



Zakázka číslo: **2016-002990-VacL/02**

**Akustická studie**

**Nástavba a přístavba budovy 2.stupně  
základní školy**

**Pražská ulice**

**Velké Přílepy**

**Zpracováno v období:**

**únor 2016**

## 1. VŠEOBECNĚ

- 1.1. Předmět:** Nástavba a přístavba budovy 2.stupně základní školy, Pražská ulice, Velké Přílepy
- 1.2. Úkol:** Typové řešení prostorové akustiky pro učebny ve 3.NP
- 1.3. Zadavatel:** **OAMDG s.r.o.**  
Střešovická 429/20  
162 00 Praha 6  
IČO: 24256021  
kontaktní osoba: Ing. Libor Přeček  
tel: +420 605 717 883  
email: libor@precek.eu
- 1.4. Zpracovatel:** **DEKPROJEKT s.r.o.**  
Tiskařská 10/257 IČO: 27 64 24 11  
budova TTC TECHKOM DIČ: CZ 27 64 24 11  
CENTRUM  
108 00 Praha 10 bankovní spojení:  
tel.: 234 054 284-5 KB Praha 9  
fax: 234 054 291 35-7899980247/0100
- 1.5. Vypracoval:** Ing. Lenka Vacková
- 1.6. Kontroloval:** Ing. Jan Pešta
- 1.7. Zpracováno v období:** únor 2016

## 2. PODKLADY

- [1] Část projektové dokumentace dodaná objednatelem
- [2] Stavební fyzika 1 – Urbanistická, stavební a prostorová akustika – Prof. Ing. Jiří Vaverka DrSc., Ing. Václav Kozel, Ing. Libor Ládyš, RNDr. Miloš Liberko, Doc., Ing. Josef Chybík CSc. - Vysoké učení technické v Brně – Nakladatelství VUTIUM 1998
- [3] Stavební fyzika 10 – Akustika stavebních konstrukcí – Doc. Ing. Jiří Čechura CSc. - České vysoké učení technické v Praze – Vydavatelství ČVUT 1999
- [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] ČSN EN 12354-6 (73 0512) Stavební akustika – Výpočet akustických vlastností budov z vlastností stavebních prvků – Část 6: Zvuková pohltivost v uzavřených prostorech

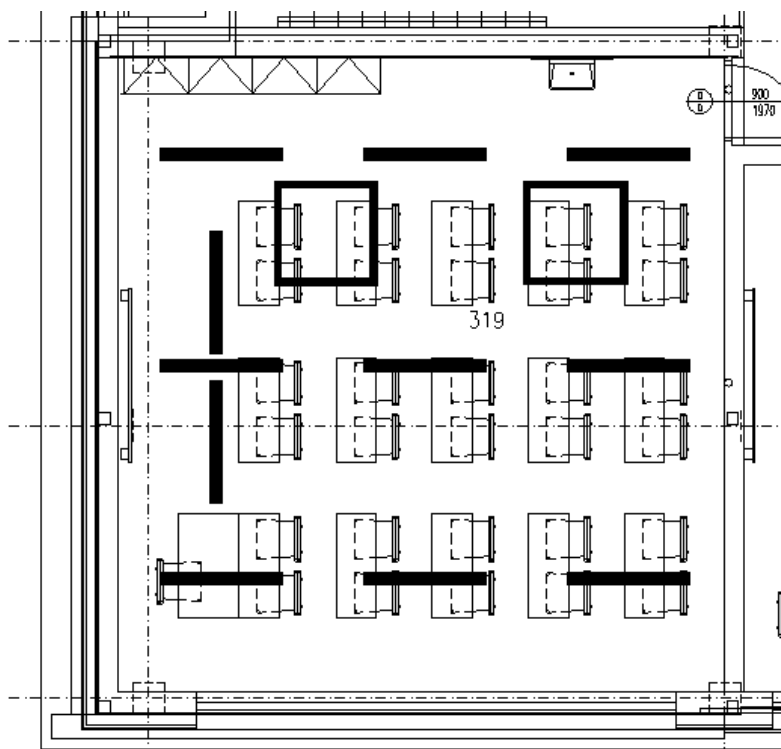
Pozn.: Všechny uvedené předpisy jsou v aktuálním znění (včetně změn platných ke dni zpracování posudku).

