

ATELIER

**DEK**

**DEKPROJEKT s.r.o.**  
Zakázka číslo: 2023-017859-BJa

## **Akustická studie**

### **Prostorová akustika**

Klub Mendel

třída Generála Píky 2005/7

613 00 Brno

#### **Vypracoval:**

Ing. Jan Burda

#### **Kontroloval:**

Ing. Roman Pavelka

#### **Zpracováno v období:**

srpen 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>4</b> |
| <b>5. POSOUZENÍ STÁVAJÍCÍHO STAVU.....</b> | <b>5</b> |
| 5.1. Výpočet a vyhodnocení.....            | 5        |
| <b>6. NÁVRH AKUSTICKÝCH ÚPRAV.....</b>     | <b>6</b> |
| 6.1. Návrh úprav.....                      | 6        |
| 6.2. Výpočet a vyhodnocení.....            | 7        |
| <b>7. ZÁVĚR.....</b>                       | <b>9</b> |

- |      |                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|------|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.1. | Předmět             | Klub Mendel, třída Generála Píky 2005/7, 613 00 Brno                                                                                                                                                                                                                           |
| 1.2. | Úkol                | Akustická studie – prostorová akustika                                                                                                                                                                                                                                         |
| 1.3. | Objednatel          | <b>Ing. arch. Radko Květ (atelier Květ)</b><br>Všetičkova 631/31<br>602 00 Brno<br>IČ:13676601<br>Kontaktní osoba:<br>Richard Mátl<br>+420 605 965 949<br>matl@kvetarch.cz                                                                                                     |
| 1.4. | Zpracovatel         | <b>DEKPROJEKT s.r.o.</b><br>Tiskařská 10/257<br>budova TTC<br>108 00, Praha 10<br>tel.: +420 234 054 284<br>IČ: 27642411<br>bankovní spojení:<br>35-7899980247/0100<br>KB Praha 9<br>Zapsáno v obchodním rejstříku, vedeném Městským soudem<br>v Praze oddíl C., vložka 120996 |
| 1.5. | Vypracoval          | Ing. Jan Burda                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 1.6. | Kontroloval         | Ing. Roman Pavelka                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 1.7. | Zpracováno v období | Srpen 2023                                                                                                                                                                                                                                                                     |

