

ATELIER

**DEK**

**DEKPROJEKT s.r.o.**  
Zakázka číslo: 2023-023168-BJa

## Akustická studie

SŠ uměleckoprůmyslová Ústí nad Orlicí

Ústí nad Orlicí – areál Perla

562 01 Ústí nad Orlicí

### **Vypracoval:**

Ing. Jan Burda

### **Kontroloval:**

Ing. Roman Pavelka

### **Zpracováno v období:**

říjen 2023

## Obsah

<b>1. VŠEOBECNĚ.....</b>	<b>3</b>
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
<b>2. PODKLADY.....</b>	<b>3</b>
<b>3. SITUACE.....</b>	<b>4</b>
<b>4. POŽADAVKY.....</b>	<b>5</b>
4.1. Optimální doba dozvuku – $T_0$ .....	5
4.2. Míra zřetelnosti – $C_{50}$ .....	6
<b>5. NÁVRH AKUSTICKÝCH ÚPRAV.....</b>	<b>7</b>
5.1. Výpočtový model.....	7
5.2. Návrh úprav.....	8
5.3. Výpočet.....	11
5.4. Posouzení.....	12
<b>6. ZÁVĚR.....</b>	<b>13</b>

## 1. VŠEOBECNĚ

### 1.1. Předmět

SŠ uměleckoprůmyslová Ústí nad Orlicí

### 1.2. Úkol

Akustická studie – prostorová akustika

### 1.3. Objednatel

**TE3S studio s.r.o.**

Příčná 1892/4  
110 00 Praha

IČ: 10951172

Kontaktní osoba:  
Ing. arch. Marta Ševčíková  
+420 606 915 060  
sevcikova@te3s.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 2023

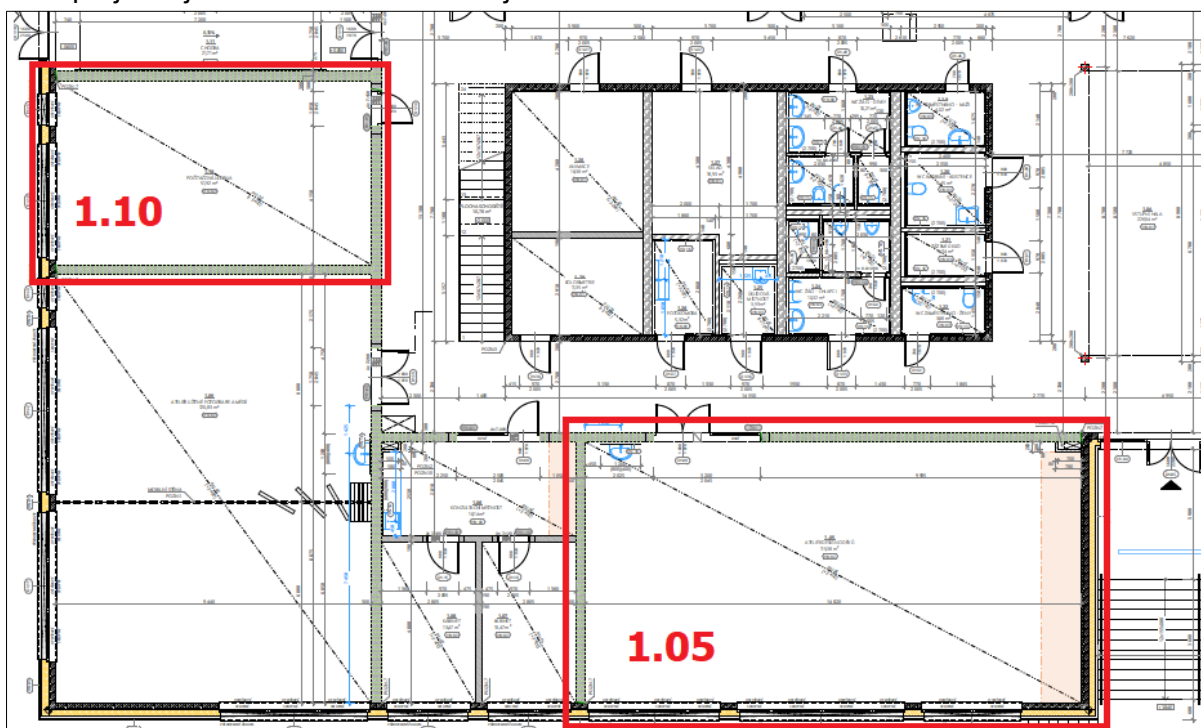
## 2. PODKLADY

- [1] Objednávka D2023-067687 ze dne 14.8.2023
- [2] Výkresová dokumentace „SŠ uměleckoprůmyslová Ústí nad Orlicí“, hlavní inženýr projektu: Ing. Arch. Zdeněk Ševčík, datum vypracování: 07/2023
- [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

