

# OPRAVY VNITŘNÍCH INSTALACÍ MATEŘSKÉ ŠKOLKY

---

Vybíralova čp. 969, Praha 9 - k.ú. Černý Most

## AKUSTICKÁ STUDIE

---

### Návrh akustických úprav nahrávacího studia s režii

#### 1. Úvod

Předmětem akustické studie, která je vypracována jako součást prováděcí dokumentace pro akci Opravy vnitřních instalací Mateřské školky, Vybíralova čp. 969, Praha 9, k.ú. Černý Most, je návrh úprav prostorové akustiky malého nahrávacího studia se zvukovou režii umístěných v rekonstruovaném objektu mateřské školky.

Návrh akustických úprav vychází z doporučení platných českých státních norem vztahujících se k upravovanému prostoru a způsobu jeho využití.

#### 2. Použité výchozí podklady

1. Opravy vnitřních instalací Mateřské školky, Vybíralova čp. 969, Praha 9, k.ú. Černý Most, dokumentace pro provedení stavby, R-PROJEKT 07 Praha s.r.o., Ke Strašnické 8/1795, Praha 10, červen 2017,
2. Konzultace a technické podklady poskytnuté zpracovatelem projektové dokumentace,
3. ČSN 73 0525 Akustika. Projektování v oboru prostorové akustiky. Všeobecné zásady. ČNI, únor 1998,
4. ČSN 73 0526 Akustika. Projektování v oboru prostorové akustiky. Studia a místnosti pro snímání, zpracování a kontrolu zvuku. ČNI, únor 1998,
5. J. Čechura: Akustika stavebních konstrukcí, Stavební fyzika 10, ČVUT Praha, 1997,
6. J. Vaverka, J. Havránek, V. Kozel, P. Siegl: Akustika staveb-Souhrn kritériálních požadavků a výpočtových metod v oboru stavební a prostorové akustiky, VUT Brno, 1996,
7. J. Vaverka, J. Chybík: Akustika staveb-Souhrn materiálů a jejich fyzikálních vlastností pro aplikace v prostorové akustice, VUT Brno, 1996,
8. R. Nový: Hluk a chvění, ČVUT Praha 1995,
9. Technická dokumentace výrobců akustických obkladů a konstrukcí a stavebních materiálů.

#### 3. Definice a výpočet doby dozvuku $T$

V každém uzavřeném prostoru dochází vlivem zvukové pohltivosti stěn a vnitřního vybavení k pohlcování akustické energie vyzařované zdrojem zvuku.

Po zapnutí zdroje zvuku hustota zvukové energie s časem roste a asymptoticky se blíží hodnotě v ustáleném stavu, ve kterém je zvuková energie pohlcovaná stěnami neustále doplňována zdrojem zvuku. Součet energie v prostoru a energie pohlcované stěnami a vybavením se tedy musí rovnat zvukové energii vysílané zdrojem. Po vypnutí zdroje zvuku bude hustota zvukové energie v prostoru postupně klesat, až zcela zanikne.

Zvuk, který se šíří prostorem po vypnutí zdroje zvuku, se nazývá dozvuk a doba, po kterou existuje, je dobou dozvuku  $T$ .

Doba dozvuku je definována jako doba, za kterou po vypnutí zdroje zvuku klesne hustota energie nebo intenzita zvuku na miliontinu ( $10^{-6}$ ) své původní hodnoty.

Při vyjádření pomocí hladin akustického tlaku  $L$ , na jejichž vyhodnocování je založeno měření doby dozvuku, odpovídá době dozvuku rozdíl hladin 60 dB.

Činitel zvukové pohltivosti plochy je poměr zvukové energie plochou pohlcené k celkové energii na plochu dopadající

$$0 < \alpha < 1.$$

Pro plochu úplně odrazující dopadající zvukovou energii je tedy

$$\alpha = 0 \quad [-]$$

a naopak plocha úplně pohlcující dopadající zvukovou energii má

$$\alpha = 1 \quad [-].$$

Zvuková pohltivost plochy S je

$$A = \alpha S \quad [\text{m}^2].$$

Střední činitel zvukové pohltivosti n (i = 1 až n) ploch je

$$\alpha_s = \sum_i \alpha_i S_i / S \quad [\text{m}^2]$$

kde je  $S_i \quad [\text{m}^2]$  - dílčí plocha,  
 $\alpha_i \quad [-]$  - činitel zvukové pohltivosti této dílčí plochy,  
 $S \quad [\text{m}^2]$  - celkový vnitřní povrch uzavřeného prostoru,  
 $\alpha_s \quad [-]$  - střední činitel zvukové pohltivosti vnitřního povrchu.