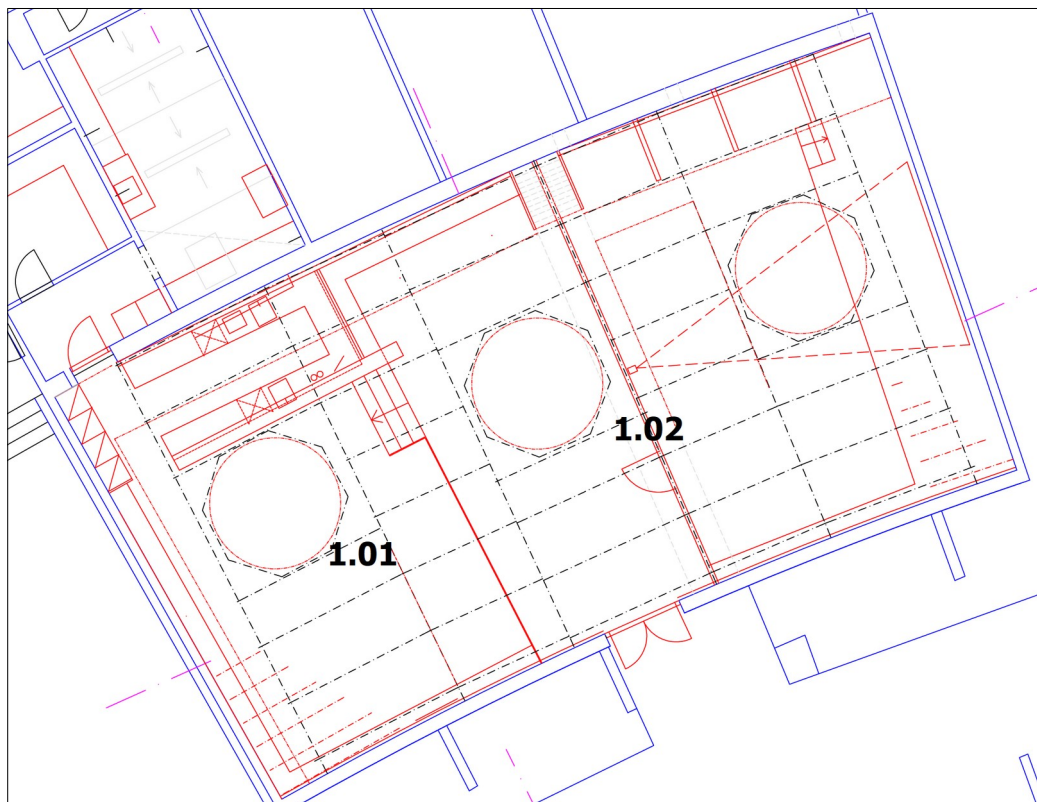
## 2. PODKLADY

- [1] Objednávka ze dne 7.7.2023 dle D2023-066983
- [2] Výkresová dokumentace „Stavební úpravy Studentský klub“, zpracoval: Architektonická kancelář Ing. arch. Radko Květ, datum: 05/2023
- [3] Stavební fyzika 10 – Akustika stavebních konstrukcí – Doc. Ing. Jiří Čechura, Csc.
- [4] Stavební fyzika I – Urbanistická, stavební a prostorová akustika – Prof. Ing. Jiří Vaverka DrSc., VUT IU M 1998
- [5] ČSN 73 0527 (2023) Akustika – Projektování v oboru prostorové akustiky – Prostory pro kulturní účely – Prostory ve školách – Prostory pro veřejné účely
- [6] Výpočetní program ODEON 15.16 Auditorium

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

### 3. SITUACE

Předmětem studie jsou stavební úpravy studentského klubu Mendel v Brně [2]. Požadavkem objednatele je zpracování akustické studie pro šíření hluku uvnitř kavárny a bistra (m.č. 1.01) a studentského klubu (1.02) a návrh akustických úprav, vedoucích ke snížení hluku a dobré srozumitelnosti mluveného slova. Situace prostoru je uvedena na obr. 1.



Obr./1/ Půdorys

### 4. POŽADAVKY

Dle ČSN 73 0527 [5] je pro prostory kaváren a klubů stanoven požadavek na minimální ekvivalentní pohltivou plochu A. 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 prostory kategorie K2 s výškou prostoru  $h > 2,5$  m se určí podle následujícího vztahu:

$$K2: A \geq V / [ 2,49 + 4,69 \cdot \log(h) ]$$

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

| Místnost       | Objem [m <sup>3</sup> ] | Požadavek ČSN 73 0527          |
|----------------|-------------------------|--------------------------------|
| Kavárna a klub | 676                     | $A_{\min} = 129,8 \text{ m}^2$ |

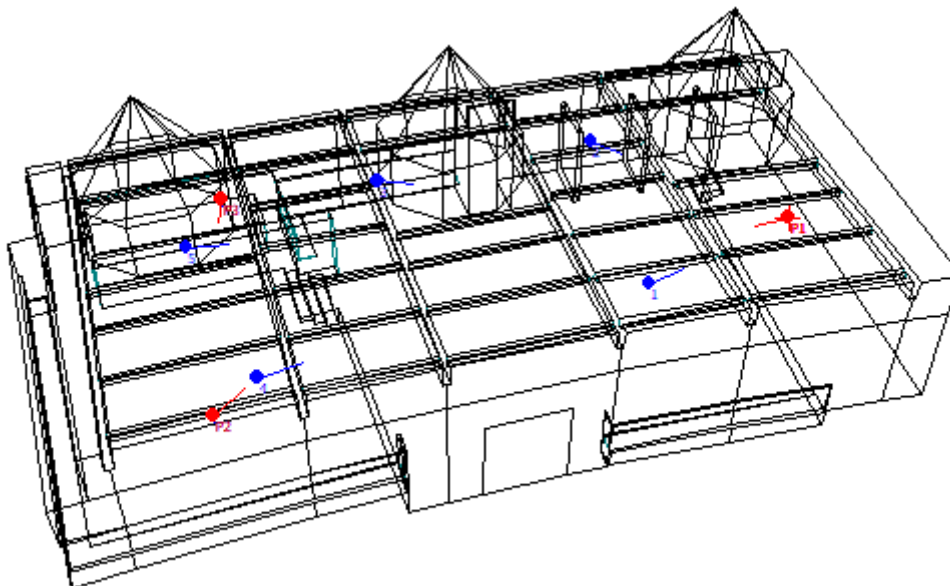
Tab. /1/ Optimální doba dozvuku

Příznivých akustických poměrů v těchto 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.

## 5. POSOUZENÍ STÁVAJÍCÍHO STAVU

### 5.1. Výpočet a vyhodnocení

Podle podkladů [2] byl vytvořen 3D model řešeného prostoru. Pro výpočtové posouzení akustických úprav byly do prostoru umístěny zdroje zvuku odpovídající svou úrovní hlasitosti běžné konverzaci (zdroje P1 až P3) a výpočtové body (vyznačené modře).