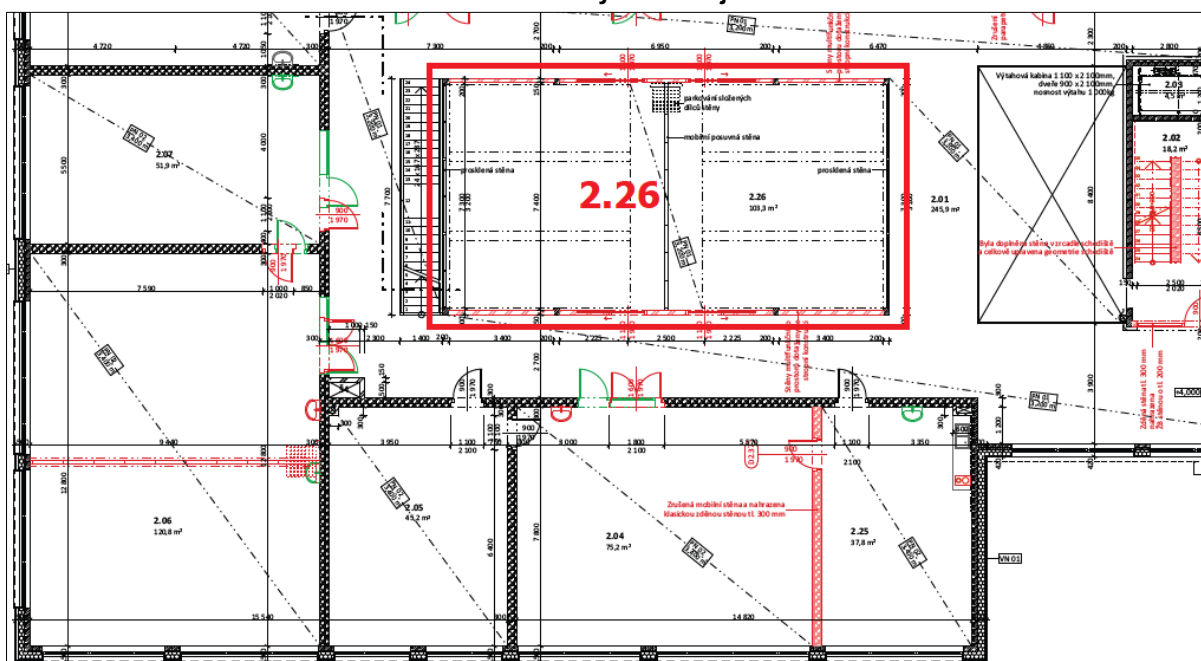
*Pozn.: U předpisů a norem platí poslední znění včetně novelizací a změn vydaných k datu zpracování studie*

### 3. SITUACE

Předmětem studie je novostavba objektu ateliérů a výukových prostor SŠ uměleckoprůmyslové Ústí nad Orlicí v areálu Perla v Ústí nad Orlicí [2]. Prostory budou sloužit pro výuku, výstavy a především jako výtvarné ateliéry. 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 objektu



Obr. /2/ Půdorys 2.NP objektu

## 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 posluchárny se určí podle následujícího vztahu:

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

Hodnota optimální doby dozvuku pro multimediální učebny se určí podle následujícího vztahu:

$$T_0 = 0,3 \cdot \log(V) - 0,2$$

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

Místnost	Objem [m <sup>3</sup> ]	Požadavek ČSN 73 0527
1.05 Ateliér	398,4	$T_0 = 0,70$ s
1.10 PC učebna	178,3	$T_0 = 0,48$ s
2.26 Multifunkční prostor	486,4	$T_0 = 0,73$ s

