



Název akce: "VŠE - REKONSTRUKCE TERMINÁLOVÝCH
UČEBEN A INFRASTRUKTURY STARÉ
BUDOVY"

**VYSOKÁ ŠKOLA EKONOMICKÁ V PRAZE,
W.CHURCHILLA 1938/4, 130 67 PRAHA 3**

Název části: Řešení prostorové akustiky učeben a dalších prostor

Stupeň: prováděcí projekt

Část: D.1.4.7 akustika

Datum: září 2014

Projektant akustického řešení: Ing. Karel Motl

Vedoucí projektant části: Ing. Arch. Jan Havlíček
Lucemburská 26
Praha 3 130 00

Obsah:

1) Úvod	2
2) Podklady.....	2
3) Požadavky na dobu dozvuku.....	2
4) Akustické materiály a jejich rozmístění.....	3
5) Výpočet doby dozvuku	4
6) Specifikace akustických materiálů.....	4
7) Učebny s mobilní příčkou	5
8) Výměry obkladů.....	6
9) Závěr	7
Přílohy: Vypočtené doby dozvuku ve vybraných místnostech	8

1) Úvod

Tento dokument navazuje na dokumentaci z prosince 2013, která řešila prostorovou akustiku učeben a kanceláří staré budovy VŠE v úrovni DSP. Vychází z aktuálních podkladů (k 29. 8. 2014) a předchozí stupeň dále upřesňuje.

Dané místnosti jsou hodnoceny z hlediska optimalizace šíření zvuku uvnitř těchto prostor. Nejsou hodnoceny prostory chodeb, u kterých lze však doporučit akustický pohled také, zejména pokud se jedná o prostor před učebnami.

2) Podklady

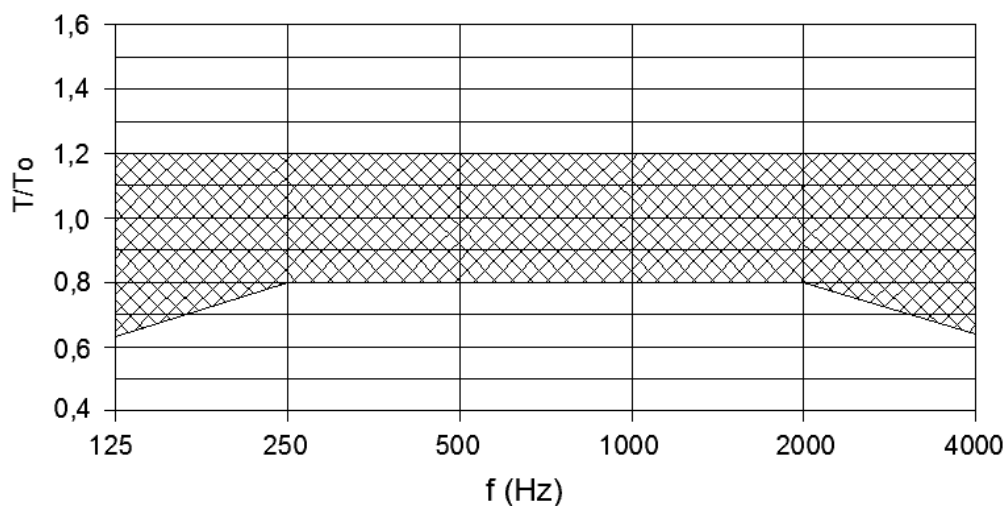
- [1] Výkresová dokumentace, datum vydání srpen 2014
- [2] Nařízení vlády o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací č. 148/2006 Sb., ze dne 15. 3. 2006.
- [3] ČSN 73 0525 Akustika - Projektování v oboru prostorové akustiky – Všeobecné zásady.
- [4] ČSN 73 0527 Akustika - Projektování v oboru prostorové akustiky – Prostory pro kulturní účely - Prostory ve školách - Prostory pro veřejné účely.

3) Požadavky na dobu dozvuku

Optimální doba dozvuku T_0 v uvedených prostorách je dána jejich objemem a způsobem využití. Obecně dobu dozvuku stanovují normy a doporučení – u nás je to zejména ČSN 73 0527, která řeší prostory v objektech pro kulturní, školské a veřejné účely.