### 3. SITUACE

Předmětem studie jsou úpravy učeben v nástavbě 3.NP 2.stupně základní školy ve Velkých Přílepech parcela č. st. 217.

Ve 3.NP je umístěno celkem 5 učeben - místností 304, 312, 315, 319, 320. Dvě dvojice učeben 315 a 319, 312 a 320 jsou rozměrově i dispozičně shodné. Učebna 304 je objemově největší cca 200 m<sup>3</sup>, tvarem odpovídá ostatním učebnám o objemu 180 m<sup>3</sup> a 145 m<sup>3</sup>. Pro všechny učebny platí, že okenní výplně se nachází na jedné boční stěně místnosti, stěny jsou omítnuté, strop je sádkartonový a nášlapnou vrstvu podlahy tvoří marmoleum.

Navrženy byly akustické úpravy v učebně 319 s ohledem na dodržení požadavků platné české legislativy, obdobné řešení lze použít i pro ostatní učebny.



Obr./1/ Půdorys učebny 319

#### 3.1. Požadavky

Ve školních učebnách, denních místnostech jeslí a mateřských škol a dále staveb pro kulturní, školské a veřejné účely, musejí být dodrženy hodnoty optimální doby dozvuku podle příslušné české technické normy.

Požadavky na parametry učeben z hlediska prostorové akustiky stanovuje norma ČSN 73 0527 (73 0527) Akustika – Projektování v oboru prostorové akustiky – Prostory pro kulturní účely – Prostory ve školách – Prostory pro veřejné účely a ČSN 73 0525 (73 0525) – Akustika – Projektování v oboru prostorové akustiky – Všeobecné zásady:

Obecná doporučení pro volbu vhodného tvaru prostoru vzhledem k akustické kvalitě interiéru jsou uvedeny v normě ČSN 73 0525.

Optimální doba dozvuku  $T_0$  obsazeného prostoru daného účelu se stanoví pro objem prostoru k němuž se dospěje na základě počtu osob a doporučeného objemu připadajícího na jednu osobu. Číselně vyjádřené hodnoty optimální doby dozvuku v sekundách se vztahují ke kmitočtu 1000 Hz.

Hodnota optimální doby dozvuku pro posuzovaný prostor je uvedena v následující tabulce:

Prostor	Optimální doba dozvuku $T_0$ [s]
Učebna a posluchárna	0,70

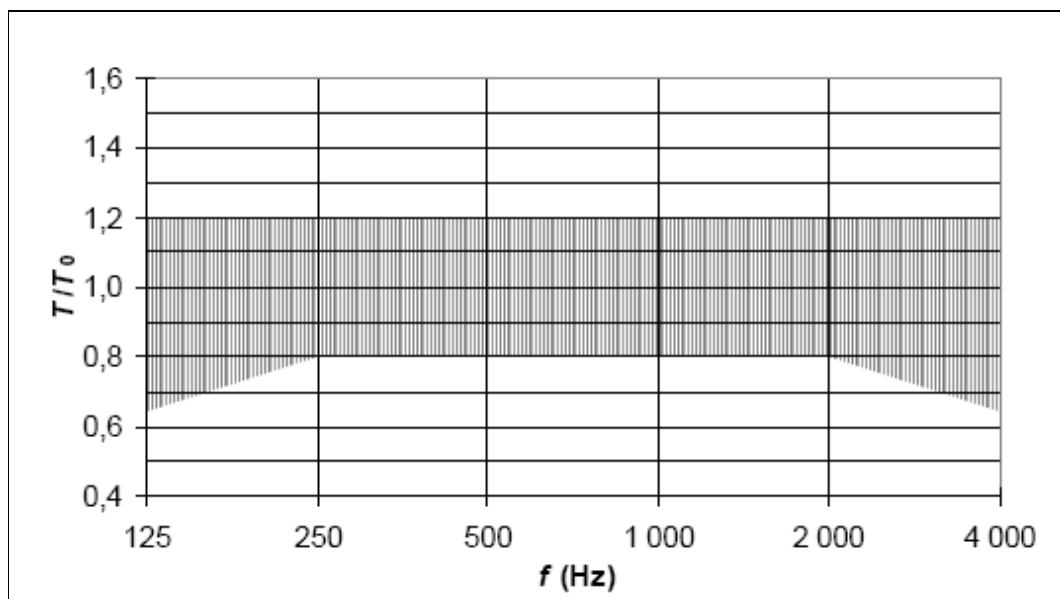
Tab. /1/ Optimální doba dozvuku

Posuzované prostory se hodnotí v obsazeném stavu.