Obr. /3/ 3D model řešených prostor

Výpočet šíření hluku byl proveden pomocí výpočtového programu ODEON 15.16 Auditorium. Výpočet provedený v softwaru ODEON zohledňuje geometrii prostoru, velikost, pohltivost a neprůzvučnost ploch a k výpočtu používá metodu obrazového zdroje v kombinaci s modifikovaným algoritmem pro sledování paprsků.

Celková hladina akustického tlaku a hodnoty parametru míry zřetelnosti ve vnitřním prostoru pro stav před úpravami jsou uvedeny v následujících tabulkách.

| Prostor                              | M1 – klub (plocha) | M2 – klub (box) | M3 – klub (lavice) | M4 - kavárna | M5 - bar     |
|--------------------------------------|--------------------|-----------------|--------------------|--------------|--------------|
| Hladina akustického tlaku $L_A$ [dB] | $65,3 \pm 1$       | $65,0 \pm 1$    | $62,3 \pm 1$       | $64,0 \pm 1$ | $63,5 \pm 1$ |

Tab./2/ Hladina akustického tlaku v jednotlivých částech prostoru – stav před úpravami

| Prostor                        | M1 – klub (plocha) | M2 – klub (box) | M3 – klub (lavice) | M4 - kavárna | M5 - bar     |
|--------------------------------|--------------------|-----------------|--------------------|--------------|--------------|
| Míra zřetelnosti $C_{50}$ [dB] | $-2,0 \pm 1$       | $-3,1 \pm 1$    | $-6,3 \pm 1$       | $-3,8 \pm 1$ | $-4,3 \pm 1$ |

Tab./3/ Výpočtový předpoklad srozumitelnosti mluveného slova – stav před úpravami

## 6. NÁVRH AKUSTICKÝCH ÚPRAV

### 6.1. Návrh úprav

Úpravy prostorové akustiky lze obecně dosáhnout změnou celkové pohltivosti prostoru, tj. opatřením prostoru pohltivými materiály. Výpočet byl proveden za pomoci softwaru ODEON. 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.

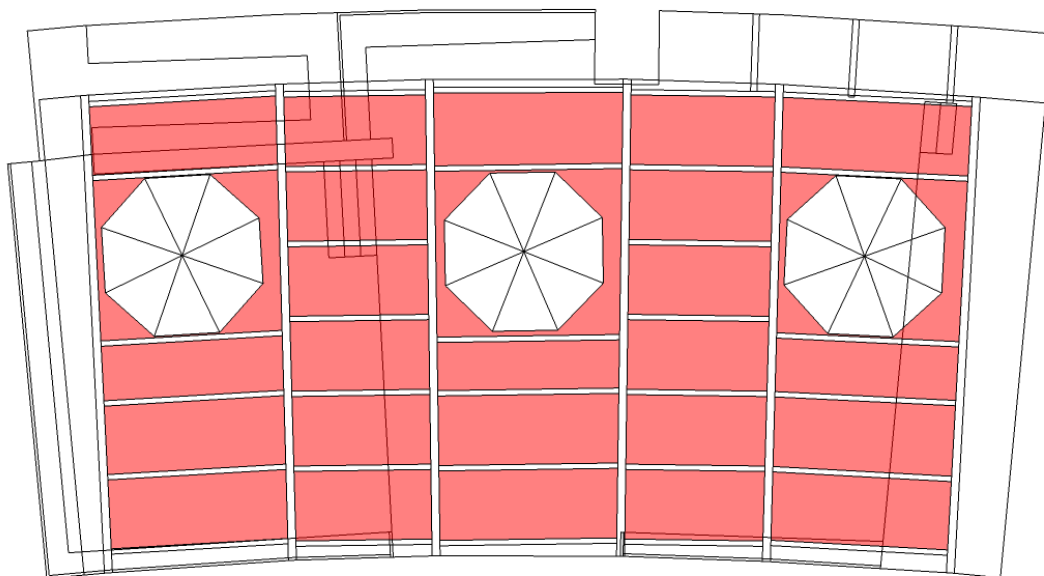
Při výpočtu je uvažováno s dokonale difuzním zvukovým polem, které není reálně dosažitelné. Výpočtová metodika proto slouží pouze jako pomůcka pro návrh akustických úprav pro zlepšení prostorové akustiky prostoru.

Do vnitřního prostoru navrhujeme provedení kontaktního obkladu stropu mezi stávající ocelovou konstrukcí pomocí kazet z minerálních vláken tl. 50 mm, např. Rockfon Industrial Black. Materiál pro obklad stropu bude třídy pohltivosti A s koeficientem vážené zvukové pohltivosti  $\alpha_w = 1,0$ . Celková plocha obkladu stropu bude cca 100,2 m<sup>2</sup>. Tato úprava je graficky znázorněna na obr. 4 červenou barvou. Dále navrhujeme provedení částečného obkladu stěn panely z lisovaných dřevěných vláken tl. 25 mm, např. CEWOOD Acoustics. Panely budou instalované na vyrovnávací nosný rošt, kterým bude vymezena dutina 60 mm, ve vzniklé dutině bude umístěna minerální izolace tl. 50 mm. Tato skladba bude třídy zvukové pohltivosti B s koeficientem vážené zvukové pohltivosti  $\alpha_w = 0,80$ . Celková plocha uvažovaná ve výpočtu je 49,5 m<sup>2</sup>. Tato úprava je graficky znázorněna na obr. 5 modrou barvou. Dále je ve výpočtu uvažováno s rozmístěním lavic s lehkým polstrováním o celkové ploše 32,6 m<sup>2</sup> a umístěním koberce v prostoru kavárny o celkové ploše 48,3 m<sup>2</sup>, tyto úpravy jsou znázorněny na obr. 5 zelenou a žlutou barvou. Tento návrh je v souladu s doporučením ČSN [5] a splňuje požadavek na minimální ekvivalentní pohltivou plochu v prostoru pro kategorii prostoru K2.

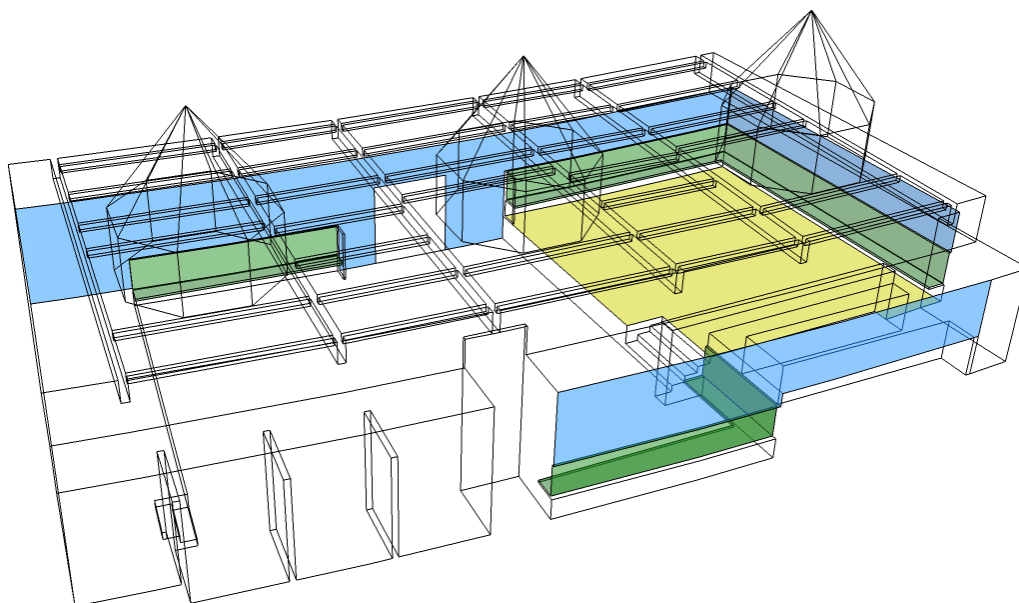
V následující tabulce jsou uvedeny hodnoty činitele pohltivosti navrženého zvukopohltivého materiálu. Hodnoty činitelů pohltivosti pro jednotlivé materiály byly převzaty z podkladů výrobců a [3, 4, 6]. Pro materiály, pro něž nebyli činitelé pohltivosti k dispozici, jsou tyto hodnoty stanoveny odborným odhadem, případně výpočtem.

| Materiál                                                                     | Střední kmitočet oktávového pásma |      |      |      |      |      |
|------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|------|------|------|------|------|
|                                                                              | 125                               | 250  | 500  | 1000 | 2000 | 4000 |
| Rockfon Industrial Black<br>tl. 50 mm<br>kontaktně                           | 0,20                              | 0,70 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| CEWOOD Acoustics<br>tl. 25 mm<br>odsazení 85 mm, minerální izolace tl. 50 mm | 0,40                              | 0,79 | 0,78 | 0,76 | 0,73 | 0,70 |
| Koberec                                                                      | 0,02                              | 0,03 | 0,06 | 0,15 | 0,30 | 0,40 |
| Lavice, sedačky, lehké polstrování                                           | 0,44                              | 0,60 | 0,77 | 0,89 | 0,82 | 0,70 |