Doporučená hodnota dle této ČSN pro prostory daného objemu zaměřené na řečový signál je v rámci tohoto projektu 0,65 sekundy pro velké učebny a 0,55 s pro učebny malé.

Frekvenční průběh doby dozvuku vztažené k hodnotě T_0 by měl probíhat uvnitř tolerančního pásma pro přednes řeči dle ČSN 730525 – viz obrázek 1.



Obrázek - Přípustné rozmezí poměru dob dozvuku T/T_0 obsazeného prostoru určeného k přednesu řeči v závislosti na středním kmitočtu oktávového pásma

Obr. 1: Toleranční pole pro přednes řeči dle ČSN 730525.

4) Akustické materiály a jejich rozmístění

Dle výše uvedeného obrázku s tolerančním polem je zapotřebí zajistit vyrovnanou dobu dozvuku v celém frekvenčním spektru od 125 Hz. Z toho důvodu není možné použít pouze jeden druh akustického obkladu, ale je zapotřebí kombinovat absorpční prvky s různými kmitočtovými průběhy absorpce a zaměřit se zejména na kmitočty nízké, kde je obtížnější stanovené doby dozvuku dosáhnout.

Dle zadání interiéru je ve výpočtech použit rastrový podhled s modulem 600 x 600 mm a používá kombinaci standardní pohltivosti (akustický podhled AP1) s redukovanou absorpcí středních a vysokých kmitočtů (akustický podhled AP2). Dle typu podhledových desek (na bázi křemenného písku, minerálních či skelných vláken) je potřeba respektovat a upravit potřebný poměr standardních širokopásmových prvků a prvků s redukovanou absorpcí. Výkaz výměr počítá s variantou první. Prokombinování obou typů se počítá v rámci rastrů v pásech, a to směrem od kateder (směrem k zadním stěnám by pak již byly pouze prvky AP1).

Na zadních stěnách velkých učeben je počítáno s akustickými stěnovými obklady, kdy je opět kombinovaná dvojí charakteristika akustické absorpce (stěnový obklad SO1 a SO2, prostřídání v horizontálních pásech od podlahy). Kromě akustických vlastností je vhodné brát v úvahu také požadovanou mechanickou odolnost z důvodu snadné dosažitelnosti.

Konkrétní specifikace akustických obkladů včetně požadovaných koeficientů absorpce jsou uvedeny v kapitole 6.

5) Výpočet doby dozvuku

Pro výpočet doby dozvuku byl použit Eyringův vztah:

$$T_E = \frac{0,163 \cdot V}{-S \cdot \ln(1 - \alpha_s) + 4mV} \text{ (s)}$$

kde V ... objem místnosti (m^3)

S ... celková plocha ohraničujících stěn místnosti (m^2)

α_s ... střední činitel zvukové pohltivosti (-) - viz též dále

m ... činitel pohltivosti zvuku ve vzduchu (m^{-1})

$$\alpha_s = \frac{\sum S_i \cdot \alpha_i}{S} \text{ (-)}$$

kde S_i ... dílčí pohltivá plocha (m^2)

α_i ... činitel zvukové pohltivosti dílčí plochy (-).

Výpočet doby dozvuku byl proveden dle ČSN 73 0527 v oktávových pásmech se středními kmitočty 125 Hz až 4 kHz. Cílové doby dozvuku T_0 byly voleny v souladu s požadavky v kap. 3.

Vypočítané doby dozvuku T za vybrané místnosti jsou uvedeny v příloze, kde je graficky znázorněn frekvenční průběh těchto dob dozvuku v porovnání s tolerančním polem dle ČSN 73 0525. Činitele zvukové pohltivosti α byly stanoveny na základě odborné literatury, firemních údajů a provedených měření stejných nebo podobných akustických materiálů a prvků.

6) Specifikace akustických materiálů

Na základě výpočtů doby dozvuku byly stanoveny tyto typy akustických obkladů a podhledů:

API- akustický podhled standardní

Akustický absorpční podhled se standardní pohltivostí. Použit je ve všech projektovaných prostorách. Rastr přiznaný 600 x 600 mm.

