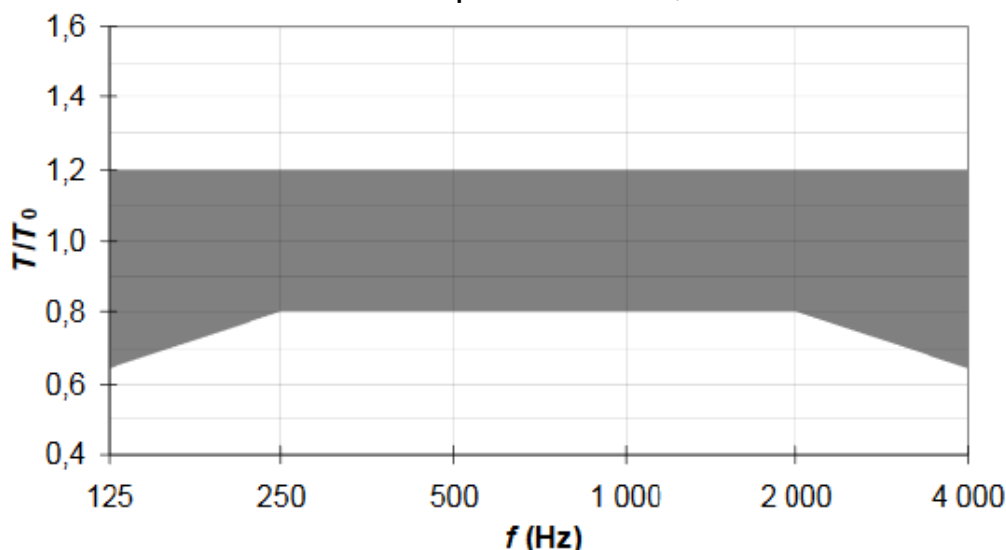
Tab. /1/ Optimální doba dozvuku

Doba dozvuku se vypočítá podle ČSN EN 12354-6 pro oktafóvová pásma se středními kmitočty od 125 Hz do 4 000 Hz. Kmitočtový průběh vypočítané doby dozvuku T se ve vztahu k optimální době dozvuku T_0 prověřuje pomocí kmitočtové závislosti přípustného rozmezí. Hodnoty přípustného rozmezí pro jednotlivá oktafóvová pásma jsou uvedeny v tab. 2.

Úpravy doby dozvuku lze obecně dosáhnout změnou celkové pohltivosti prostoru, tj. opatřením prostoru pohltivými materiály. Příznivých akustických poměrů ve vnitřních prostorech se dosáhne zpravidla pomocí kombinace zvukopohltivého obkladu stropu a stěn. Taková úprava má také za následek snížení hladiny hluku v prostoru a lepší srozumitelnost mluveného slova.

Účel prostoru	Meze	Střední kmitočet f (Hz) oktafóvého pásma											
		125		250		500		1000		2000		4000	
		T/T_0	T	T/T_0	T	T/T_0	T	T/T_0	T	T/T_0	T	T/T_0	T
1.04, 1.05 denní místnost A, B	horní	1,20	0,62	1,20	0,62	1,20	0,62	1,20	0,62	1,20	0,62	1,20	0,62
	dolní	0,65	0,34	0,80	0,41	0,80	0,41	0,80	0,41	0,80	0,41	0,65	0,34

Tab. /2/ Přípustné rozmezí T/T_0



Obr. /3/ Přípustné rozmezí poměru dob dozvuku T/T_0 obsazeného prostoru určeného k přednesu řeči v závislosti na středním kmitočtu oktafóvého pásma

4.2. Ekvivalentní pohltivá plocha – A

Minimální ekvivalentní pohltivá plocha A prostoru daného účelu se stanoví pro objem a výšku místnosti a dle využití prostoru.

Číselně vyjádřená hodnota minimální ekvivalentní pohltivé plochy A se týká prostoru v neobsazeném stavu a vztahuje se ke kmitočtovému pásmu 250 Hz až 2000 Hz.

Hodnota minimální ekvivalentní pohltivé plochy A pro školní prostory kategorie K1 a K3 s výškou prostoru $h > 2,5$ m se určí podle následujícího vztahu:

$$K1: A \geq V / [4,8 + 4,69 \cdot \log(h)]$$

$$K3: A \geq V / [1,47 + 4,69 \cdot \log(h)]$$

Hodnota minimální ekvivalentní pohltivé plochy A pro posuzované prostory je uvedena v následující tabulce.