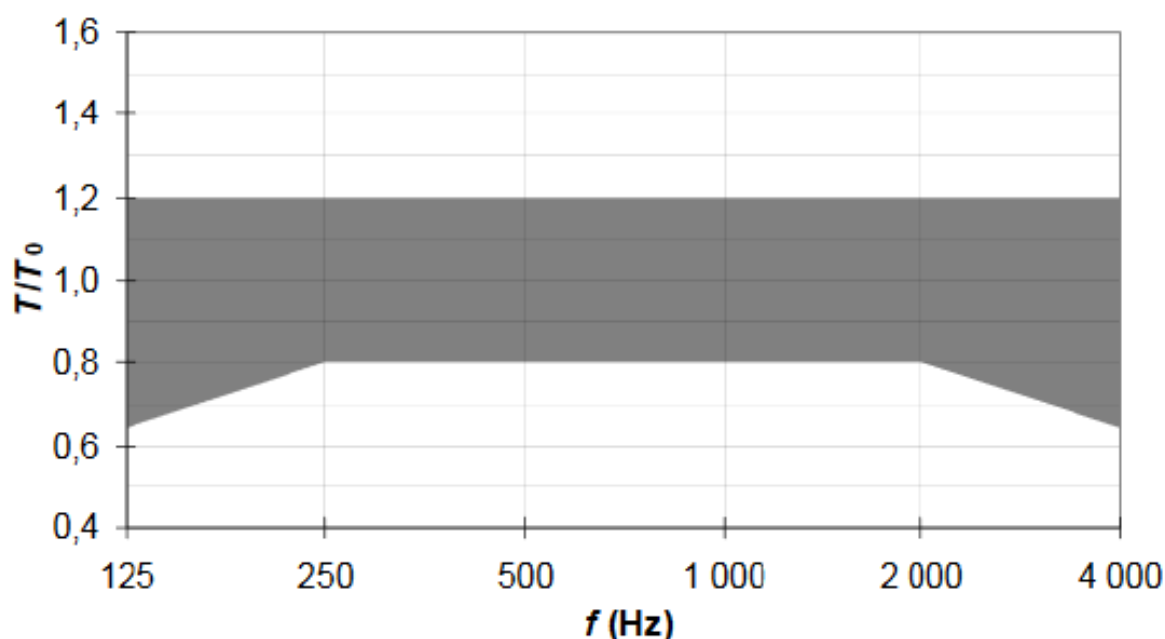
Tab. /1/ Optimální doba dozvuku

Doba dozvuku se vypočítá podle ČSN EN 12354-6 pro oktávová 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 oktávová 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) oktávového pásma											
		125		250		500		1000		2000		4000	
		$T/T_0$	$T$	$T/T_0$	$T$	$T/T_0$	$T$	$T/T_0$	$T$	$T/T_0$	$T$	$T/T_0$	$T$
1.05 seminární místnost	horní	1,20	0,85	1,20	0,85	1,20	0,85	1,20	0,85	1,20	0,85	1,20	0,85
	dolní	0,65	0,46	0,80	0,56	0,80	0,56	0,80	0,56	0,80	0,56	0,65	0,46
1.10 multimediální učebna	horní	1,20	0,57	1,20	0,57	1,20	0,57	1,20	0,57	1,20	0,57	1,20	0,57
	dolní	0,65	0,31	0,80	0,38	0,80	0,38	0,80	0,38	0,80	0,38	0,65	0,31
2.26 seminární místnost	horní	1,20	0,88	1,20	0,88	1,20	0,88	1,20	0,88	1,20	0,88	1,20	0,88
	dolní	0,65	0,48	0,80	0,59	0,80	0,59	0,80	0,59	0,80	0,59	0,65	0,48

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 oktávového pásma

#### 4.2. Míra zřetelnosti – $C_{50}$

ČSN 73 0525 [4] uvádí objektivní kritéria hodnocení akustiky prostoru odvozené z impulsové odezvy. Jedním z významných kritérií je parametr  $C_{50}$  – 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  $C_{50}$  – 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 <sup>2</sup> ] m.č. 1.05	Plocha [m <sup>2</sup> ] m.č. 1.10	Plocha [m <sup>2</sup> ] m.č. 2.26
Strop	SDK	115,4	51,9	95,5
Podlaha	tvrdá podlahovina	116,0	51,9	104,7
Stěny	SDK	-	-	81,3
Stěny	omítka	131,8	93,8	80,9
Prosklené výplně	sklo	27,4	9,1	85,3
Dveře	dřevěné	3,4	2,2	9,6

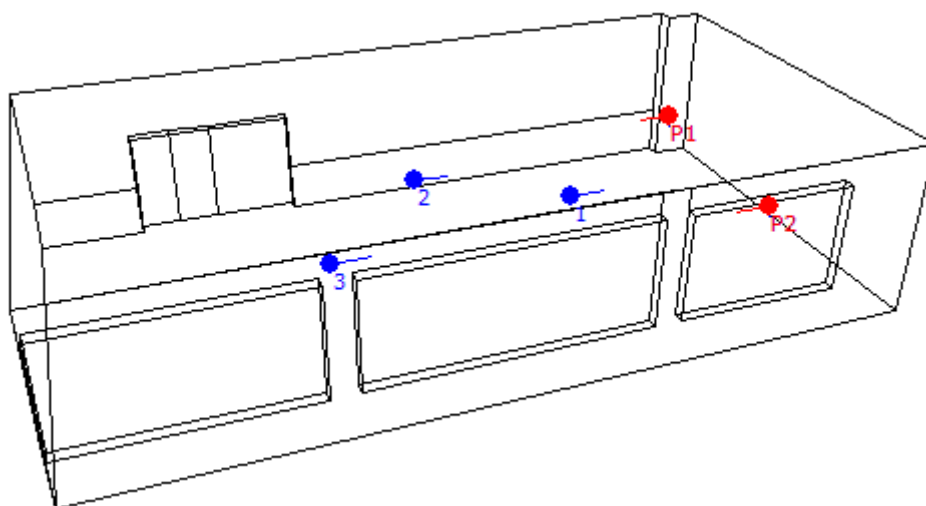
Tab. /5/ Pohledové konstrukce

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.