Koeficienty absorpce:

Kmitočet	125	250	500	1k	2k	4k
Podhled standardní	0,51	0,73	0,63	0,71	0,66	0,6

AP2 - akustický podhled nízkofrekvenční

Akustický absorpční podhled s pohltivostí na nízkých kmitočtech. Použit je ve všech velkých učebnách a zajišťuje redukci doby dozvuku na nízkých frekvencích (to není nutné řešit na

chodbách a v kancelářích). Rastr přiznaný 600 x 600 mm. Doplnuje AP1 pro kmitočtovou vyrovnanost doby dozvuku.

Koeficienty absorpce:

Kmitočet	125	250	500	1k	2k	4k
Podhled nf	0,35	0,16	0,12	0,12	0,16	0,28

SO1 - Stěnový akustický obklad na bázi tvrdých porézních materiálů

Obklad stěn na bázi křemičitého písku pojeného epoxidovou kompozicí s vysokou mechanickou odolností o formátu od 300 x 300 až do 600 x 1200 mm (bude specifikováno projektem interiéru). Umístění ve všech velkých učebnách.

Koeficienty absorpce:

Kmitočet	125	250	500	1k	2k	4k
Stěnový obklad 1	0,3	0,68	0,92	0,8	0,7	0,9

SO2 - Stěnový akustický obklad na bázi tvrdých porézních materiálů nízkofrekvenční

Obdoba předešlého obkladu s modifikací rubové strany (modifikována pro optimalizaci naladění kmitočtového průběhu činitele zvukové pohltivosti). Umístění ve všech velkých učebnách.

Koeficienty absorpce:

Kmitočet	125	250	500	1k	2k	4k
Stěnový obklad 2	0,53	0,55	0,4	0,57	0,8	0,66

Poznámka:

Jako vzorový materiál byl použit typ s celkovou nižší hodnotou akustické absorpce, aby nedošlo k přetlumení řešených místností. V případě alternativních typů je nutné upravit poměr AP1/2 výrazněji ve prospěch AP2, tj. s redukovanou absorpcí.

7) Učebny s mobilní příčkou

Učebny č. 107 a 108 v 1. patře a učebny 206 a 207 ve 2. patře lze spojit do jedné složením mobilní stěny, která je rozděluje. Jelikož na takovou stěnu nelze instalovat akustické obklady (musela by být vícevrstvá, což komplikuje konstrukci, manipulaci a zvyšuje cenu), lze doporučit otočit orientaci jedné z učeben tak, aby mobilní stěna byla ve výchozím stavu vždy stěnou čelní. Druhou možností je instalace obkladů určených na zadní stěnu na stěnu boční (proti oknům). Obě varianty byly prověřeny výpočty potvrzujícími jejich funkčnost z hlediska výsledné doby dozvuku.

Na samotné dělicí příčky je kladen požadavek na minimální akustickou neprůzvučnost 47 dB (učebna-učebna).

8) Výměry obkladů

Typ učebny: malá - m. č. 106, 110, 111, 205, 209, 305A			
Materiál	m²	Počet místností	Celkem
AP1	32,5	6	144
Typ učebny: velká - m. č. 103, 104, 105, 107, 108, 109, 202, 203, 204, 205, 207, 208, 302, 303, 305, 306, 307, 308			
Materiál	m²	Počet místností	Celkem
AP1	39	18	702
AP2	27	18	486
SO1	4,5	18	81
SO2	4,5	18	81
Typ místnosti: kanceláře - m. č. S.103, S.203. S.303			
Materiál	m²	Počet místností	Celkem
AP1	13,5	3	40,5
Typ místnosti: kancelář č. 210 (místnost s rozměry malé učebny)			
Materiál	m²	Počet místností	Celkem
AP1	32	1	32
Typ místnosti: recepce - m. č. S.102, S.202 a S.302			
Materiál	m²	Počet místností	Celkem m²
AP1	12	3	36
Typ učebny: počítačová učebna - m.č. 011			
Materiál	m²	Počet místností	Celkem
AP1	43	1	43
AP2	43	1	43
SO1	6	1	6
SO2	6	1	6
Typ místnosti: chodby - m. č. S.101, S.201 a S.301			
Materiál	m²	Počet místností	Celkem m²
AP1	50	3	150

Dále viz výkaz výměr se specifikacemi.