Místnost	Objem [m ³]	Požadavek ČSN 73 0527
1.02 Šatna	59,5	$A \geq 8,4 \text{ m}^2$
1.03 jídelna	100,2	$A \geq 27,0 \text{ m}^2$
2.02 Knihovna	314,9	$A \geq 44,6 \text{ m}^2$
2.03 Klubovna	207,5	$A \geq 55,7 \text{ m}^2$

Tab. /3/ Optimální doba dozvuku

4.3. Míra zřetelnosti – C₅₀

ČSN 73 0525 [4] uvádí objektivní kritéria hodnocení akustiky prostoru odvozené z impulsové odezvy. Jedním z významných kritérií je parametr C₅₀ – míra zřetelnosti. Jedná se o parametr hodnotící srozumitelnost mluveného slova. Její hodnoty by měly být vždy větší než 0 dB, má-li být srozumitelnost řeči hodnocena minimálně jako přijatelná. Podrobnější dělení je uvedeno v následující tabulce.

[dB]	←	-4	-4	↔	2	2	↔	7	7	→
Hodnocení	špatné		uspokojivé		dobré		výborné			

Tab. /4/ Hodnocení parametru C₅₀ – míra zřetelnosti

5. NÁVRH AKUSTICKÝCH ÚPRAV

5.1. Výpočtový model

V následující tabulce jsou uvedeny uvažované konstrukce v posuzovaném prostoru.

Popis konstrukce	Pohledový materiál	Plocha [m ²] 1.04 a 1.05
Strop	SDK	36,6
Podlaha	tvrdá podlahovina	37,9
Stěny	omítka	48,8
Prosklené výplně	sklo	15,8
Dveře	dřevěné	3,0

Tab. /5/ Pohledové konstrukce

Výpočet doby dozvuku je proveden za pomoci softwaru ODEON Auditorium 15.16. Software ODEON byl vyvinut pro simulaci a měření prostorové akustiky budov. Oproti zjednodušenému výpočtu podle ČSN EN 12354-6 přílohy D, výpočet v programu ODEON umožňuje přesné zadání tvaru prostoru, podrobné členění a to včetně detailů.

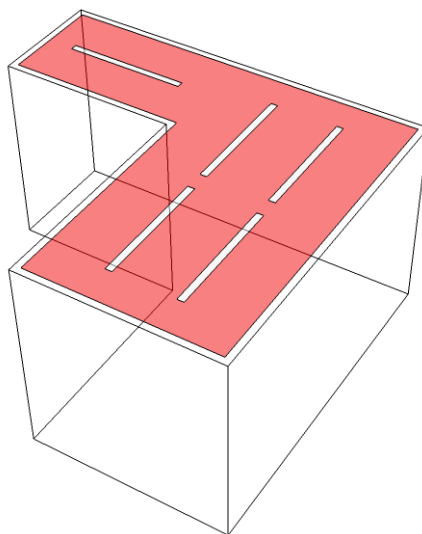
Při výpočtu je uvažováno s dokonale difuzním zvukovým polem, které není reálně dosažitelné. Výpočtová metodika proto slouží pouze jako pomůcka pro návrh akustických úprav pro zlepšení prostorové akustiky prostoru. Vypočtené hodnoty doby dozvuku se mohou od hodnot reálně naměřených mírně lišit.

Hodnoty činitele útlumu ve vzduchu a činitelů pohltivosti pro jednotlivé materiály byly převzaty z [3, 6, 7 a 9]. Pro materiály, pro něž nebyli činitelé pohltivosti k dispozici, jsou tyto hodnoty stanoveny odborným odhadem, případně výpočtem.

5.2. Návrh úprav

1.02 Šatna

Do posuzovaného prostoru navrhujeme provedení podhledu z akustických minerálních kazet Rigips OWA Sinfonia tl. 15 mm se svěšením 200 mm. Materiál bude třídy pohltivosti **B** s $\alpha_w = 0,85$. Celková plocha podhledu bude min. 14 m². Tato úprava je graficky znázorněna na následujícím obrázku červenou barvou a je v souladu s požadavkem na minimální ekvivalentní pohltivou plochu pro daný prostor a účel využití.

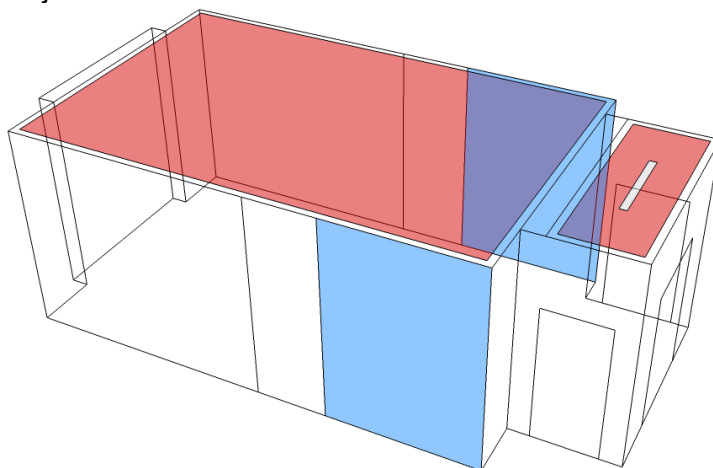


Obr./4/ Akustické úpravy – 1.02

1.03 Jídelna

Do posuzovaného prostoru navrhujeme provedení podhledu z akustických minerálních kazet Rigips OWA Sinfonia tl. 15 mm se svěšením 200 mm. Materiál bude třídy pohltivosti **B** s $\alpha_w = 0,85$. Celková plocha podhledu bude min. 28,8 m². Tato úprava je graficky znázorněna na následujícím obrázku červenou barvou a je v souladu s požadavkem na minimální ekvivalentní pohltivou plochu pro daný prostor a účel využití.

Dále do prostoru navrhujeme provedení obkladu stěn z akustických perforovaných panelů Grena Akustik AK02 s odsazením 155 mm a vloženou minerální izolací tl. min. 50 mm. Materiál bude třídy pohltivosti **D** s $\alpha_w = 0,55(\text{LM})$. Celková plocha obkladu bude 12,9 m². Tato úprava je graficky znázorněna na následujícím obrázku modrou barvou.



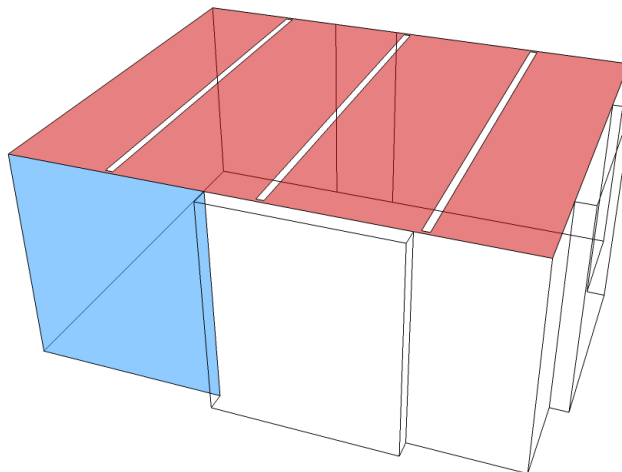
Obr./5/ Akustické úpravy – 1.03

1.04, 1.05 Denní místnost A, B

Do posuzovaného prostoru navrhujeme provedení podhledu z akustických minerálních kazet Rigips OWA Sinfonia tl. 15 mm se svěšením 200 mm. Materiál bude třídy pohltivosti **B** s $\alpha_w = 0,85$. Celková plocha podhledu bude min. 34,9 m². Tato úprava je graficky znázorněna na následujícím obrázku červenou barvou a je v souladu s požadavkem na minimální ekvivalentní pohltivou plochu pro daný prostor a účel využití.

Dále do prostoru navrhujeme provedení obkladu stěn z akustických perforovaných panelů Grena Akustik AK02 s odsazením 155 mm a vloženou minerální izolací tl. min. 50 mm. Materiál bude třídy pohltivosti **D** s $\alpha_w = 0,55(\text{LM})$. Celková plocha obkladu bude 7,9 m². Tato úprava je graficky znázorněna na následujícím obrázku modrou barvou.

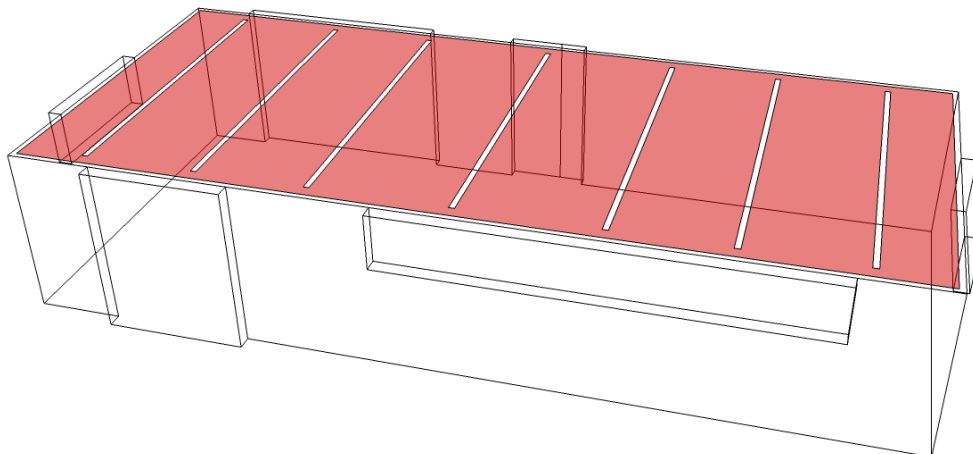
Tyto úpravy platí pro obě denní místnosti.



Obr./6/ Akustické úpravy – 1.04, 1.05

2.02 Knihovna

Do posuzovaného prostoru navrhujeme provedení podhledu z akustických minerálních kazet Rigips OWA Sinfonia tl. 15 mm se svěšením 200 mm. Materiál bude třídy pohltivosti **B** s $\alpha_w = 0,85$. Celková plocha podhledu bude min. 93,8 m². Tato úprava je graficky znázorněna na následujícím obrázku červenou barvou a je v souladu s požadavkem na minimální ekvivalentní pohltivou plochu pro daný prostor a účel využití.

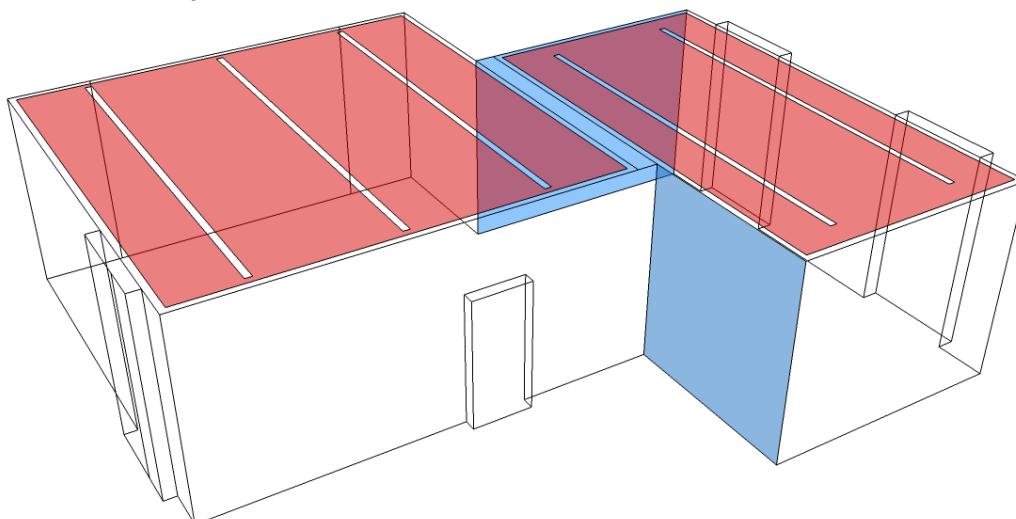


Obr./7/ Akustické úpravy – 2.02

2.03 Klubovna

Do posuzovaného prostoru navrhujeme provedení podhledu z akustických minerálních kazet Rigips OWA Sinfonia tl. 15 mm se svěšením 200 mm. Materiál bude třídy pohltivosti **B** s $\alpha_w = 0,85$. Celková plocha podhledu bude min. 58,6 m². Tato úprava je graficky znázorněna na následujícím obrázku červenou barvou a je v souladu s požadavkem na minimální ekvivalentní pohltivou plochu pro daný prostor a účel využití.

Dále do prostoru navrhujeme provedení obkladu stěn z akustických perforovaných panelů Grena Akustik AK02 s odsazením 155 mm a vloženou minerální izolací tl. min. 50 mm. Materiál bude třídy pohltivosti **D** s $\alpha_w = 0,55(\text{LM})$. Celková plocha obkladu bude 20,6 m². Tato úprava je graficky znázorněna na následujícím obrázku modrou barvou.



Obr./8/ Akustické úpravy – 2.03

V následující tabulce jsou uvedeny hodnoty činitele pohltivosti zvukopohltivých materiálu uvažovaných ve výpočtu. **Při výběru konkrétních akustických materiálů, je pro očekávanou optimální dobu dozvuku důležité dodržet průběhy činitele pohltivosti uvedené v tab. 6.**

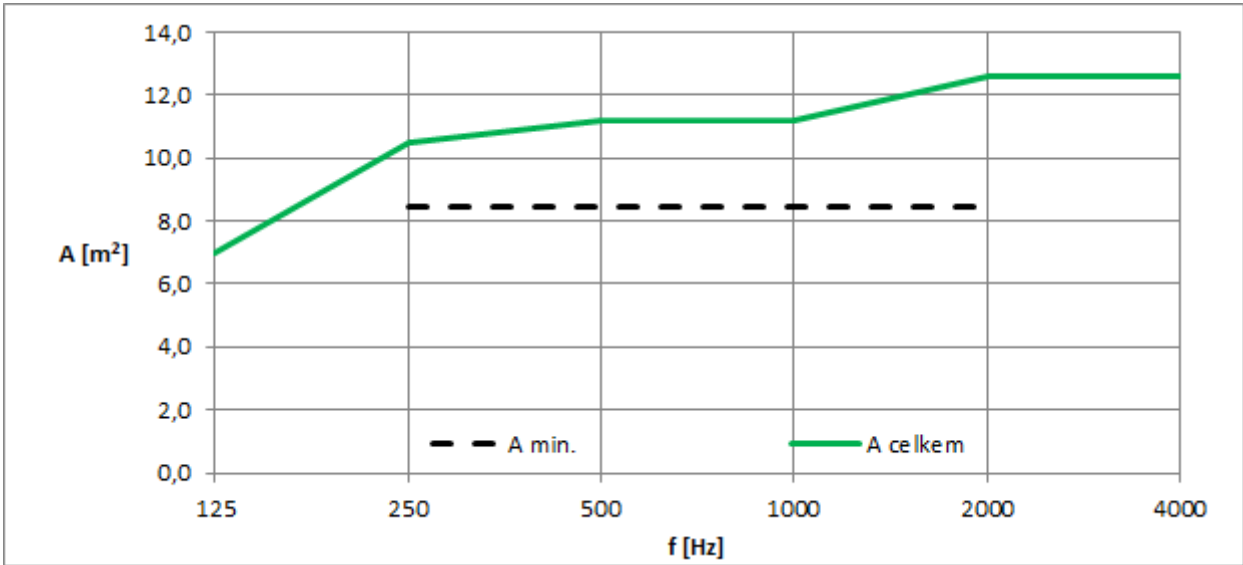
Pohledový materiál	Střední kmitočet f (Hz) oktávového pásma					
	125	250	500	1000	2000	4000
Rigips OWA Sinfonia, tl. 15 mm, svěšení 200 mm tř. zvukové pohltivosti: B – 0,85	0,5	0,75	0,8	0,8	0,9	0,9
Grena Akustik AK 02, tl. 16 mm odsazení 155 mm, minerální izolace min. 50 mm tř. zvukové pohltivosti: D - 0,55(LM)	0,45	0,95	0,95	0,6	0,45	0,45

Tab. /6/ Průběh činitele pohltivosti v oktávových pásmech

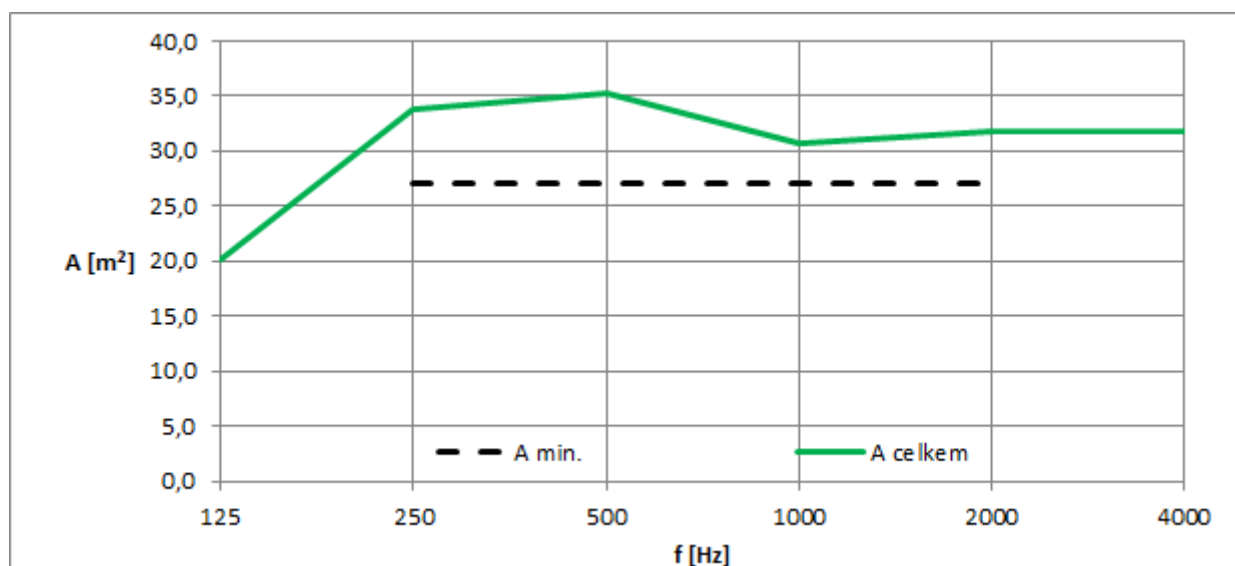
5.3. Výpočet

K hodnocení prostorové akustiky je použit software ODEON 15.16 Auditorium. Výpočet provedený v softwaru ODEON zohledňuje velikosti ploch, pohltivost povrchu a geometrii prostoru. ODEON používá metodu obrazového zdroje v kombinaci s modifikovaným algoritmem pro sledování paprsků. Při výpočtu je uvažováno s obsazeným prostorem denních místností a neobsazeným prostorem šatny, jídelny, knihovny a klubovny.