Tab./4/ Průběh činitele pohltivosti v oktávových pásmech



Obr. /4/ Rozmístění akustických úprav – strop



Obr. /5/ Rozmístění akustických úprav – celkový pohled

## 6.2. Výpočet a vyhodnocení

V následující tabulce je provedeno posouzení minimální ekvivalentní pohltivé plochy A dle ČSN 73 0527.

| Parametr                                                       | Znač. | Jedn.          | $A_{\min}$<br>m <sup>2</sup> | Střední kmitočty f [Hz] oktávového pásma |       |        |       |
|----------------------------------------------------------------|-------|----------------|------------------------------|------------------------------------------|-------|--------|-------|
|                                                                |       |                |                              | 250                                      | 500   | 1000   | 2000  |
| Vypočtená ekvivalentní pohltivá plocha A dle návrhu v kap. 6.1 | A     | m <sup>2</sup> | 129,8                        | 130,3                                    | 166,8 | 174,10 | 177,6 |
| Hodnocení                                                      |       |                |                              | +                                        | +     | +      | +     |

Tab. /5/ Posouzení vypočtené doby dozvuku – učebna 4.04, stav po návrhu úprav

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

Výpočtový předpoklad snížení hladiny akustického tlaku ve vnitřním prostoru jednotlivých částí je uveden v tab. 6.

| Prostor                                            | M1           | M2           | M3           | M4           | M5           |
|----------------------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Hladina akustického tlaku $L_A$ před úpravami [dB] | $65,3 \pm 1$ | $65,0 \pm 1$ | $62,3 \pm 1$ | $64,0 \pm 1$ | $63,5 \pm 1$ |
| Hladina akustického tlaku $L_A$ po úpravách [dB]   | $60,3 \pm 1$ | $60,1 \pm 1$ | $54,7 \pm 1$ | $59,0 \pm 1$ | $57,9 \pm 1$ |

Tab./6/ Výpočtový předpoklad snížení hladiny akustického tlaku na pracovních místech

Z tab. 6 je zřejmé, že při provedení navrženého opatření dle kap. 5.1. se pokles hladiny akustického tlaku na zkoumaných místech pohybuje výpočtově mezi 4,9 dB – 7,6 dB.

Dále jsou stanoveny hodnoty parametru  $C_{50}$  – míra zřetelnosti mluveného slova, dle ČSN 73 0525 jsou hodnoty nad 0 dB známkou přijatelné srozumitelnosti mluveného slova.

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

Tab. /7/ Hodnocení parametru  $C_{50}$  – míra zřetelnosti

| Prostor                                      | M1           | M2           | M3           | M4           | M5           |
|----------------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Míra zřetelnosti $C_{50}$ před úpravami [dB] | $-2,0 \pm 1$ | $-3,1 \pm 1$ | $-6,3 \pm 1$ | $-3,8 \pm 1$ | $-4,3 \pm 1$ |
| Míra zřetelnosti $C_{50}$ po úpravách [dB]   | $6,0 \pm 1$  | $4,2 \pm 1$  | $1,6 \pm 1$  | $5,3 \pm 1$  | $2,3 \pm 1$  |

Tab./8/ Výpočtový předpoklad zlepšení srozumitelnosti mluveného slova

Z tab. 8 je zřejmé, že při provedení navrženého opatření dle kap. 5.1. se míra zřetelnosti na zkoumaných místech pohybuje výpočtově mezi 1,6 – 6,0 dB. To ukazuje na obecně dobrou srozumitelnost mluveného slova v daném prostoru a významné zlepšení stávajícího stavu, kde výpočtové modely vykazovaly špatnou srozumitelnost.

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 a s tím související hladina akustického tlaku se proto od výpočtových modelů může mírně lišit.



## 7. ZÁVĚR

Úkolem akustické studie byl návrh zvukopohltivých úprav do vnitřního prostoru studentského klubu Mendel v Brně [2]. Bylo navrženo opatření vedoucí ke snížení celkového hluku v prostoru a zlepšení srozumitelnosti mluveného slova v souladu s požadavky ČSN 73 0527 [5].

Očekávaný pokles hladiny akustického tlaku  $L_A$  se po realizaci uvedených opatření dle kap. 5.1. pohybuje výpočtově mezi 4,9 dB – 7,6 dB. Díky tomu bude v prostoru dosaženo také dobré srozumitelnosti mluveného slova. Doporučujeme tepelnětechnické a požární posouzení.

V Brně dne 28.8.2023



**ATELIER DEK**

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

10

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

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