Poznámka: doba dozvuku na chodbách a v recepcích není standardně dle normy řešena, základní akustická úprava je zde však žádoucí z hlediska využití těchto prostor. Proto jsou zde výměry uvedeny.

9) Závěr

Navržené akustické úpravy povedou k optimalizaci celkové doby dozvuku dle normy ČSN 73 0527 pro prostory zaměřené na mluvené slovo.

Jsou použity akustické prvky na stropě i na stěnách, aby byla zajištěna co nejrovnoměrnější absorpce zvuku v daných prostorách s ohledem na dobrou srozumitelnost. Kombinovány jsou různé typy materiálů (nebo jejich modifikace) pro dosažení vyrovnané doby dozvuku. Vzhledem k podobnosti místností je výkaz dělen v kategoriích odpovídajících kubatuře a využití řešených prostor.

Pro další optimalizaci řešení prostorové akustiky, např. rozmístění jednotlivých typů prvků v podhledu je doporučeno provést vstupní akustická měření.

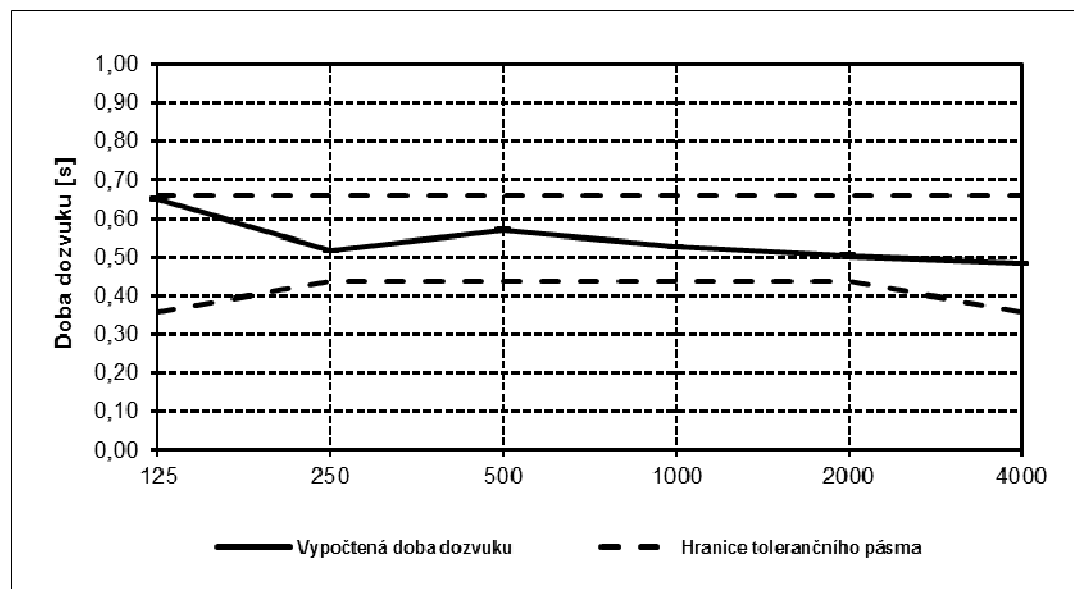
Příložený výkaz výměr obsahuje i prostory, které z hlediska norem nejsou hodnoceny (chodby, recepce), lze však zde doporučit akustický podhled (zejména pokud se jedná o prostory před učebnami).

Obdobně je doporučeno zvážit akustický podhled v prostorách technického zázemí (server) - zatlumení stropu či stěn může být z hlediska hluku od vybavení žádoucí, tyto prostory však tento projekt neřeší.