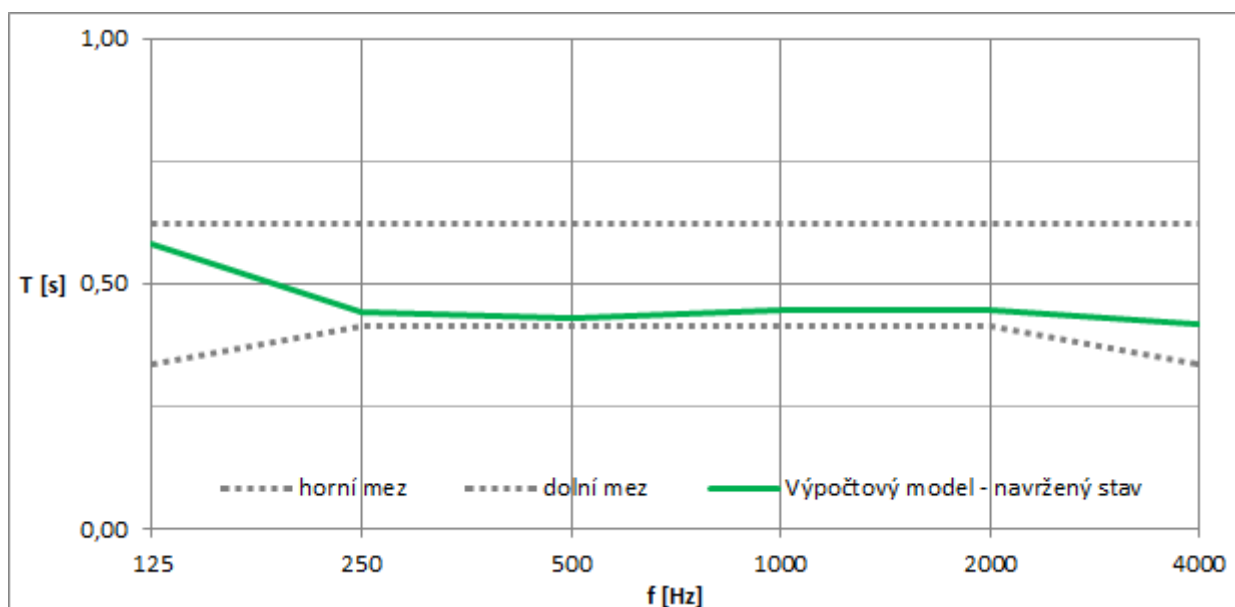
Na následujícím obrázku je graficky znázorněn průběh doby dozvuku při provedení navržených opatření, včetně požadovaných rozmezí pro daný způsob využití dle ČSN 73 0527.



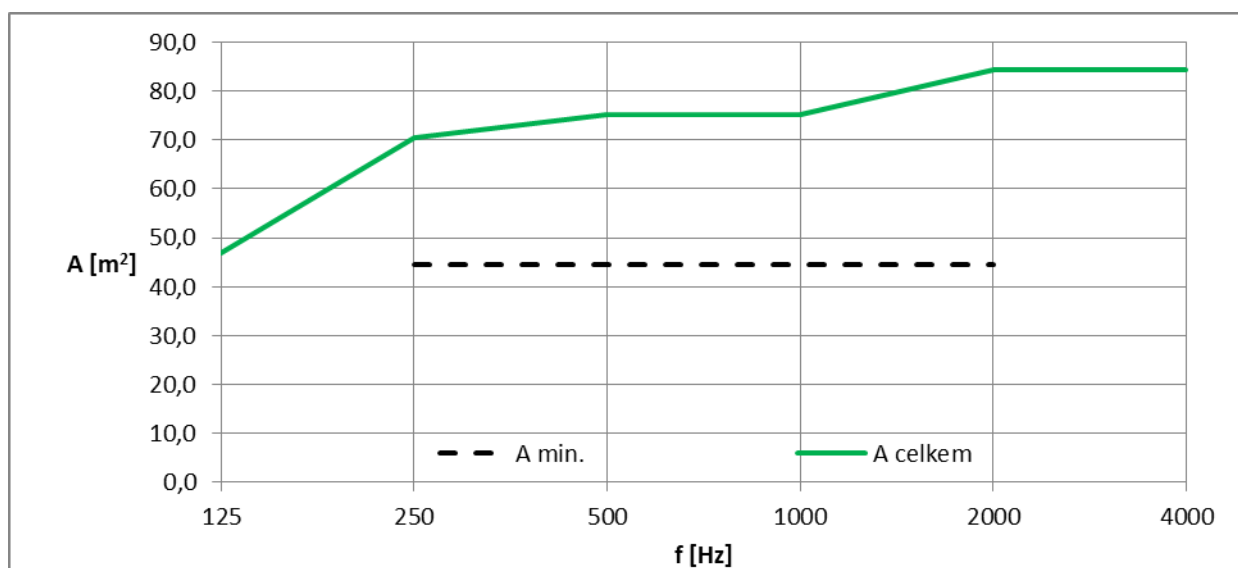
Obr./9/ Výsledná ekvivalentní pohltivá plocha – 1.02