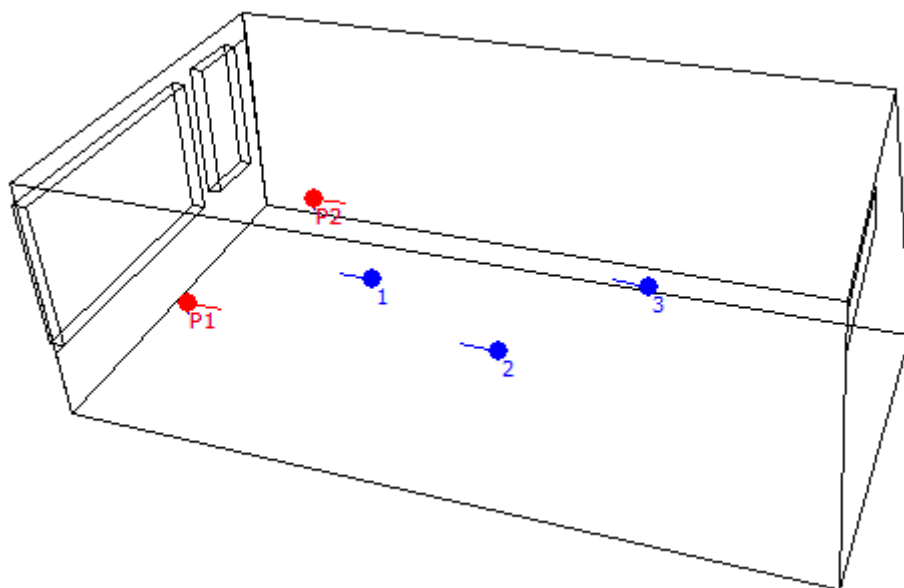
Při výpočtu je uvažováno s dokonale difuzním zvukovým polem, které není reálně dosažitelné. Výpočtová metodika proto slouží pouze jako pomůcka pro návrh akustických úprav pro zlepšení prostorové akustiky prostoru. Vypočtené hodnoty doby dozvuku se mohou od hodnot reálně naměřených mírně lišit.

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.

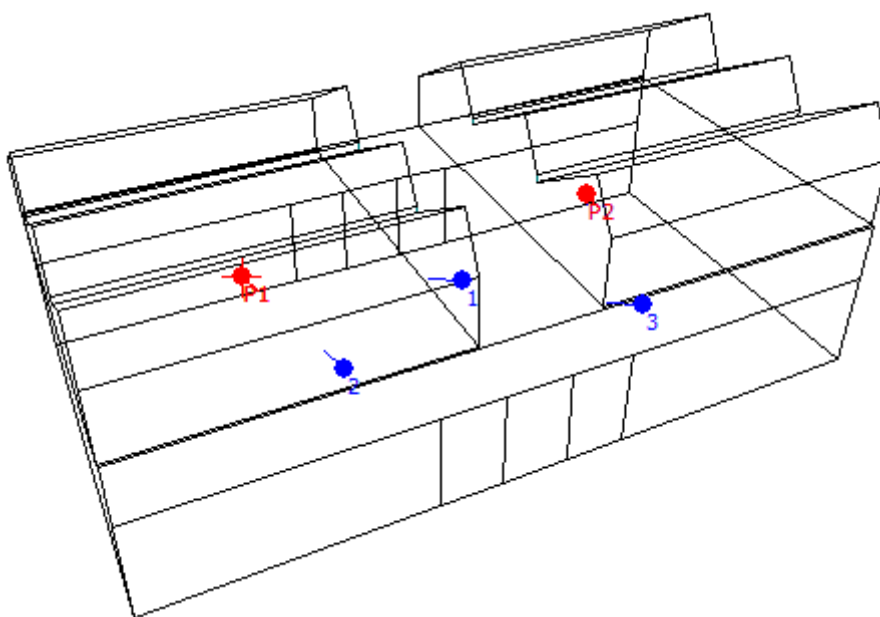
Náhled na výpočtový model s rozmístěnými místy zdroje (červeně) a přijímače (modře), zpracovaný v programu Odeon Auditorium 15.16, je uveden na následujících obrázcích.