Pro dobu dozvuku platí Eyringův vztah

$$T = 0,163V / A \quad [\text{s}],$$

kde je  $V \quad [\text{m}^3]$  - objem uzavřeného prostoru,  
 $A = \alpha_E S + 4mV \quad [\text{m}^2]$  - celková ekvivalentní plocha pohlcování,  
 $m \quad [-]$  - činitel útlumu zvuku při šíření ve vzduchu,  
 $\alpha_E = -\ln(1 - \alpha_s) \quad [-]$  - Eyringův činitel zvukové pohltivosti.

Jak je z uvedených vztahů zřejmé, lze vhodnou kombinací obkladů a konstrukcí o různé zvukové pohltivosti ovlivňovat velikost doby dozvuku v uzavřeném prostoru.

Pro každý uzavřený prostor existuje tzv. optimální doba dozvuku, jejíž velikost závisí na objemu prostoru, na druhu zvukového signálu šířícího se vzduchem a na účelu, ke kterému má prostor sloužit.

Hlavní požadavky, zásady a kritéria pro řešení prostorové akustiky uzavřených prostorů jsou uvedeny ve státních normách:

ČSN 73 0525-Akustika. Projektování v oboru prostorové akustiky-Všeobecné zásady,

ČSN 73 0526-Akustika. Projektování v oboru prostorové akustiky-Studia a místnosti pro snímání, zpracování a kontrolu zvuku,

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

V ČSN EN ISO 3382-1, 3382-2, 3382-3 Akustika - Měření parametrů prostorové akustiky je stanoven způsob měření doby dozvuku.

Výpočet doby dozvuku se provádí v oktávových pásmech se středními kmitočty 125 Hz až 4 000 Hz nebo 250 Hz až 2 000 Hz (pro tělocvičny) podle ČSN 73 0525. Kmitočtový průběh doby dozvuku T vypočítaný pro navrhovanou skladbu akustických obkladů musí vyhovovat tolerančnímu pásmu pro převažující typ signálu v prostoru. Přípustná rozmezí poměru vypočítané doby dozvuku a optimální doby dozvuku  $T/T_0$  jsou uvedeny v příslušných normách.

V současné době jsou tyto státní normy platné, ale jejich ustanovení nejsou závazná, pokud není dalšími předpisy stanoveno jinak. Jejich doporučení se týkají objemu, tvaru, doby dozvuku a hlukových poměrů v akusticky náročných prostorech a je vhodné je kvůli kvalitě díla při realizaci dodržovat.

#### 4. Požadavky na dobu dozvuku

ČSN 73 0526 Akustika. Projektování v oboru prostorové akustiky. Studia a místnosti pro snímání, zpracování a kontrolu zvuku. ČNI, únor 1998, /lit. 4/, stanoví v Tabulce 2-Místnosti pro snímání, zpracování a kontrolu zvuku optimální dobu dozvuku. Z těchto doporučených hodnot byly pro navrhované místnosti, které budou sloužit pro zvukový záznam a tvorbu demosnímků amatérských hudebních skupin, jako nevhodnější pro dané rozměry místností a jejich využití, stanoveny následující požadavky na optimální dobu dozvuku:

$T_o = 0,60$  s pro nahrávací studio 150 pro snímání hudby o objemu přibližně  $38,9 \text{ m}^3$ ,  
 $T_o = 0,30$  s pro režijní místnost 148 (předsíň) pro kontrolu a poslech hudby o objemu přibližně  $16,2 \text{ m}^3$ ,

- hodnoty optimální doby dozvuku se vztahují ke kmitočtu 1 000 Hz,
- přípustné rozmezí doby dozvuku pro hudbu je stanoveno na obrázku A 1 zmíněné normy, a to  $\pm 20$  % pro střední kmitočty oktavových pásem 250-2 000 Hz,  $+45$  %/-20 % pro střední kmitočet oktavového pásma 125 Hz a  $+20$  %/-35 % pro střední kmitočet oktavového pásma 4 000 Hz.

#### 5. Základní charakteristika akusticky upravovaného prostoru

Stavebně architektonické řešení akusticky upravovaných místností je navrženo v projektové dokumentaci, /lit. 1/:

Místnosti mají:

- obdélníkový půdorys s výklenky,
- rovnou podlahu s nášlapnou podlahovou vrstvou z koberce nebo vinylových pásů,
- fasádní stěny z omítnutých cihel, tl. 250 resp. 300 mm,
- vnitřní příčky z omítnutých cihel, tl. 100 resp. 200 mm,
- akustické okno a akustické dveře v příčce mezi nahrávací místností 150 a režijní místností 148,
- dveře v příčce mezi režijní místností 148 a WC 149a a skladem 149b,
- vstupní akustické dveře ze závětrí 151 do režijní místností 148,
- pod konstrukčním stropem ze železobetonových panelů zavěšený akustický podhled z plných sádrokartonových desek, např. Rigips Casoprano Casobianca tl. 8 mm s akustickou vložkou ze skelných vláken, např. Isover Piano tl. 50 mm, výměra akustické vložky podle návrhu akustických úprav, tloušťka vzduchové mezery je závislá na nosném systému podhledu a může se pohybovat v rozmezí 100-300 mm, optimální hodnota je 200 mm,
- na omítnutých obvodových stěnách přímo instalovaný akustický obklad z desek ze skelné vaty pojené pryskyřicí, např. Ecophon Akusto Wall A Super G o výměře podle návrhu akustických úprav, tloušťka obkladu je přibližně 43 mm, nejvhodnější je umístění na stěnách naproti zdrojům zvuku a v jejich blízkosti,
- základní technické a interiérové vybavení podle využití, (v nahrávacím studiu 150 mikrofonní a notové stojany, kabely s přípojnými panely, židle pro účinkující, stůl pro nástroje a noty, v režijní místnosti 148 mixážní pult, záznamové, efektové a reprodukční zařízení, poslechové reproduktorové soustavy, židle pro obsluhu a stolky pro techniku, pomůcky apod.).

#### 6. Návrh akustických úprav

Návrh akustických úprav je proveden teoreticky podle Eyringovy statistické metody a vychází z teoretických předpokladů pro neupravený prostor. Tento postup návrhu se používá v případech, ve kterých nelze provést měření počáteční doby dozvuku, např. při projektové přípravě. Toto měření lze provést až v určité fázi stavby a teoretický návrh akustických obkladů lze potom podle výsledků měření korigovat. Při rekonstrukci stávajícího prostoru státní norma doporučuje měření počáteční doby dozvuku a návrh akustických úprav vycházející z jeho výsledků.

Výpočet doby dozvuku je proveden v oktavových pásmech kmitočtu se středními kmitočty 125 Hz až 4 000 Hz podle ČSN 73 0525, /lit. 3/.

Velikost doby dozvuku a její kmitočtový průběh vypočítaný pro navrhovanou skladbu akustických obkladů musí vyhovovat tolerančnímu pásmu pro převažující typ signálu v prostoru podle ČSN 73 0526, /lit. 4/.

Základní rozměry místností a výsledky teoretického výpočtu předpokládaného kmitočtového průběhu doby dozvuku pro navrženou akustickou úpravu jsou uvedeny v tabulkách TAB 1-2:

### 150 - Nahrávací studio

**TAB 1**

<b>V = 71,9 m<sup>3</sup></b>	<b>T<sub>o</sub> = 0,60 s</b>	<b>T<sub>1k</sub> = 0,59 s</b>	<b>T<sub>stř</sub> = 0,58 s</b>
stropní podhled	15,5 m <sup>2</sup> -	Rigips Casoprano Casobianca, 600×600×8 mm, případně 600×1 200×8 mm, d=100-200 mm,	
	3,5 m <sup>2</sup> -	Isover Piano tl. 50 mm akustická vložka z minerální vaty ve vzduchové mezeře podhledu umístěná podle obvodových stěn místnosti,	
obklad stěn	3,2 m <sup>2</sup> -	Ecophon Akusto Wall A Super G, 1 200×2 700×40 mm, d=43 mm, nejvhodnější je umístění na stěnách naproti zdrojům zvuku a v jejich blízkosti,	
podlahová krytina	15,5 m <sup>2</sup> -	koberec po celé ploše podlahy,	

### 148 - Režijní místnost (předsíň)

**TAB 2**

<b>V = 16,2 m<sup>3</sup></b>	<b>T<sub>o</sub> = 0,30 s</b>	<b>T<sub>1k</sub> = 0,27 s</b>	<b>T<sub>stř</sub> = 0,26 s</b>
stropní podhled	6,5 m <sup>2</sup> -	Rigips Casoprano Casobianca, 600×600×8 mm, případně 600×1 200×8 mm, d=100-200 mm,	
	3,5 m <sup>2</sup> -	Isover Piano tl. 50 mm akustická vložka z minerální vaty ve vzduchové mezeře podhledu umístěná podle obvodových stěn místnosti,	
obklad stěn	6,5 m <sup>2</sup> -	Ecophon Akusto Wall A Super G, 1 200×2 700×40 mm, d=43 mm nejvhodnější je umístění na stěnách naproti zdrojům zvuku a v jejich blízkosti,	
podlahová krytina	6,5 m <sup>2</sup> -	vinylové pásy po celé ploše podlahy,	

kde je - V [m<sup>3</sup>]- vnitřní objem místnosti,  
 - T<sub>o</sub> [s]- optimální doba dozvuku,  
 - T<sub>1k</sub> [s]- střední doba dozvuku pro střední kmitočet oktávového pásma 1 000 Hz,  
 - T<sub>stř</sub> [s]- střední doba dozvuku v pásmu se středními kmitočty 500-1 000 Hz,  
 - d [mm]- tloušťka vzduchové mezery (vzdálenost od stropu nebo stěny k pohledové straně akustického obkladu).