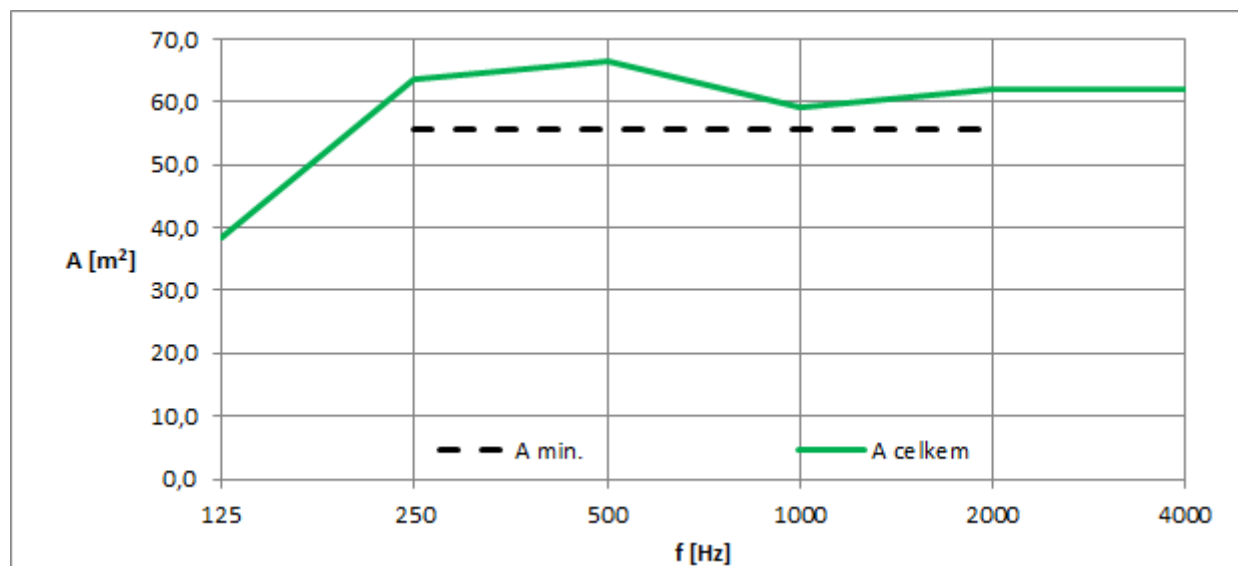
Obr./10/ Výsledná ekvivalentní pohltivá plocha – 1.03



Obr./11/ Výsledná doba dozvuku – 1.04, 1.05



Obr./12/ Výsledná ekvivalentní pohltivá plocha – 2.02



Obr./13/ Výsledná ekvivalentní pohltivá plocha – 2.03

5.4. Posouzení

V následující tabulce je provedeno posouzení doby dozvuku a ekvivalentní pohltivé plochy dle ČSN 73 0527.

Parametr	Znač.	Jedn.	A	Střední kmitočet f [Hz] oktávového pásma			
			m²	250	500	1000	2000
Vypočtená ekvivalentní pohltivá plocha 1.02	A	m²	≥ 8,4	10,5	11,2	11,20	12,6
Hodnocení				+	+	+	+

Tab. /7/ Posouzení ekvivalentní pohltivé plochy – 1.02, stav po návrhu úprav

Parametr	Znač.	Jedn.	A	Střední kmitočet f [Hz] oktavového pásma			
			m ²	250	500	1000	2000
Vypočtená ekvivalentní pohltivá plocha 1.03	A	m ²	≥ 27,0	33,9	35,3	30,80	31,7
Hodnocení				+	+	+	+