Obr. /4/ Výpočtový model – m.č. 1.05



Obr. /5/ Výpočtový model – m.č. 1.10



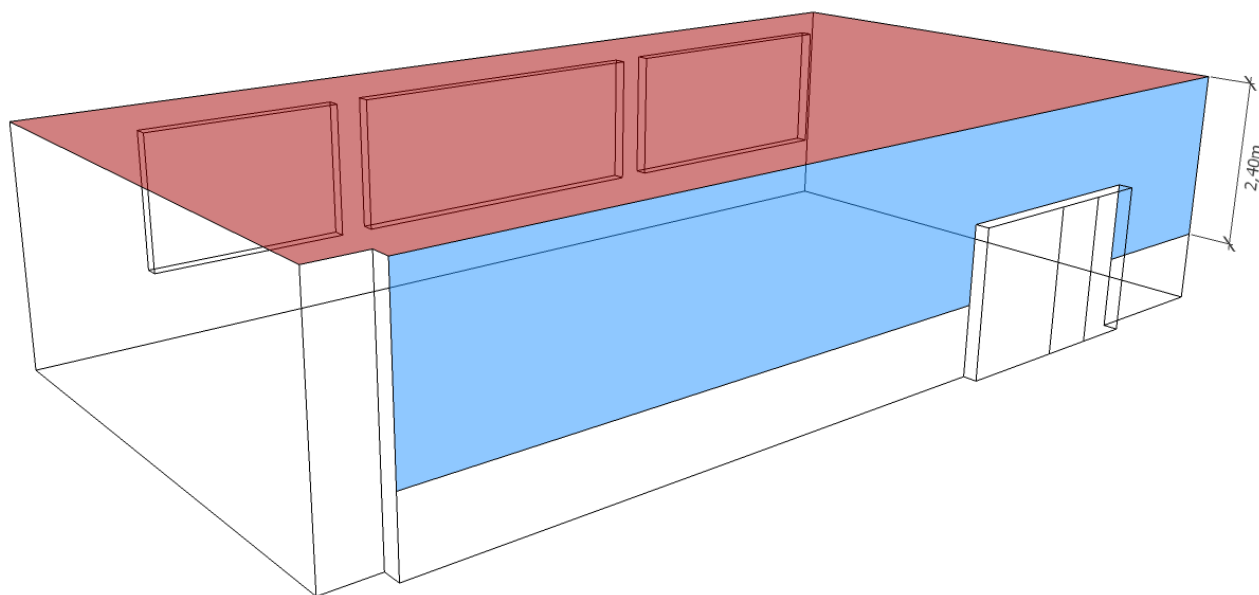
Obr. /6/ Výpočtový model – m.č. 2.26

## 5.2. Návrh úprav

### Ateliér – m.č. 1.05

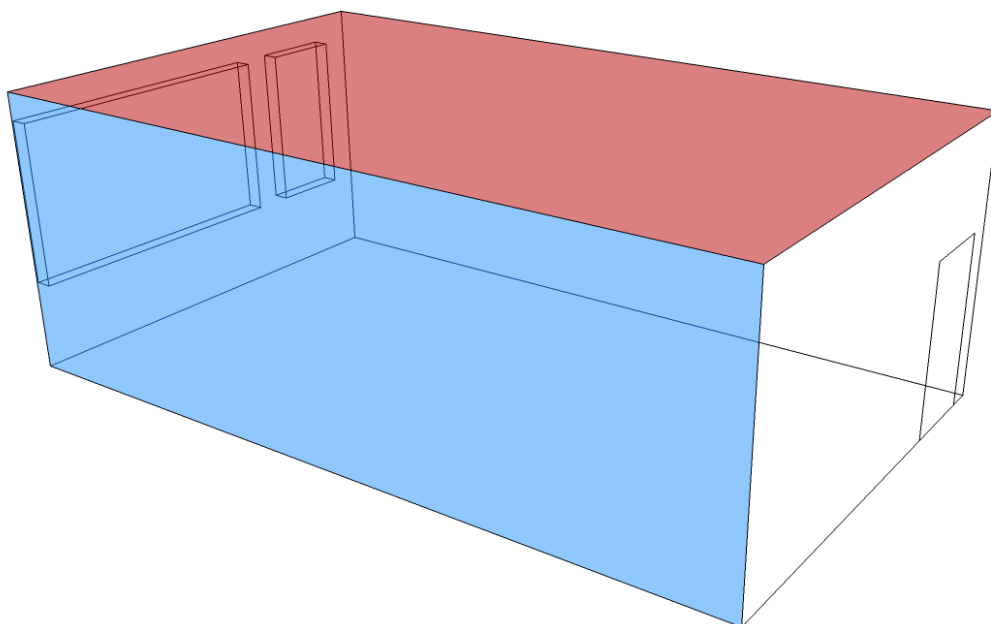
Do posuzovaného prostoru navrhujeme provedení podhledu z akustických perforovaných SDK panelů. Materiál bude třídy pohltivosti **A** s  $\alpha_w = 0,90$ . Celková plocha podhledu bude 115,4 m<sup>2</sup>. Tato úprava je graficky znázorněna na obr. 7 červenou barvou.

Dále navrhujeme provedení obkladu boční stěny z akustických perforovaných SDK panelů. Obklad bude instalovaný ve výšce 2,4 m od podhledu. Materiál bude třídy pohltivosti **D** s  $\alpha_w = 0,50(L)$ . Celková plocha obkladu bude 30,2 m<sup>2</sup>. Tato úprava je graficky znázorněna na obr. 7 modrou barvou.

**Obr./7/ Akustické úpravy – m.č. 1.05****PC učebna – m.č. 1.10**

Do posuzovaného prostoru navrhujeme provedení podhledu z akustických perforovaných SDK panelů. Materiál bude třídy pohltivosti **A** s  $\alpha_w = 0,90$ . Celková plocha podhledu bude 51,9 m<sup>2</sup>. Tato úprava je graficky znázorněna na obr. 8 červenou barvou.

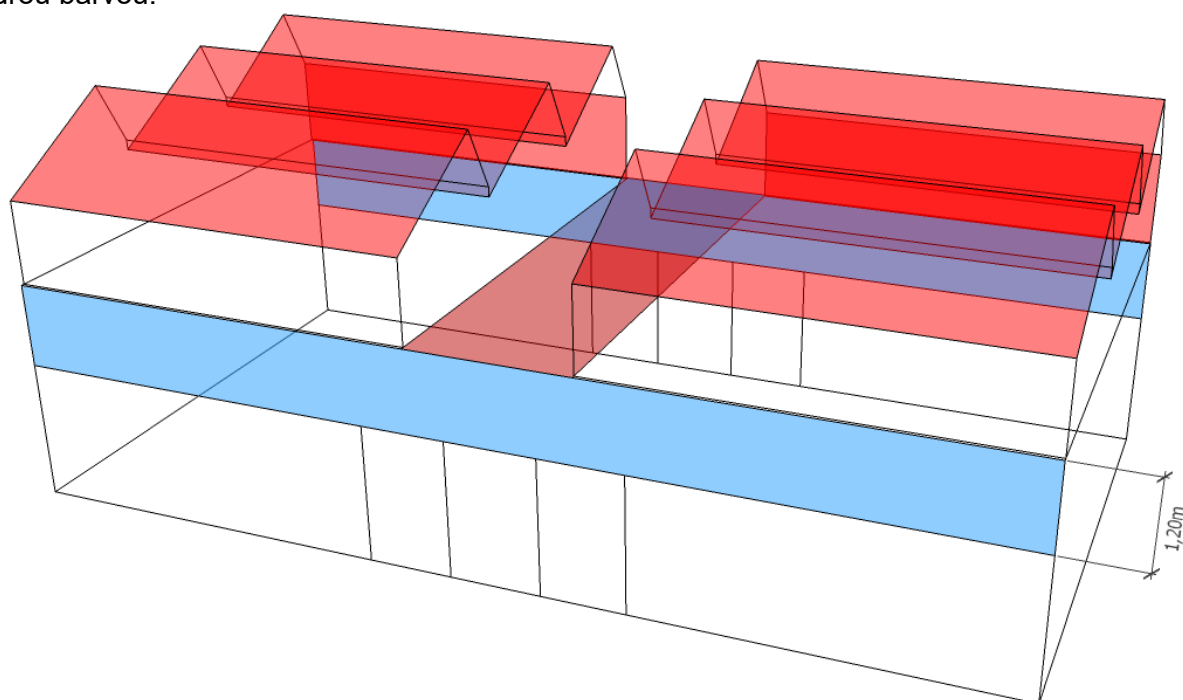
Dále navrhujeme provedení obkladu boční stěny z akustických perforovaných SDK panelů. Materiál bude třídy pohltivosti **D** s  $\alpha_w = 0,50(L)$ . Celková plocha obkladu bude 32,1 m<sup>2</sup>. Tato úprava je graficky znázorněna na obr. 8 modrou barvou.

**Obr./8/ Akustické úpravy – m.č. 1.10**

Multifunkční prostor – m.č. 2.26

Do posuzovaného prostoru navrhujeme provedení podhledu z akustických perforovaných SDK panelů. Materiál bude třídy pohltivosti **B** s  $\alpha_w = 0,80$ . Celková plocha podhledu bude 111,3 m<sup>2</sup>. Tato úprava je graficky znázorněna na obr. 9 červenou barvou.

Dále navrhujeme provedení obkladu dvou bočních stěn z akustických perforovaných SDK panelů. Obklad bude instalovaný ve výšce 1,2 m od podhledu. Materiál bude třídy pohltivosti **D** s  $\alpha_w = 0,50(L)$ . Celková plocha obkladu bude 33,9 m<sup>2</sup>. Tato úprava je graficky znázorněna na obr. 9 modrou barvou.



Obr./9/ Akustické úpravy – m.č. 2.26

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.**

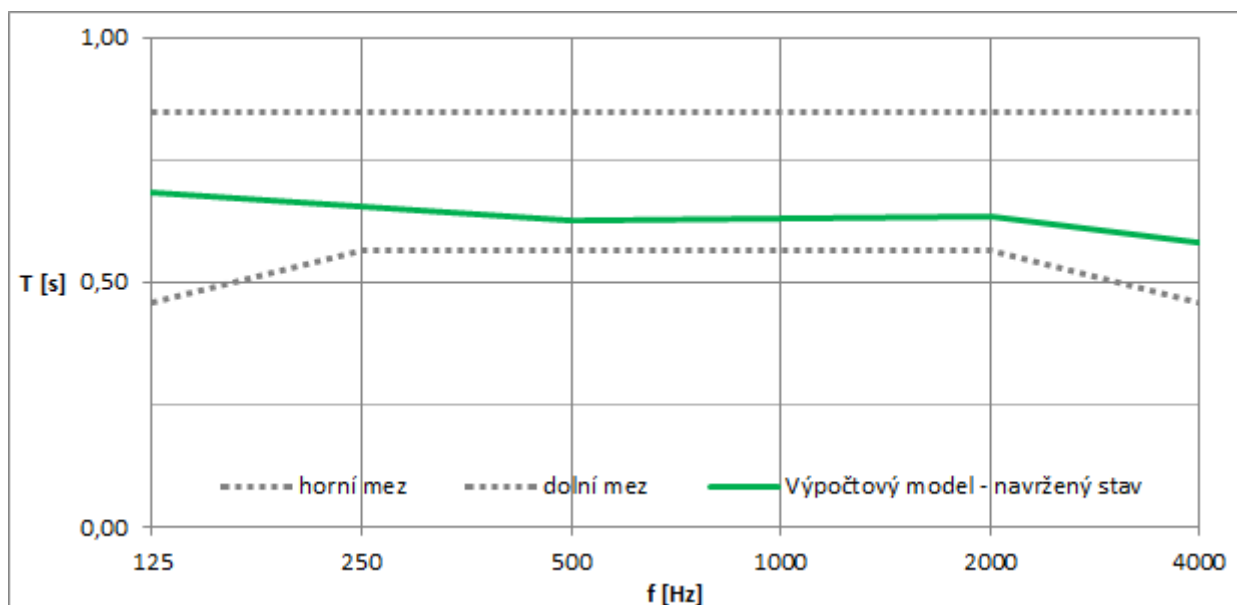
Pohledový materiál	Střední kmitočet f (Hz) oktávového pásma					
	125	250	500	1000	2000	4000
Perforovaný SDK panel tř. zvukové pohltivosti: A – 0,90 např.: Rigips Rigiton 12/25Q svěšení 400 mm, minerální izolace 50 mm	0,70	0,75	0,80	0,95	0,90	0,95
Perforovaný SDK panel tř. zvukové pohltivosti: B – 0,80 např.: Rigips Gyptone BIG Quattro 44 odsazení 60 mm, minerální izolace 50 mm	0,60	0,64	0,75	0,78	0,79	0,76
Perforovaný SDK panel tř. zvukové pohltivosti: D – 0,50 (L) např.: Rigips Gyptone BIG Quattro 46 odsazení 60 mm, minerální izolace 50 mm	0,63	0,61	0,59	0,53	0,47	0,43