Doba dozvuku se vypočítá podle ČSN 73 0525 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 prověřuje pomocí kmitočtové závislosti přípustného rozmezí. Hodnoty přípustného rozmezí pro jednotlivá oktávová pásma jsou uvedeny v následující tabulce.

Určení	Meze	Střední kmitočet oktávového pásma $f$ [Hz]					
		125	250	500	1000	2000	4000
Řeč	Horní	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
	Dolní	0,65	0,8	0,8	0,8	0,8	0,65

Tab. /2/ Rozmezí  $T/T_0$  v prostorech určených k přednesu řeči



Obr./2/ Přípustné rozmezí poměru dob dozvuku  $T/T_0$  obsazeného prostoru určeného k přednesu řeči v závislosti na středním kmitočtu oktávového pásma

### 3.2. Výpočet

Pro objektivní hodnocení prostorové akustiky místností byl vytvořen výpočtový model, kterým byla určena hodnota doby dozvuku. Tato hodnota je pouze orientační a slouží jako pomůcka pro návrh akustických úprav prostoru. Tento postup nenahrazuje měření doby dozvuku in situ.

V následující tabulce jsou uvedeny činitele pohltivosti jednotlivých pohledových materiálů. Hodnoty činitelů pohltivosti pro jednotlivé materiály byly převzaty z [2 a 6]. Pro materiály, pro něž nebyly činitele pohltivosti k dispozici, jsou tyto hodnoty stanoveny odborným odhadem.

Pohledový materiál	Střední kmitočet $f$ (Hz) oktávového pásma					
	125	250	500	1000	2000	4000
Sklo	0,02	0,06	0,03	0,03	0,02	0,02
Marmoleum	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,05
Dveře (dřevěné)	0,14	0,10	0,08	0,08	0,08	0,08
Omítka	0,02	0,03	0,04	0,05	0,03	0,03

Tab. /3/ Činitele pohltivosti pohledových materiálů v oktávových pásmech

### 3.3. Výpočtový model

K hodnocení prostorové akustiky místnosti je použit výpočet dle ČSN EN 12354-6 – Stavební akustika – Výpočet akustických vlastností budov z vlastností stavebních prvků – Část 6: Zvuková pohltivost v uzavřených prostorech dle přílohy D – Výpočty pro nepravidelné prostory a prostory s nepravidelným rozložením pohltivosti.

Výpočet dle ČSN EN 12354-6 [6], zohledňuje velikosti ploch, pohltivost povrchu a rozmístění materiálů v prostoru.

Hodnoty činitele útlumu ve vzduchu byly uvažovány následující:

Kmitočet $f$ [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000
Činitel útlumu ve vzduchu [np/m]	0,0001	0,0003	0,0006	0,0010	0,0019	0,0058

Tab. /4/ Činitel útlumu ve vzduchu

Doba dozvuku v učebnách se dle ČSN 73 0527 hodnotí v obsazeném stavu. Činitele zvukové pohltivosti pro osoby v učebně byly uvažovány dle ČSN EN 12354-6. Uvažované hodnoty jsou uvedeny v následující tabulce.

Osoba	Použití	Činitel zvukové pohltivosti $\alpha_s$ v oktávních pásmech [Hz]					
		125	250	500	1000	2000	4000
Děti ve třídě s odrazivým vybavením	Učebna	0,10	0,20	0,25	0,35	0,40	0,40

Tab. /5/ Parametry pohltivosti

### 3.4. Návrh opatření

#### 3.4.1. Obecně

Pro učebnu ZŠ bude proveden návrh opatření ke zlepšení doby dozvuku. Snížení doby dozvuku lze obecně dosáhnout zvětšením celkové pohltivosti prostoru, tj. opatřením prostoru pohltivými materiály. Výpočet doby dozvuku podle uvedené metodiky zohledňuje pouze velikost ploch materiálů a jejich teoretické vlastnosti. Do výpočtu nelze přesně zahrnout tvar prostoru ani řešení všech 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 tedy mohou od hodnot reálně naměřených mírně lišit.