Tab. /8/ Posouzení ekvivalentní pohltivé plochy – 1.03, stav po návrhu úprav

Parametr	Znač.	Jedn.	Střední kmitočet f [Hz] oktavového pásma					
			125	250	500	1000	2000	4000
Vypočtená doba dozvuku v oktavových pásmech	T	s	0,58	0,44	0,43	0,45	0,45	0,42
Požadované rozmezí hodnot doby dozvuku – 1.04, 1.05	Horní mez	T _{E,N}	s	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62
	Dolní mez	T _{E,N}	s	0,34	0,41	0,41	0,41	0,41
Hodnocení				+	+	+	+	+

Tab. /8/ Posouzení vypočtené doby dozvuku – 1.04, 1.05, stav po návrhu úprav

Parametr	Znač.	Jedn.	A	Střední kmitočet f [Hz] oktavového pásma			
			m ²	250	500	1000	2000
Vypočtená ekvivalentní pohltivá plocha 2.02	A	m ²	≥ 44,6	70,4	74,1	74,10	84,5
Hodnocení				+	+	+	+

Tab. /9/ Posouzení ekvivalentní pohltivé plochy – 2.02, stav po návrhu úprav

Parametr	Znač.	Jedn.	A	Střední kmitočet f [Hz] oktavového pásma			
			m ²	250	500	1000	2000
Vypočtená ekvivalentní pohltivá plocha 2.03	A	m ²	≥ 55,7	63,5	66,4	59,20	61,9
Hodnocení				+	+	+	+

Tab. /10/ Posouzení ekvivalentní pohltivé plochy – 2.03, stav po návrhu úprav

Pozn.: + ... Vyhovuje požadavku, X ... Nevyhovuje požadavku

Z výsledků v tab. 7 – 10 je zřejmé, že **posuzované prostory výpočtově splňují požadavky na optimální dobu dozvuku a minimální ekvivalentní pohltivou plochu po provedení celého rozsahu navržených úprav** pro daný účel využití.

V následující tabulce jsou uvedeny průměrné hodnoty parametru C₅₀ – míra zřetelnosti v daném prostoru po provedení navržených úprav uvedených v kap. 5.2.

Prostor	Míra zřetelnosti C ₅₀ [dB]	Hodnocení
1.04, 1.05 Denní místnost A, B	7,0 ± 1	dobré

Tab./11/ Výpočtový předpoklad hodnoty parametru C₅₀ - srozumitelnost mluveného slova

Z tab. 11 je zřejmé, že při provedení navrženého opatření dle kap. 5.2 se míra zřetelnosti na zkoumaných místech pohybuje výpočtově kolem hodnoty 7,0 dB. To ukazuje na obecně dobrou až výbornou srozumitelnost mluveného slova v daném prostoru.

Kontrolní měření doby dozvuku doporučujeme provést po dokončení realizace navržených úprav. Ze zkušenosti lze říci, že předpokládaná doba dozvuku v pohltivých prostorech je o něco vyšší než doba dozvuku získaná výpočtem. Návrh vychází z teoretických výpočtů, které nahrazují reálný stav pouze s omezenou přesností a pracují s hodnotami materiálových parametrů zjišťovaných v laboratorním prostředí. Skutečný stav akustiky prostoru se proto od výpočtových modelů může mírně lišit. Z tohoto důvodu doporučujeme kontrolovat dobu dozvuku prostoru měřením. Na základě výsledků měření lze přistoupit k doladění akustiky prostoru, např. instalací dalších stěnových obkladů. Z tohoto důvodu doporučujeme počítat s jistou rozpočtovou rezervou na realizaci akustických opatření ve výši cca 25 % nákladů.

6. ZÁVĚR

Úkolem akustické studie byl návrh zvukopohltivých úprav do vybraných prostor novostavby objektu občanské vybavenosti v Borech [2].

Výpočtová doba dozvuku posuzovaných prostor splňuje požadavky ČSN 73 0527 [5] pro školní prostory. Bylo navrženo opatření vedoucí ke snížení celkového hluku v prostoru a ke zlepšení srozumitelnosti mluveného slova v souladu s požadavky ČSN 73 0527 [5].

Kontrolní měření doby dozvuku doporučujeme provést po realizaci navržených opatření.
Doporučujeme tepelnětechnické a požární posouzení.

V Brně dne 30.10.2024

za **DEKPROJEKT s.r.o.**

Ing. Jan Burda
+420 735 768 488
jan.burda@dek-cz.com



ATELIER DEK

DEKPROJEKT s.r.o.
Tiskařská 10/257
108 00 Praha 10
DIČ: CZ699000797

10