Tab. /6/ Průběh činitele pohltivosti v oktávových pásmech

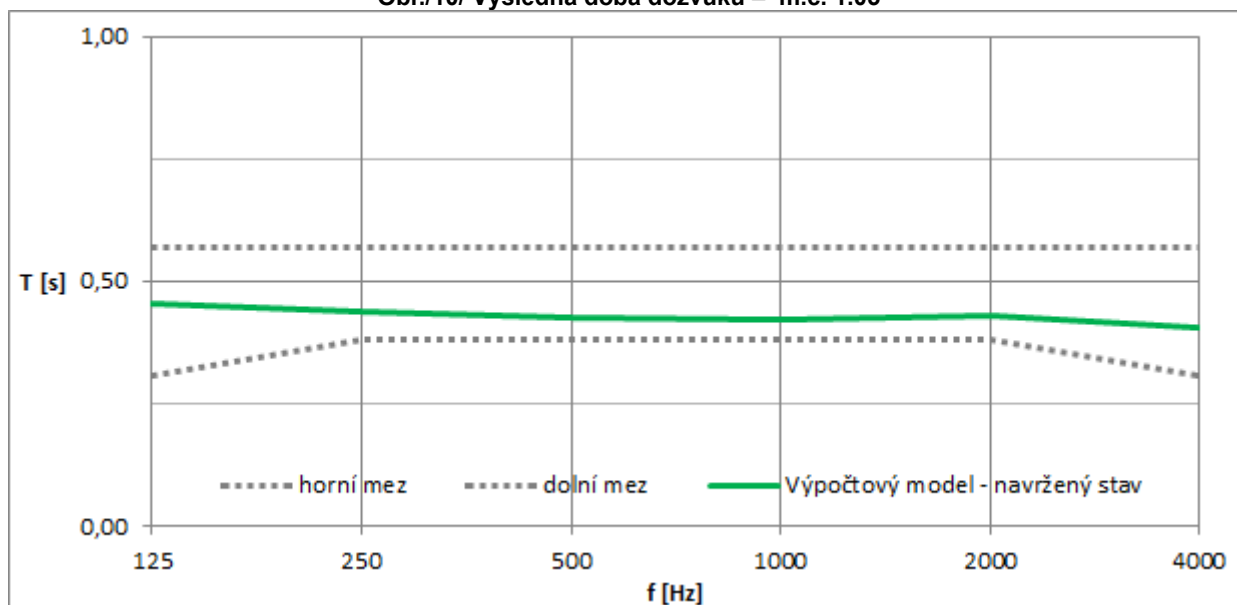
### 5.3. Výpočet

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 částečně obsazeným prostorem m.č. 1.05, 1.10 a 2.26.

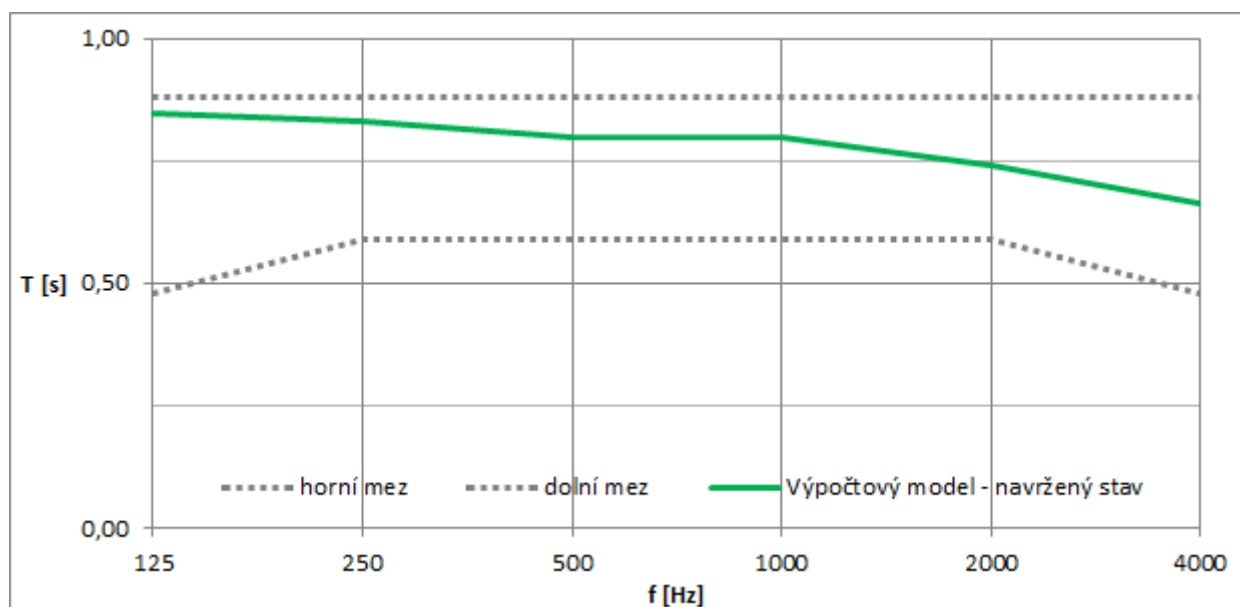
Na následujícím obrázku je graficky znázorněn průběh doby dozvuku při provedení navržených opatření, včetně požadovaných rozmezí pro daný způsob využití dle ČSN 73 0527.



