

TECHNICKÁ ZPRÁVA - AKUSTIKA

Úprava prostorové akustiky vybraných učeben v ZŠ Loděnice

Veřejná zakázka: Stavební úpravy a nástavba ZŠ v obci Loděnice

Stupeň: Projekt pro ÚR a Stavební povolení

Objekt: ZŠ Loděnice, Obec Loděnice

Objednatel: Ing. Miloš Bittmann, Zahořanská 868, 266 01 BEROUN

Zpracoval: Ing. Michael Plachý – akustika interiérů, Esprit s.r.o.
tel.: 737 258 427, e-mail: plachy@esprit-pha.cz
www.esprit-pha.cz

Obsah: 11 stran

Datum: 4. 5. 2016

ZADÁNÍ

Účelem akustických opatření je úprava prostorové akustiky 5 učeben ve 2.NP a 3.NP, ve stavebně upravované části objektu.

UŽITÉ PLATNÉ STANDARDY

- [1] ČSN 73 0525 *Akustika – Projektování v oboru prostorové akustiky – Všeobecné zásady.* Únor 1998.
- [2] ČSN 73 0527 *Akustika – Projektování v oboru prostorové akustiky – Prostory pro kulturní účely – Prostory ve školách – Prostory pro veřejné účely.* Březen 2005.
- [3] ČSN EN ISO 11654 *Akustika – Absorbéry zvuku používané v budovách – Hodnocení zvukové pohltivosti.* Prosinec 1998.
- [4] ČSN EN ISO 3382-2 *Akustika – Měření parametrů prostorové akustiky – Část 2: Doba dozvuku v běžných prostorech.* Únor 2009.
- [5] Vyhláška č. 343/2009 Sb., o hygienických požadavcích na prostory. Účinnost od 10.10.2009.
- [6] Nařízení vlády 272/2011 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací. Účinnost od 1.11.2011.
- [7] ČSN 73 0532 *Akustika – Ochrana proti hluku v budovách a posuzování akustických vlastností stavebních výrobků – Požadavky.* Únor 2010
- [8] Vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby, ze dne 26.8.2009.

Z hlediska projektování prostorové akustiky parametry školských učeben stanovují české národní normy [1], ČSN 73 0525 a [2], ČSN 73 0527. Základním parametrem prostorové akustiky je doba dozvuku, tedy doba, za kterou prostor po zvukovém impulzu zcela dozní. Optimální hodnoty doby dozvuku, její meze a posuzovaný kmitočtový rozsah, stanovuje norma [2] ČSN 73 0527.

Provedení modelových výpočtů doby dozvuku předepisuje norma [1] ČSN 73 0525. Realizační postupy úprav prostorové akustiky jsou popsány v obou normách pro projektování prostorové akustiky, [1] a [2].

Uvedené normy jsou ve školství závazné na základě Vyhlášky č.343/2009 Sb., [5].

Stavebně-technické požadavky jsou určeny Vyhláškou č.268/2009 Sb., [8].

NORMOVÉ HODNOTY DOBY DOZVUKU

Požadavky na objem a dobu dozvuku, podle typu školské učebny:

Výtah z tabulky 2 (ČSN 73 0527) - Požadavky na prostory ve školách

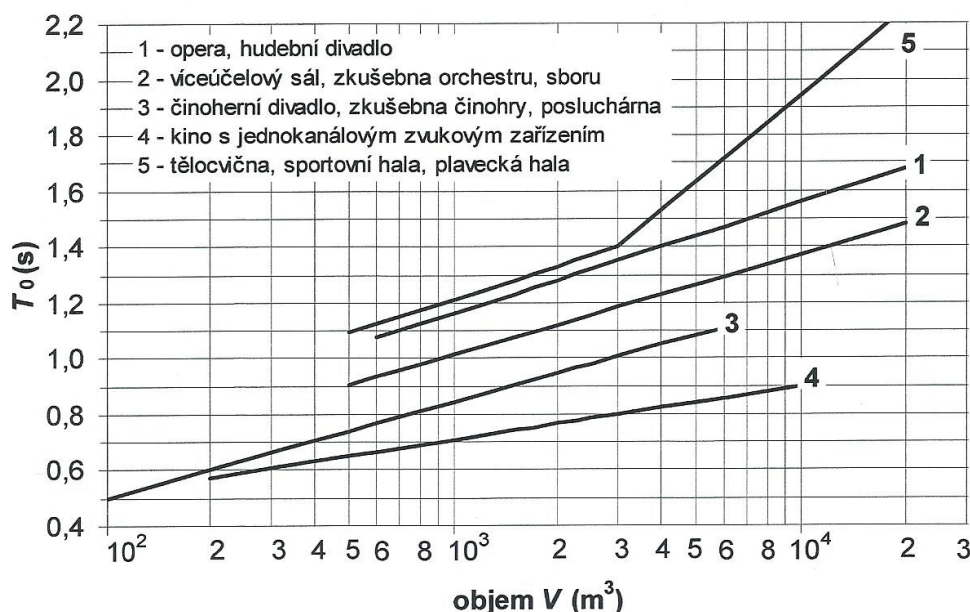
Prostor	Objem (m ³) (orientačně)	Doba T ₀ (s) nebo předepsaná akustická úprava	Obrázek s rozmezím hodnot T/T ₀	Poznámka
Učebna a posluchárna	do 250	0,7	A. 4	
Posluchárna	přes 250	Závislost 3 - A. 1	A. 4	
Jazyková učebna (laboratoř)	130 až 180	0,45	A. 4	
Audiovizuální učebna	200	0,6	A. 4	
Učebna hudební výchovy	200	0,9	A. 3	
Učebna hudební výchovy při reprodukování hudby	200	0,5	A. 3	
Učebna hry na individuální nástroje a sólového zpěvu	80 až 120	0,7	A. 3	
Učebna orchestrální hry hudebních škol	–	Závislost 2 - A. 1	A. 2	Objem V ≥ 600 m ³
Tělocvična a plavecká hala všech typů škol		Závislost 5 - A. 1	A. 8	
Sborovna nebo konferenční místnost	–	(širokopásmový obklad stropu)	–	
Učebna pracovní výuky	–	"	–	

(výtah vybraných typů školských prostorů z ČSN 73 0527)

Optimální doba dozvuku T_0 [s] učebny je vždy především dána účelem, nebo účely, ke kterým bude učebna používána. V dnešní době je kladen zvýšený důraz na jazykovou výuku, a trendem je také vybavování učeben centrálními audiovizuálními zařízeními. Navzdory optimu doby dozvuku daném pro hudební výchovu, nebo universálnosti kmenových učeben - akusticky nastavovaných pro hudbu a řeč - se doporučuje dobu dozvuku učeben zkracovat, protože se tím výrazně snižuje ztráta srozumitelnosti energeticky slabých souhlásek, minimálně na 60 procentech plochy učebny, a výrazně se tím zvyšuje srozumitelnost ve vzdálenější části učebny, a tím také dlouhodobá pozornost a soustředěnost žáků a studentů, kteří následně vykazují prokazatelně lepší studijní výsledky.

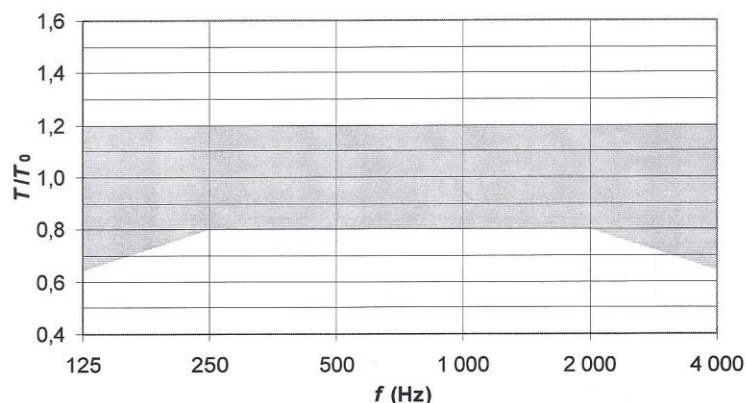
Snížení doby dozvuku má také výrazný vliv na akustické zklidnění a zkulturnění prostoru s pozitivním psychologickým dopadem. Snížení doby dozvuku je nutné optimalizovat podle objemu prostoru, aby vyučující nemusel přirozeně zvyšovat hlas, a příliš se hlasově namáhat, a zároveň srozumitelnost řeči učitele na straně žáků, zejména ve vzdálenější části učebny, byla maximální.

Vzhledem k výše uvedeným zkušenostem, závazným normovým hodnotám, a požadavkům současné doby, je v rámci závazných normových hodnot doba dozvuku optimalizována podle závislosti 3 – v obr. A. 1



Obrázek A. 1 (ČSN 73 0527) - Závislost optimální doby dozvuku T_0 [s] pro kmitočet 1 000 Hz na objemu V [m³] uzavřeného prostoru v obsazeném stavu s výjimkou závislosti 5, která se týká neobsazeného stavu

Pro vysokou míru srozumitelnosti je důležitá vyrovnaná doba dozvuku, která může mít pokles zejména na nízkých kmitočtech, pro další zvýšení srozumitelnosti řeči vyučujícího. Proto je důležité dodržení předepsané toleranční masky průběhu doby dozvuku pro řeč, - viz obr. A 4.



Obrázek A 4. (ČSN 73 0527) - Příпустné rozmezí poměru dob dozvuku T/T_0 obsazeného prostoru určeného k přednesu řeči v závislosti na středním kmitočtu oktávového pásma.

MODELOVÝ VÝPOČET DOBY DOZVUKU V UČEBNÁCH

Výpočty doby dozvuku jednotlivých učeben, a jejich akustické parametry jsou uvedeny v příloze.

Optimální doba dozvuku T_0 [s], vztažená ke střední hodnotě oktavového pásma 1 kHz, je na základě výše uvedeného, vždy volena podle objemu učebny.

Učebny ve 2.NP – č.I. a II.– mají téměř stejný objem, a proto jsou z hlediska doby dozvuku i řešení úprav akustiky dále považovány za identické.

Výpočty jsou provedeny na základě příkladného použití konkrétních materiálů a jejich akustických, dalších technických a užitných vlastností, a také jako funkční komplexní a příkladné řešení. Použité materiály jsou uvedeny v následující legendě.

Legenda akustických obkladů:



Panely Eurocoustic Tonga 600x600x40 mm,
svěšení 100mm.



Panely Rigips Casoprano 600x600x8 mm,
svěšení 100mm.

Množství a umístění přídavné izolace
Isover Domo v podhledové dutině určí
etapové měření doby dozvuku.



Panely Eurocoustic Acoustiroc + přídavná izolace
Isover Domo tl.60mm, dutina obkladu uzavřena
olemováním obvodu obkladu kovovým profilem U,
tl. obkladu 100 mm.

Výpočty jsou provedeny pro následující výsledné množství akustických obkladů:

Učebna 2.NP/ I

Panely Eurocoustic Tonga	37,44 m ²
Panely Rigips Casoprano	57,93 m ²
Stěnové panely Eurocoustic Acoustiroc	6,48 m ²

Učebna 2.NP/ II

Panely Eurocoustic Tonga	31,68 m ²
Panely Rigips Casoprano	48,19 m ²
Stěnové panely Eurocoustic Acoustiroc	6,48 m ²

Učebna 2.NP/ III

Panely Eurocoustic Tonga	31,68 m ²
Panely Rigips Casoprano	48,63 m ²
Stěnové panely Eurocoustic Acoustiroc	6,48 m ²

Učebna 3.NP/ V

Panely Eurocoustic Tonga	20,16 m ²
Panely Rigips Casoprano	34,81 m ²
Stěnové panely Eurocoustic Acoustiroc	3,24 m ²

Učebna 3.NP/ VI

Panely Eurocoustic Tonga	17,28 m ²
Panely Rigips Casoprano	36,12 m ²
Stěnové panely Eurocoustic Acoustiroc	6,48 m ²

ULOŽENÍ AKUSTICKÝCH OBKLADŮ

Výška učeben je dána výškou uložení spodního líce protipožárního SDK podhledu 3100mm nad podlahovinou. Potom hloubka akustického podhledu je omezena na 100mm, aby nebyla překročena dovolená minimální světlá výška učeben 3000mm. Pro instalaci akustického podhledu je nutné dodržet jeho hloubku 100mm, konstrukce akustického podhledu bude kotvena pouze do nosné konstrukce protipožárního podhledu.

Stěnové panely se umísťují s působností v rovině sedící až stojící osoby, a standardně se používají jako magnetická nástěnka. Menší oddělené plochy papíru nevadí akustické funkci obkladu.

Výška obkladu je 1350mm, hloubka 100mm, šířka a umístění je dáno podle výkresové dokumentace v příloze.

Nedílnou součástí řešení je speciální vyvátování podhledu, které se stanovuje podle výsledků předepsaného etapového měření doby dozvuku (podle norem [1] a [2]), které je také nedílnou součástí montáže. Výstupem realizace je nastavení doby dozvuku na předepsané hodnoty v plném rozsahu, po kterém se provádí certifikované měření doby dozvuku. Vícefunkčnost podhledu a dosažení požadovaných technických parametrů je, mimo jiné, závislé na dodržení geometrie podhledu, a dodržení předepsaných rozměrů dořezů koncových panelů. Realizace vyžaduje odbornou montáž a odborný dohled.

Konečné uložení obkladů a rastrování podhledu včetně dořezů bude provedeno před montáží akustických obkladů.

Akustické obklady a podhledy budou montovány po dokončení všech prашných prací, a po instalaci oken a dveří, aby mohlo být provedeno měření doby dozvuku.

Řešení podhledu sleduje i cílené posílení vyšších složek hlasu směřujících od vyučujícího u tabule do vzdálenější části učebny, a zvyšuje míru srozumitelnosti pro žáky ve vzdálenější části učebny.

Vzhledem k modulárnosti řešení, je možné snadno a ekonomicky učebnu přestavět na učebnu s výrazně vyšší dobou dozvuku, např. pro specializovanou výuku hudební výchovy, při dodržení předepsané toleranční masky pro průběh doby dozvuku.

HODNOCENÍ A DOPORUČENÍ

Dutinu stropní konstrukce o výšce cca 600mm se doporučuje zatlumit minerální příčkovou izolací s vysokou akustickou pohltivostí o tl. 100mm, např. Isover Domo.

Příčky oddělující sousedící učebny se doporučuje pro zachování stanovené izolace a při potřebném užití korekčního činitele $k=8\text{dB}$, provést jako dvouplášťové, s vnitřní izolací a jednoduchou konstrukcí o celkové tloušťce 150mm, např. Rigips, č. konstrukce 3.40.06 .

Dveře učeben se doporučuje podle normy [7] osadit dveřním systémem se vzduchovou laboratorní neprůzvučností $R'_w=32\text{dB}$ (dveře je nutné opatřit prahem a celoobvodovým těsněním).

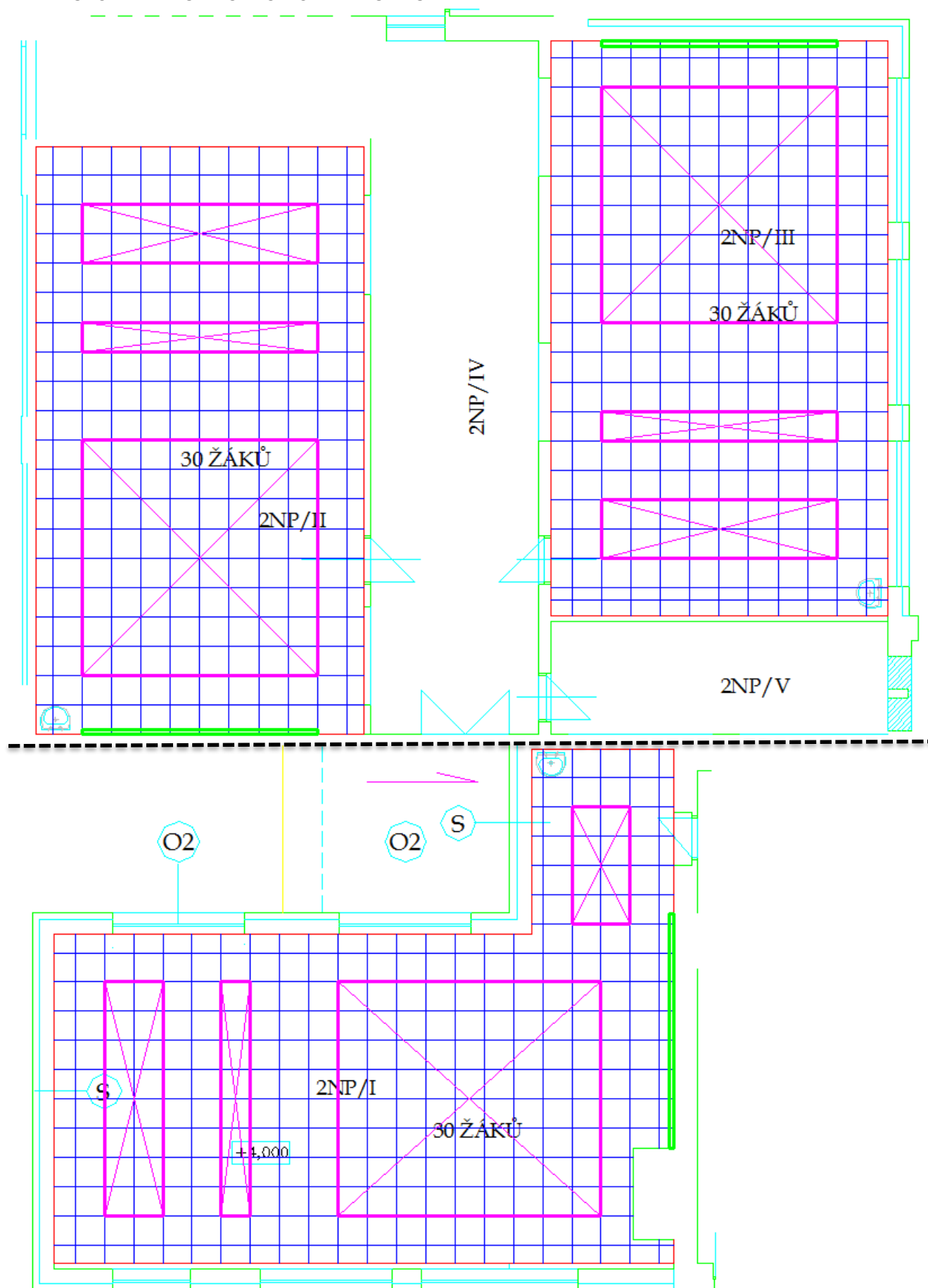
Svítlidla v učebnách je nutné, s ohledem na uložení akustických obkladů, provést jako podvěšená.

Projektové řešení úprav prostorové akustiky, v rámci uvedených realizačních požadavků, splní předepsané normové hodnoty z hlediska doby dozvuku, a zároveň odstraní nežádoucí akustické jevy v místnostech učeben.

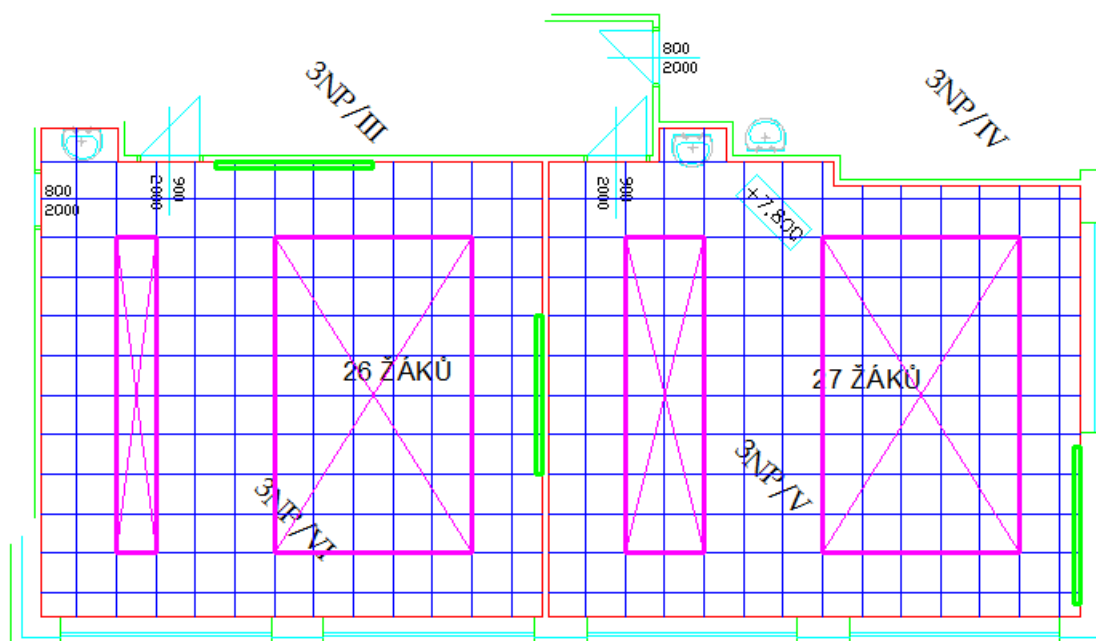
Ing. Michael Plachý

PŘÍLOHY: **ULOŽENÍ AKUSTICKÝCH OBKLADŮ**
 MODELOVÉ VÝPOČTY DOBY DOZVUKU

2.NP – ULOŽENÍ AKUSTICKÝCH OBKLADŮ - O P R A V A



3.NP – ULOŽENÍ AKUSTICKÝCH OBKLADŮ



Legenda akustických obkladů:



Panely Eurocoustic Tonga 600x600x40 mm,
svěšení 100mm .



Panely Rigips Casoprano 600x600x8 mm,
svěšení 100mm.

Množství a umístění přídavné izolace
Isover Domo v podhledové dutině určí
etapové měření doby dozvuku.



Panely Eurocoustic Acoustiroc + přídavná izolace
Isover Domo tl.60mm, dutina obkladu uzavřena
olemováním obvodu obkladu kovovým profilem U,
tl. obkladu 100 mm.

MODELOVÉ VÝPOČTY DOBY DOZVUKU

Název:

ZŠ Loděnice - uč.2.NP-I

rozměry - $d \times \underline{x} \times \underline{y}$ (nebo $\phi \times v$), max. [m] **12,725 x 6,745 x 3,100**

Poznámka:

Učebna - vybavení interiéru - tabule, okna, dveře, sedací nábytek - plně obsazení 30 žáků Pozn.: stěn. obklad, podhled skládaný - kombinovaný

Objem prostoru:

295,7 m³

objem vzd. na 1 žáka: 9,5 [m³]

UČEBNA, POSLUCHÁRNA

Optimální doba dozvuku : (pro T_0 (1 kHz) [s] dle ČSN 73 0527)	0,66 s	závislost T_0 [s] dle A.1, graf 3 : $f(V) \sim (100 \text{ až } 6 \text{ tis. m}^3)$
	0,79 s	horní mez T_0 [s], přípustné meze dle A.4
	0,53 s	dolní mez T_0 [s], přípustné meze dle A.4

Vzduch: teplota 20°C, relativní vlhkost 60%, tlak normální, výpočet útlumu zvuku ve vzduchu dle ČSN 73 0525

Výpočtové vztahy: podle ČSN 73 0525

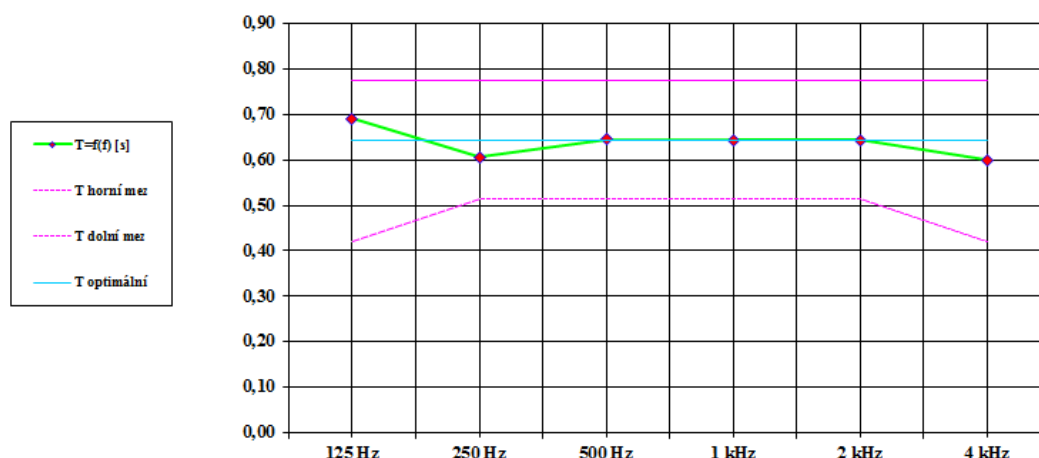
Prostorové a akustické charakteristiky učebny: - S ÚPRAVAMI a pro PLNÉ OBSAZENÍ (30 žáků):

Geometrie		Akustické parametry				
Povrch	340,2 m ²	Průměrná ekvivalentní absorb.plocha	65,84 m ² /okt.	Stř.volná dráha	3,48 m	
Objem	295,7 m ³	Průměrný koef.absorpce (Eyringův	0,2152 [-]	Čas	0,010 s	
Max.vzdálenost mluvčí-posluchač l _{mp} :		Poloměr dozvuku r _d	1,22 m	Mezní frekv.(125Hz)	96,7 Hz	
l _{mpmax} =	11,0 m	π * r _d	3,84 m	ZSS (pro l _{mp} ≥π*r _d)	5,80 %)*	
Vypočtená doba dozvuku - meze přípustného rozmezí poměru dob dozvuku pro ŘEČ						
Kmitočet f [Hz]	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
Doba dozvuku T[s]	0,69	0,61	0,65	0,64	0,64	0,60
horní mez	0,93	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77
T ₀ (1kHz) navrhovaná	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64
dolní mez	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,42

)* ZSS - ztráta srozumitelnosti souhlásek

Ztráta srozumitelnosti souhlásek [%] :	0 až 2	3 až 5	6 až 12	12 až 25
Míra srozumitelnosti při poslechu 1 mluvčího na vzdálenost větší než 3,6 m :	výborná	dobrá	dostatečná	nedostatečná

Průběh výsledné doby dozvuku T [s] v závislosti na kmitočtu f [Hz], meze podle ČSN 73 0527



MODELOVÉ VÝPOČTY DOBY DOZVUKU

Název:

ZŠ Loděnice - uč.2.NP-II

rozměry - $d \times \underline{x} \times \underline{v}$ (nebo $\phi \times v$), max. [m] **11,965 x 6,675 x 3,100**

Poznámka:

Učebna - vybavení interiéru - tabule, okna, dveře, sedací nábytek - plně obsazení 30 žáků Pozn.: stěn. obklad, podhled skládaný - kombinovaný

Objem prostoru:

247,6 m³

objem vzd. na 1 žáka: **8,0 [m³]**

UČEBNA, POSLUCHÁRNA

Optimální doba dozvuku : (pro T_0 (1 kHz) [s] dle ČSN 73 0527)	0,63 s	závislost T_0 [s] dle A.1, graf 3 : $f(V) \sim (100 \text{ až } 6 \text{ tis. m}^3)$
	0,76 s	horní mez T_0 [s], přípustné meze dle A.4
	0,51 s	dolní mez T_0 [s], přípustné meze dle A.4

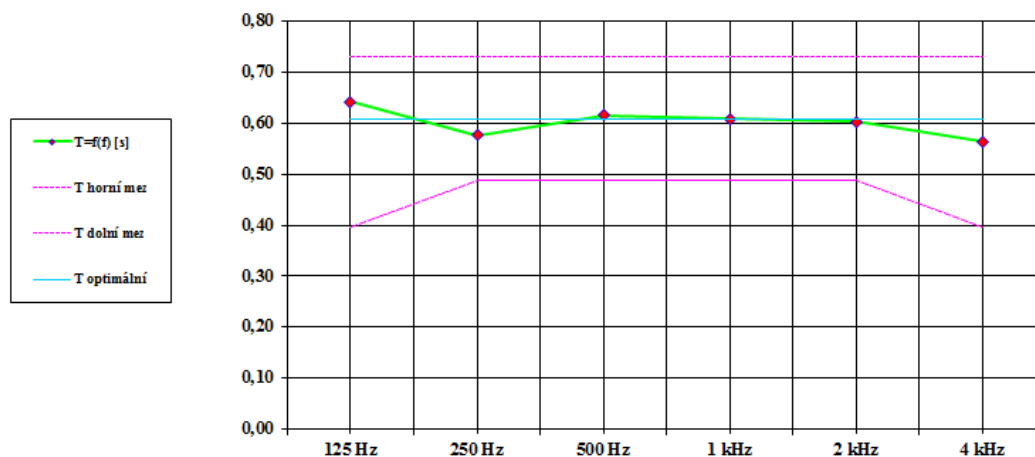
Vzduch: teplota 20°C, relativní vlhkost 60%, tlak normální, výpočet útlumu zvuku ve vzduchu dle ČSN 73 0525

Výpočtové vztahy: podle ČSN 73 0525

Prostorové a akustické charakteristiky učebny: - S ÚPRAVAMI a pro PLNÉ OBSAZENÍ (30 žáků):

Geometrie		Akustické parametry				
Povrch	275,3 m ²	Průměrná ekvivalentní absorb.plocha	58,02 m ² /okt.	Stř.volná dráha	3,60 m	
Objem	247,6 m ³	Průměrný koef.absorpce (Eyringův	0,2367 [-]	Čas	0,010 s	
Max.vzdálenost mluvčí-posluchač l _{mp} :		Poloměr dozvuku r _d	1,15 m	Mezní frekv.(125Hz)	101,8 Hz	
l _{mpmax} =	11,0 m	π * r _d	3,61 m	ZSS (pro l _{mp} ≥π*r _d)	5,45 %)*	
Vypočtená doba dozvuku - meze přípustného rozmezí poměru dob dozvuku pro ŘEČ						
Kmitočet f [Hz]	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
Doba dozvuku T[s]	0,64	0,58	0,62	0,61	0,60	0,56
horní mez	0,88	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73
T ₀ (1kHz) navrhovaná	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61
dolní mez	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,40
)* ZSS - ztráta srozumitelnosti souhlásek						
Ztráta srozumitelnosti souhlásek [%] :			0 až 2	3 až 5	6 až 12	12 až 25
Míra srozumitelnosti při poslechu 1 mluvčího na vzdálenost větší než 3,6 m :			výborná	dobrá	dostatečná	nedostatečná

Průběh výsledné doby dozvuku T [s] v závislosti na kmitočtu f [Hz], meze podle ČSN 73 0527



MODELOVÉ VÝPOČTY DOBY DOZVUKU

Název:

ZŠ Loděnice - uč.3.NP-V

rozměry - $d \times \underline{\underline{x}} \times \underline{\underline{v}}$ (nebo $\phi \times v$), max. [m] **8,067** $\times$ **6,920** $\times$ **3,100**

Poznámka:

Učebna - vybavení interiéru - tabule, okna, dveře, sedací nábytek - plně obsazení 27 žáků Pozn.: stěn. obklad, podhled skládaný - kombinovaný

Objem prostoru:

170,4 m³

objem vzd. na 1 žáka: 6,1 [m³]

UČEBNA, POSLUCHÁRNA

Optimální doba dozvuku : (pro T_0 (1 kHz) [s] dle ČSN 73 0527)	0,58 s	závislost T_0 [s] dle A.1, graf 3 : $f(V) \sim (100 \text{ až } 6 \text{ tis. m}^3)$
	0,69 s	horní mez T_0 [s], přípustné meze dle A.4
	0,46 s	dolní mez T_0 [s], přípustné meze dle A.4

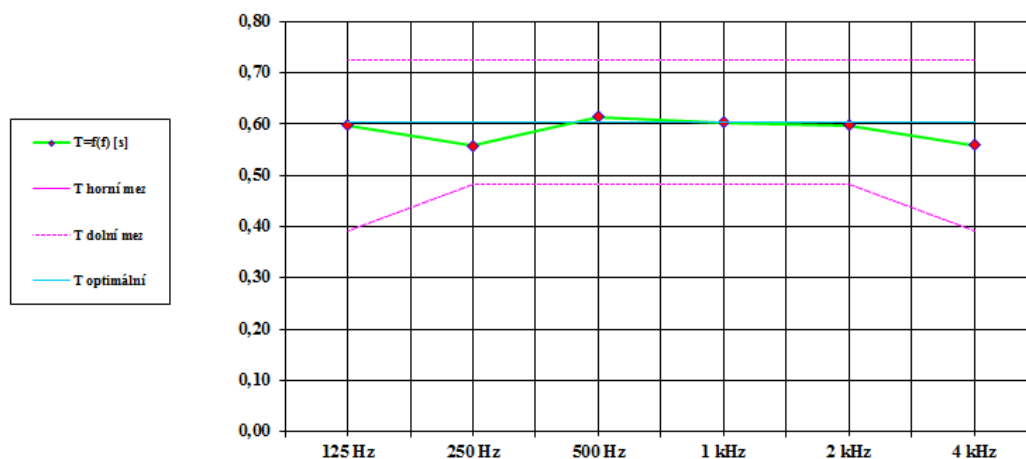
Vzduch: teplota 20°C, relativní vlhkost 60%, tlak normální, výpočet útlumu zvuku ve vzduchu dle ČSN 73 0525

Výpočtové vztahy: podle ČSN 73 0525

Prostorové a akustické charakteristiky učebny: - S ÚPRAVAMI a pro PLNÉ OBSAZENÍ (27 žáků):

Geometrie		Akustické parametry				
Povrch	206,0 m ²	Průměrná ekvivalentní absorb.plocha	41,12 m ² /okt.	Stř.volná dráha	3,31 m	
Objem	170,4 m ³	Průměrný koef.absorpce (Eyringův	0,2226 [-]	Čas	0,010 s	
Max.vzdálenost mluvčí-posluchač l _{mp} :		Poloměr dozvuku r _d	0,96 m	Mezní frekv.(125Hz)	118,4 Hz	
l _{mpmax} =	7,7 m	π * r _d	3,01 m	ZSS (pro l _{mp} ≥π*r _d)	5,41 %	)*
Vypočtená doba dozvuku - meze přípustného rozmezí poměru dob dozvuku pro ŘEČ						
Kmitočet f [Hz]	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
Doba dozvuku T[s]	0,60	0,56	0,61	0,60	0,60	0,56
horní mez	0,88	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72
T ₀ (1kHz) navrhovaná	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
dolní mez	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,39
)* ZSS - ztráta srozumitelnosti souhlásek						
Ztráta srozumitelnosti souhlásek [%] :		0 až 2	3 až 5	6 až 12	12 až 25	
Míra srozumitelnosti při poslechu 1 mluvčího na vzdálenost větší než 3,0 m :		výborná	dobrá	dostatečná	nedostatečná	

Průběh výsledné doby dozvuku T [s] v závislosti na kmitočtu f [Hz], meze podle ČSN 73 0527



MODELOVÉ VÝPOČTY DOBY DOZVUKU

Název:

ZŠ Loděnice - uč.3.NP-VI

rozměry - $d \cdot x \cdot y \cdot z$ (nebo $\phi \cdot v$), max. [m] **7,633 x 6,920 x 3,100**

Poznámka:

Učebna - vybavení interiéru - tabule, okna, dveře, sedací nábytek - plné obsazení 27 žáků Pozn.: stěn. obklad, podhled skládaný - kombinovaný, nevhodný poměr půdorysných stran.

Objem prostoru:

165,5 m³

objem vzd. na 1 žáka: **5,9 [m³]**

UČEBNA, POSLUCHÁRNA

Optimální doba dozvuku : (pro T_0 (1 kHz) [s] dle ČSN 73 0527)	0,57 s	závislost T_0 [s] dle A.1, graf 3 : $f(V) \sim (100 \text{ až } 6 \text{ tis. m}^3)$
	0,69 s	horní mez T_0 [s], přípustné meze dle A.4
	0,46 s	dolní mez T_0 [s], přípustné meze dle A.4

Vzduch: teplota 20°C, relativní vlhkost 60%, tlak normální, výpočet útlumu zvuku ve vzduchu dle ČSN 73 0525

Výpočtové vztahy: podle ČSN 73 0525

Prostorové a akustické charakteristiky učebny: - S ÚPRAVAMI a pro PLNÉ OBSAZENÍ (26 žáků):

Geometrie		Akustické parametry				
Povrch	200,4 m ²	Průměrná ekvivalentní absorb.plocha	40,60 m ² /okt.	Stř.volná dráha	3,30 m	
Objem	165,5 m ³	Průměrný koef.absorpce (Eyringův)	0,2264 [-]	Čas	0,010 s	
Max.vzdálenost mluvčí-posluchač l _{mp} :		Poloměr dozvuku r _d	0,95 m	Mezní frekv.(125Hz)	119,1 Hz	
l _{mpmax} =	7,5 m	π * r _d	2,99 m	ZSS (pro l _{mp} ≥π*r _d)	5,31 %	)*
Vypočtená doba dozvuku - meze přípustného rozmezí poměru dob dozvuku pro ŘEČ						
Kmitočet f [Hz]	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
Doba dozvuku T[s]	0,59	0,55	0,60	0,59	0,59	0,55
horní mez	0,86	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71
T ₀ (1kHz) navrhovaná	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59
dolní mez	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,39

)* ZSS - ztráta srozumitelnosti souhlásek

Ztráta srozumitelnosti souhlásek [%]: 0 až 2 3 až 5 6 až 12 12 až 25

Míra srozumitelnosti při poslechu 1 mluvčího na vzdálenost větší než 3,0 m: výborná dobrá dostatečná nedostatečná

Průběh výsledné doby dozvuku T [s] v závislosti na kmitočtu f [Hz], meze podle ČSN 73 0527