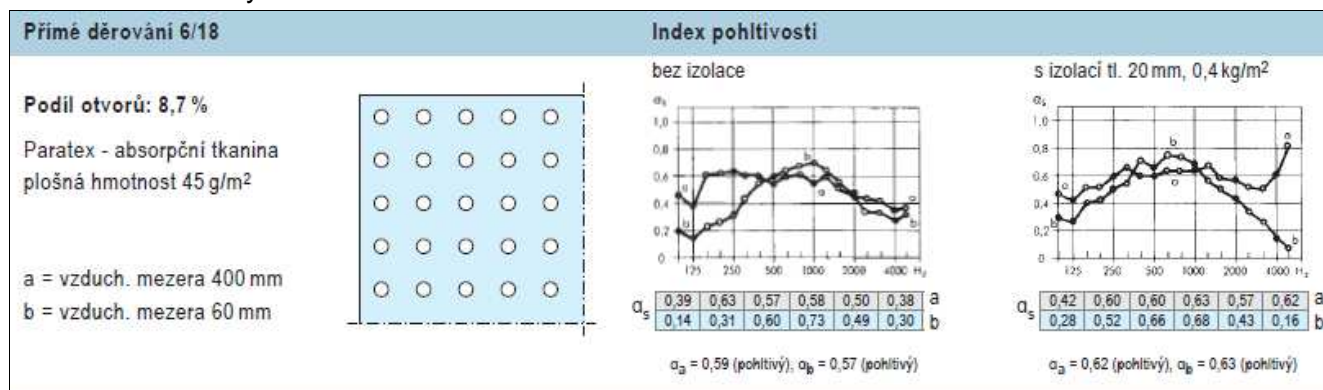
Splnění současných požadavků na dobu dozvuku ve všech oktávních pásmech může být v některých prostorech obtížné. Pro optimalizaci doby dozvuku ve všech hodnocených oktávních pásmech je vhodné realizovat akustická opatření postupně a průběžně sledovat jejich účinnost.

#### 3.4.2. Materiál

Pro místnosti ve školách, ve kterých je kladen požadavek na dobu dozvuku v širokém rozsahu oktávních pásem, je vhodné použít širokopásmový pohlcovač s plochou křivkou pohltivosti (činitele pohltivosti jsou ve všech pásmech přibližně shodné).

Do učeben je navržen děrovaný SDK podhled s děrováním 6/18 s váženým činitelem zvukové pohltivosti  $\alpha = 0,57$  (pro variantu bez minerální výplně)  $\alpha = 0,63$  (s minerální výplní 20 mm) se vzduchovou mezerou 60 mm. Děrovaný SDK podhled je navržen v celé ploše stropní konstrukce dané místnosti, výpočtově uvažováno 90% plochy stropu, 10% připadá na světlíky, svítidla apod.

Minerální vata tl. 20 mm nad podhledem je vložena na 1/2 plochy podhledu v zadní části místnosti směrem od katedry.



Obr./2/ Parametry děrovaného podhledu, zdroj: [www.knauf.cz](http://www.knauf.cz)

V závislosti na vybavení učebny doporučujeme na zadní stěně místnosti naproti tabuli instalovat pohltivý obklad. Je možné použít shodný materiál, tj. děrovaný sádkokarton 6/18 s hloubkou odsazení 60 mm s vloženou minerální vatou 20 mm. Umístění obkladu je předpokládáno od výšky cca 1,8 m nad podlahou po úroveň podhledu v učebně tzn. na šířku desky 1,2 m. Umístění obkladu na zadní stěně místnosti naproti katedře je zřejmé z následujícího obrázku.

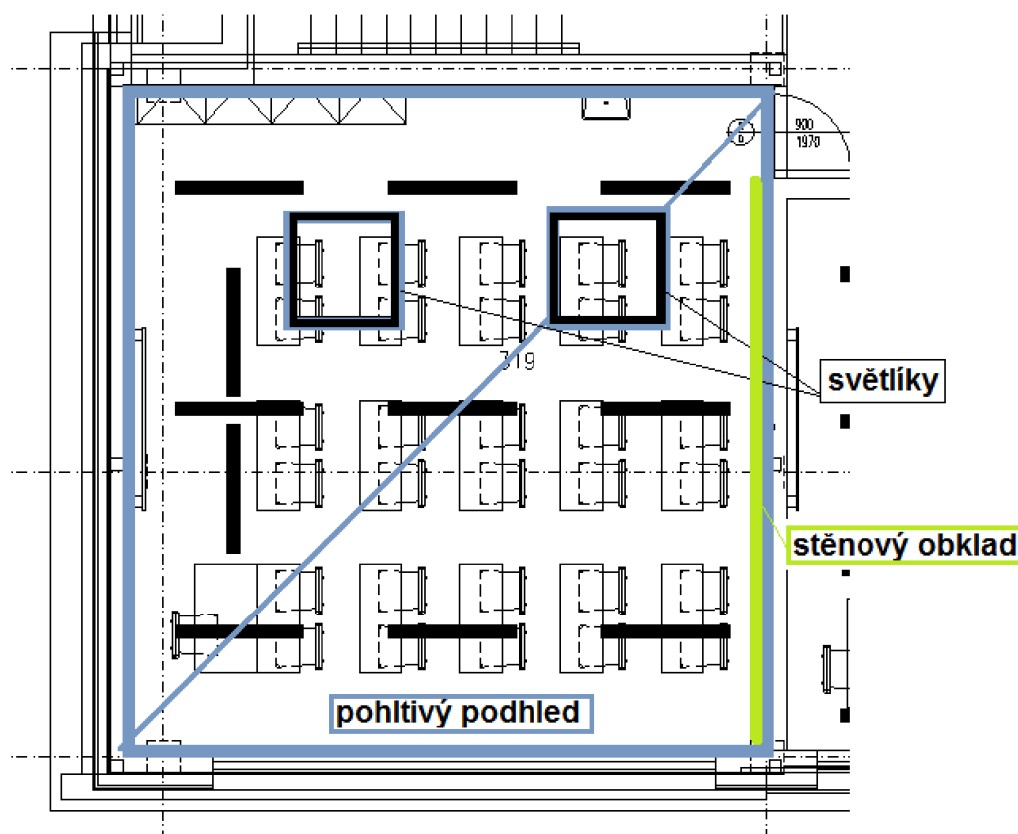
Uvažované akustické parametry navrhovaného materiálu jsou uvedeny v následující tabulce.

Výrobek	Střední kmitočet $f$ (Hz) oktávového pásma					
	125	250	500	1000	2000	4000
SDK podhled s děrováním 6/18 svěšení 60 mm, s minerální vatou 20 mm	0,28	0,52	0,66	0,68	0,43	0,16
SDK podhled s děrováním 6/18 svěšení 60 mm	0,14	0,31	0,60	0,73	0,49	0,30

Tab. /6/ Činitele pohltivosti výrobku

Návrh byl proveden pro referenční výrobek Knauf 6/18. K realizaci lze použít i jiný materiál s obdobnými parametry pohltivosti.

Při realizaci akustických obkladů je nutné postupovat dle technologických předpisů výrobce.



Obr./3/ Pohltivé úpravy učebny 319

### 3.5. Posouzení návrhu

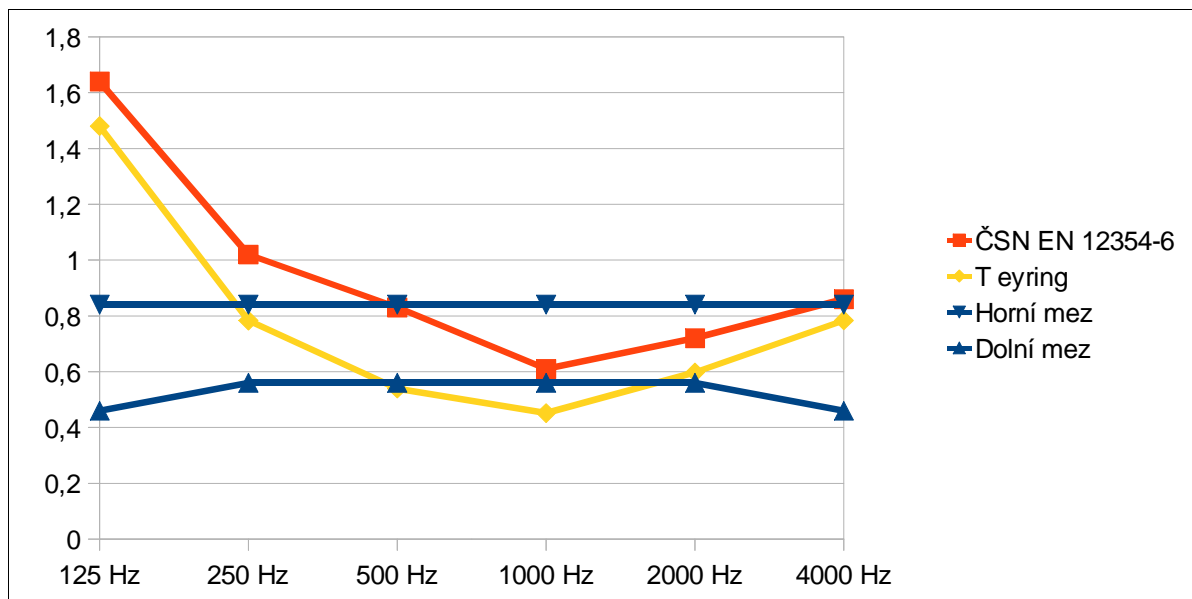
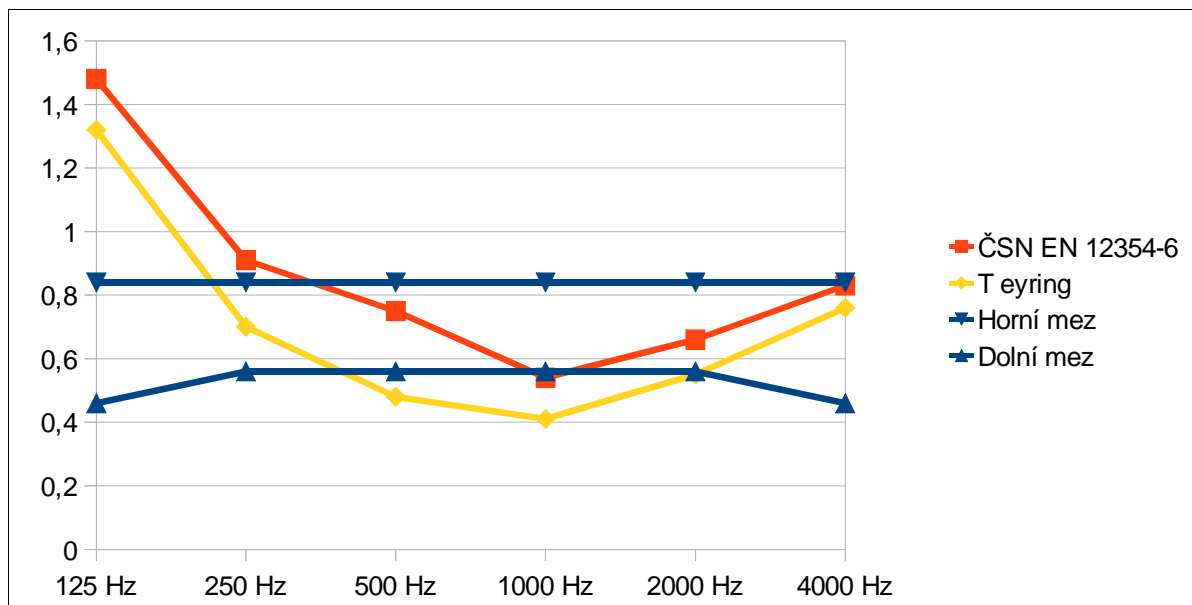
V následujících tabulkách je proveden výpočet pro navržený stav místností pro dvě varianty:

- I. pohltivý podhled
- II. pohltivý podhled + stěnový obklad na části zadní stěny místnosti

#### - Učebna 319

V následující tabulce je výpočtově posouzena doba dozvuku dle ČSN 73 0527. Výpočet je proveden pro plnou obsazenost učebny tj. 31 osob.

Parametr			Jedn.	Střední kmitočet f [Hz] oktávového pásma					
				125	250	500	1000	2000	4000
Doba dozvuku v oktávových pásmech	obklad strop	ČSN EN 12354-6	s	1,70	1,04	0,84	0,61	0,73	0,88
		Eyring	s	1,54	0,79	0,54	0,45	0,60	0,79
	obklad strop + stěna	ČSN EN 12354-6	s	1,48	0,91	0,75	0,54	0,66	0,83
		Eyring	s	1,32	0,70	0,48	0,41	0,55	0,76
Požadované rozmezí hodnot doby dozvuku		Horní mez	s	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84
		Dolní mez	s	0,46	0,56	0,56	0,56	0,56	0,46

**Tab. /7/ Posouzení doby dozvuku**

**Obr.1/1 Grafické znázornění výsledků - obklad stropu**

**Obr.1/2 Grafické znázornění výsledků - obklad stropu + stěny**

Z porovnání je zřejmé, že vypočtené hodnoty doby dozvuku dle ČSN EN 12354-6 jsou v požadovaném rozmezí na středních a vyšších kmitočtech, na nízkých kmitočtech jsou hodnoty vyšší než horní hranice požadovaného rozmezí. Výpočtová metoda dle ČSN EN 12354-6 poskytuje pro nízké kmitočty hodnoty často nadhodnocené oproti výsledkům měření, důvodem je rovnoměrněji

rozložená pohltivost v prostoru, pro kterou tato metoda nebyla vyvinuta viz [6].

Vypočtené hodnoty metodou dle Eyringa jsou ve většině kmitočtových pásmech v požadovaném rozmezí nebo mírně pod spodní hranicí požadavku.

Vyšší účinnosti obkladu na nízkých kmitočtech lze obecně dosáhnout větší výškou svěšení podhledu od stropní konstrukce.

### 3.6. Vyhodnocení

Navržené úpravy v učebnách doporučujeme provádět postupně. V první fázi realizovat pohltivý podhled a na základě vyhodnocení reálné situace měřením po vybavení místnosti přistoupit k doladění prostoru vhodným typem stěnového obkladu na zadní stěně místnosti.

Skutečná doba dozvuku prostoru může být ovlivněna tzv. třepotavou ozvěnou („flutter echo“). Tento jev je způsoben násobným odrazem zvuku mezi rovnoběžnými odrazivými povrchy (akusticky neobloženými stěnami) v prostoru. Tento jev je omezen, pokud je prostor vybaven dostatečným množstvím nábytku. V případě, kdy není plánováno vybavení prostoru nábytkem, je možné případnou třepotavou ozvěnu omezit instalací pohltivých stěnových obkladů. Případné měření doby dozvuku doporučujeme provádět až po vybavení prostoru nábytkem.

Před instalací pohltivých obkladů je nutné ověřit vhodnost navržených obkladů z hlediska mechanické odolnosti, s ohledem na tepelnětechnické vlastnosti upravovaných konstrukcí a případně dalších hledisek. Návrhy vycházejí 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 počítat s jistou rozpočtovou rezervou na realizaci akustických opatření ve výši cca 15 %.

## 4. ZÁVĚR

Ve studii bylo navrženo typové řešení prostorové akustiky v učebnách v nástavbě 3.NP ZŠ ve Velkých Přílepech na parcele č. st. 217.

Na základě využití a řešení místnosti byl proveden návrh opatření pro zlepšení prostorové akustiky učebny 319 pro splnění požadavků na dobu dozvuku dle ČSN 730527. Navrženo bylo řešení s děrovaným SDK podhledem v ploše stropu, které je vhodné doplnit o pohltivý obklad části zadní stěny proti tabuli. Plochu a materiálové řešení stěnového obkladu doporučujeme řešit až po změření reálné situace po vybavení místnosti.

V Praze dne 23.2.2016

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

Ing. Lenka Vacková  
lenka.vackova@dek-cz.com