Obr./10/ Výsledná doba dozvuku – m.č. 1.05



Obr./11/ Výsledná doba dozvuku – m.č. 1.10



Obr./12/ Výsledná doba dozvuku – m.č 2.26

#### 5.4. Posouzení

V následující tabulce je provedeno posouzení doby dozvuku dle ČSN 73 0527.

Parametr	Znač.	Jedn.	Střední kmitočet f [Hz] oktávového pásma					
			125	250	500	1000	2000	4000
Vypočtená doba dozvuku v oktávových pásmech	T	s	0,68	0,66	0,63	0,63	0,64	0,58
Požadované rozmezí hodnot doby dozvuku – m.č. 1.05	Horní mez	$T_{E,N}$	s	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
	Dolní mez	$T_{E,N}$	s	0,46	0,56	0,56	0,56	0,56
Hodnocení			+	+	+	+	+	+

Tab. /7/ Posouzení vypočtené doby dozvuku – m.č. 1.05, stav po návrhu úprav

Parametr	Znač.	Jedn.	Střední kmitočet f [Hz] oktávového pásma					
			125	250	500	1000	2000	4000
Vypočtená doba dozvuku v oktávových pásmech	T	s	0,45	0,44	0,43	0,42	0,43	0,41
Požadované rozmezí hodnot doby dozvuku – m.č. 1.10	Horní mez	$T_{E,N}$	s	0,57	0,57	0,57	0,57	0,57
	Dolní mez	$T_{E,N}$	s	0,31	0,38	0,38	0,38	0,38
Hodnocení			+	+	+	+	+	+

Tab. /8/ Posouzení vypočtené doby dozvuku – m.č. 1.10, stav po návrhu úprav

Parametr	Znač.	Jedn.	Střední kmitočet f [Hz] oktávového pásma					
			125	250	500	1000	2000	4000
Vypočtená doba dozvuku v oktávových pásmech	T	s	0,85	0,83	0,8	0,80	0,74	0,66
Požadované rozmezí hodnot doby dozvuku – m.č 2.26	Horní mez	$T_{E,N}$	s	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88
	Dolní mez	$T_{E,N}$	s	0,48	0,59	0,59	0,59	0,59
Hodnocení			+	+	+	+	+	+

Tab. /9/ Posouzení vypočtené doby dozvuku – m.č. 2.26, stav po návrhu úprav

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

Z výsledků v tab. 7 – 9 je zřejmé, že **posuzované prostory výpočtově splňují požadavky na optimální dobu dozvuku po provedení celého rozsahu navržených úprav** pro daný účel využití.

V následující tabulce jsou uvedeny průměrné hodnoty parametru  $C_{50}$  – míra zřetelnosti v daném prostoru po provedení navržených úprav uvedených v kap. 5.2.

Prostor	Míra zřetelnosti $C_{50}$ [dB]	Hodnocení
Ateliér (m.č. 1.05)	$6,4 \pm 1$	<b>dobré</b>
PC učebna (m.č. 1.10)	$8,9 \pm 1$	<b>výborné</b>
Multifunkční prostor (m.č. 2.26)	$6,3 \pm 1$	<b>dobré</b>

**Tab./10/ Výpočtový předpoklad hodnoty parametru  $C_{50}$  - srozumitelnost mluveného slova**

Z tab. 10 je zřejmé, že při provedení navrženého opatření dle kap. 5.2 se míra zřetelnosti na zkoumaných místech pohybuje výpočtově mezi 6,3 – 8,9 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 výukových prostor objektu SŠ uměleckoprůmyslové Ústí nad Orlicí v areálu Perla v Ústí nad Orlicí [2].

Výpočtová doba dozvuku posuzovaných prostor splňuje požadavky ČSN 73 0527 [5] pro školní prostory.

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

V Brně dne 13.10.2023

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

Ing. Jan Burda

Tel.: +420 735 768 488

e-mail: jan.burda@dek-cz.com



**ATELIER DEK**

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

10