Vzhledem k nízké světlé výšce upravovaných místností byla použita menší tloušťka vzduchové mezery d=100 mm.

Ve výpočtu předpokládané skutečné doby dozvuku je zahrnut vliv zvukové pohltivosti obsazení osobami a dalšího interiérového vybavení místností.

Bude-li se skutečně instalované množství akustických materiálů lišit od navrhovaného o ± 10 %, nebude výsledný kmitočtový průběh doby dozvuku podstatně ovlivněn.

## 7. Popis akustických obkladů a konstrukcí

Akustické materiály, konstrukce a prvky musí splňovat všechny požadavky na akustickou funkci, bezpečnost a zdravotní nezávadnost stanovené platnými předpisy.

K akustické úpravě jednotlivých místností bude použit akustický obklad uvedeného typu a konstrukce:

### **Rigips Casoprano Casobianca - typový stropní panel pro kazetový podhled**

Akustický panel ze sádkartonu s viditelným jemně strukturovaným povrchem opatřeným akrylátovým matným nátěrem bílé barvy (RAL 9016/NCS 0500N).

Provedení hrany A pro viditelný nosný rošt.

Panely se montují na standardní nosný rošt z pozinkované oceli bílé matné barvy.

Panely jsou demontovatelné.

Tloušťka vzduchového polštáře 100-300 mm je závislá na nosném systému.

Hmotnost konstrukce je přibližně 6,5 kg/m<sup>2</sup>.

Panely se vyrábějí v rozměrech 600×600 mm a 600×1 200 mm, tloušťka panelu je 8 mm.

Ke zlepšení absorpce zvuku v nízkém frekvenčním rozsahu lze na horní stranu podhledu instalovat akustickou vložku ze skelných vláken Isover Piano tl. 50 mm.

Panely mohou být dodatečně přetřeny barvou, a to i vícekrát za dobu životnosti. Nejvhodnějším způsobem je přetření válečkem.

Do podhledu lze snadno dodatečně kotvit břemena, jako jsou např. světla, informační systémy apod. Dodatečné zatížení jednoho panelu je max. 1 kg.

### **Ecophon Akusto Wall / Super G - typový stěnový panel**

Akustický panel s vnitřním jádrem ze skelného vlákna vysoké hustoty využívající 3RD Technology. Stěnové panely se dodávají s různými povrchy. Viditelný povrch je ze sklovláknité tkaniny Texona nebo ze silné, nárazu odolné, sklovláknité tkaniny Super G v různých barvách, či s povrchovou úpravou Akutex FT (nanoporézní akrylátový povrch) v bílé barvě. Povrch Texona se dodává i v provedení gamma se sníženou zvukovou pohltivostí.

Zadní strana panelu je pokryta skelnou tkaninou, hrany jsou bez úpravy.

Nosný systém tvoří obvodové profily Ecophon Connect WP a Thinline a Connect dělicí profil.

Tloušťka vzduchového polštáře je 43 mm.

Panely s rovnou hranou A se vyrábějí v rozměru 2 700×1 200 mm.

Panely s hranou C (pero-drážka) se vyrábějí v rozměru 2 700×600 mm.

Tloušťka panelů je 40 mm.

Celková hmotnost konstrukce je zhruba 4, resp. 5 kg/m<sup>2</sup>.

Technické listy akustických obkladů z /lit. 8/ jsou uvedeny v obrazové příloze.

## **8. Závěrečné zhodnocení**

Návrh úprav prostorové akustiky malého nahrávacího studia se zvukovou režii vychází z doporučení platných českých státních norem ČSN 73 0525, /lit. 3/ a ČSN 73 0526, /lit. 4/, vztahujících se k upravovanému prostoru a způsobu jeho využití.

Z výsledků návrhu akustických úprav vyplývá, že předpokládané skutečné doby dozvuku v nahrávacím studiu 150 a v režijní místnost (předsíni 148) umístěných v 1.NP rekonstruovaného objektu mateřské školky, Vybíralova čp. 969, Praha 9, k.ú. Černý Most, odpovídají požadavkům ČSN 73 0526, /lit. 4/, a že navrhované akustické úpravy umožní v těchto místnostech zajistit akustické podmínky potřebné pro snímání, zpracování a kontrolu zvuku při tvorbě nahrávek amatérských hudebních skupin.

**Praha, říjen 2017**



**Ing. Martin Čech**

Na Míčánkách 6  
101 00 Praha 10-Vršovice

tel./fax: 272 730 640  
gsm: 602 218 696  
e-mail: marcech@tiscali.cz