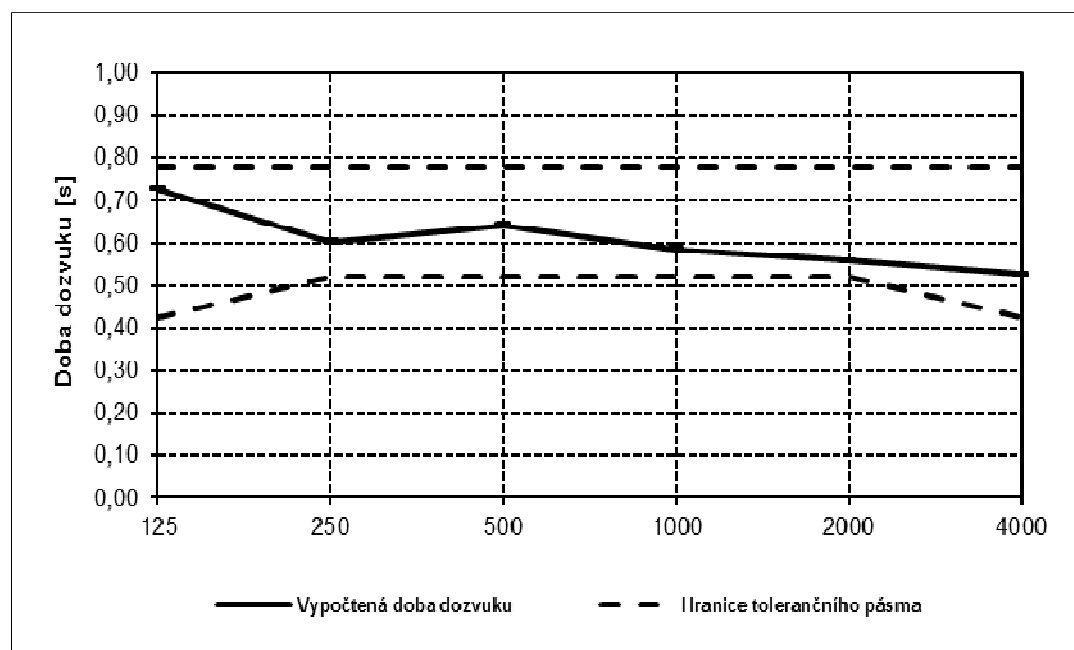
Přílohy: Vypočtené doby dozvuku ve vybraných místnostech (závislost doby dozvuku [s] na kmitočtu [Hz]).

Stav k září 2014

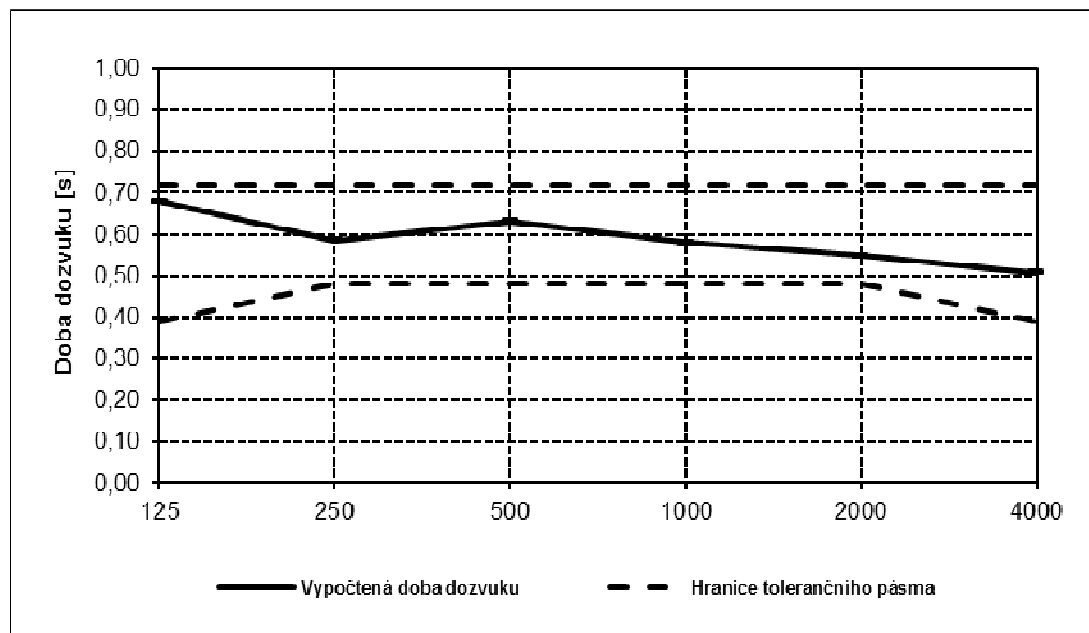
Malá učebna:



Velká učebna:



Počítačová učebna:



Spojené učebny:

