



Zakázka číslo: **2013-014559-VacL**

Akustická studie – doba dozvuku

**TJ Sokol
Podolská 90/5
Praha - Podolí**

Zpracováno v období:
říjen 2013

AKUSTICKÁ STUDIE

1. Všeobecně.....	2
1.1. Předmět:.....	2
1.2. Úkol:.....	2
1.3. Zadavatel:.....	2
1.4. Zpracovatel:.....	2
1.5. Vypracoval:.....	2
1.6. Kontroloval:.....	2
1.7. Zpracováno v období:.....	2
2. Podklady.....	2
3. Objekt.....	3
4. Požadavky.....	4
5. Výchozí stav.....	5
5.1. Výpočtový model.....	6
5.2. Výpočet.....	6
6. Návrh opatření.....	6
6.1. Obecně.....	6
6.2. Materiály	6
6.3. Rozmístění obkladu	7
6.4. Návrh řešení	9
6.5. Vyhodnocení.....	10
7. Závěr.....	11

1. VŠEOBECNĚ

- 1.1. Předmět:** TJ Sokol, Podolská 90/5, Praha - Podolí
- 1.2. Úkol:** Akustická studie – doba dozvuku
- 1.3. Zadavatel:** **TĚLOCVIČNÁ JEDNOTA SOKOL PRAHA - PODOLÍ**
Podolská 90/5
14700 Praha
IČO: 17046122
Tel: +420 737 201 744
Kontaktní osoba: Ing. Jaroslav Míth
Email: j.mith@seznam.cz
- 1.4. Zpracovatel:** **DEKPROJEKT s.r.o.**
Tiskařská 10/257 IČO: 27 64 24 11
budova TTC TECHKOM DIČ: CZ 699000797
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, Ing. Tomáš Kupsa
- 1.7. Zpracováno v období:** Říjen 2013

2. PODKLADY

- [1] Výkresová dokumentace ve formátu .pdf 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
- [7] Průzkum a orientační měření doby dozvuku provedené na místě 16.10.2013

Pozn.: Jsou myšleny normy a předpisy v aktuálním znění (včetně změn platných ke dni zpracování protokolu).

3. OBJEKT

Jedná se o objekt sokolovny v ulici Podolská 90/5 v Praze. V objektu se nachází jedna velká a dvě menší tělocvičny. V rámci projektu rekonstrukce střechy bude řešena velká tělocvična a malá tělocvična pod střechou tedy pohltivá úprava podhledu popř. obklad stěn pro splnění požadavků na prostorovou akustiku v tělocvičnách dle ČSN 730527.

Půdorysné rozměry velké tělocvičny jsou 20,3 x 11,9 m (bez nářadovny a pódia) světlá výška prostoru je 8 m, druhá menší tělocvična pod střechou má rozměry 20 x 6,5 m a světlou výšku 3,4 m. Obvodové konstrukce jsou zděné, okna jsou umístěna v podélných stěnách u velké tělocvičny se jedná o severní fasádu u malé tělocvičny o fasádu jižní.

Úkolem Ateliéru DEK je návrh opatření pro splnění požadavku na dobu dozvuku v tělocvičnách po rekonstrukci střechy.



Obr./1/ Velká tělocvična



Obr./2/ Malá tělocvična

4. POŽADAVKY

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:

Optimální doba dozvuku T_0 pro prostor sportovních hal a tělocvičen se určí ze vztahu:

$$T_0 = 0,3961 \cdot \log(V) + 0,023 \text{ [s]}$$

kde $V \text{ [m}^3\text{]}$ je objem posuzovaného prostoru

Hodnota optimální doby dozvuku pro sportovní halu je uvedena v následující tabulce.

Prostor	Objem $\text{[m}^3\text{]}$	Optimální doba dozvuku [s]
Velká tělocvična	1930	1,32
Malá tělocvična	440	1,07

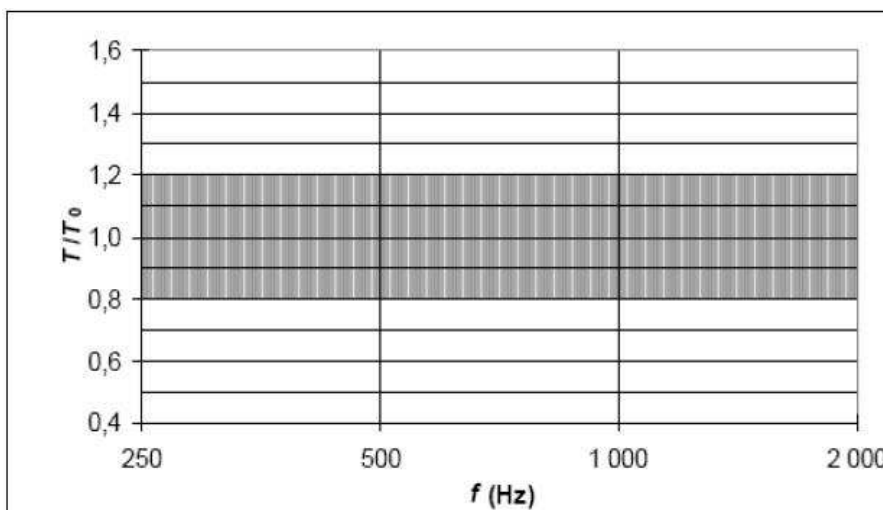
Tab./1/ Optimální doba dozvuku

Prostor tělocvičny je dle ČSN 730527 posuzován v **neobsazeném stavu**.

Doba dozvuku se vypočítá podle ČSN 73 0525 pro oktávová pásma se středními kmitočty od 250 Hz do 2 000 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 $f \text{ [Hz]}$							
		250		500		1000		2000	
		T/T_0	$T \text{ [s]}$	T/T_0	$T \text{ [s]}$	T/T_0	$T \text{ [s]}$	T/T_0	$T \text{ [s]}$
Velká tělocvična	Horní	1,2	1,58	1,2	1,58	1,2	1,58	1,2	1,58
	Dolní	0,8	1,06	0,8	1,06	0,8	1,06	0,8	1,06
Malá tělocvična	Horní	1,2	1,28	1,2	1,28	1,2	1,28	1,2	1,28
	Dolní	0,8	0,86	0,8	0,86	0,8	0,86	0,8	0,86

Tab./2/ Rozmezí T/T_0 v prostorech tělocvičen



Graf /1/ Přípustné rozmezí poměru dob dozvuku T/T_0 pro sportovní haly v závislosti na středním kmitočtu oktávového pásma

5. VÝCHOZÍ STAV

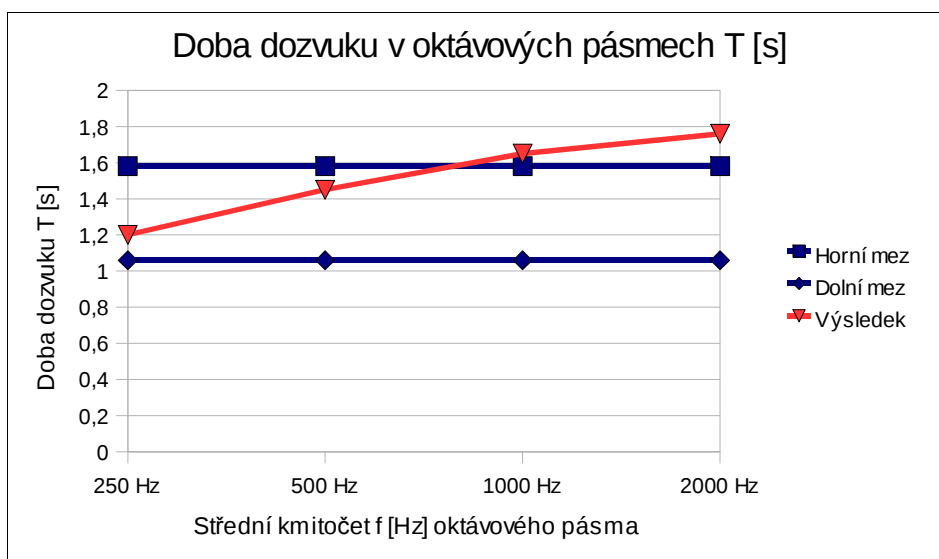
Pro zmapování stávající situace z hlediska prostorové akustiky tělocvičen bylo provedeno orientační měření doby dozvuku metodou integrované impulsové odezvy. Měření bylo provedeno 16.10.2013 v době od 13 – 14 hod.

Výsledky měření jsou uvedeny v následující tabulce a včetně požadovaného rozmezí pak v grafech 2 a 3.

Prostor	Doba dozvuku [s]			
	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz
Velká tělocvična	1,20	1,45	1,65	1,76
Malá tělocvična	1,99	2,06	2,11	2,27

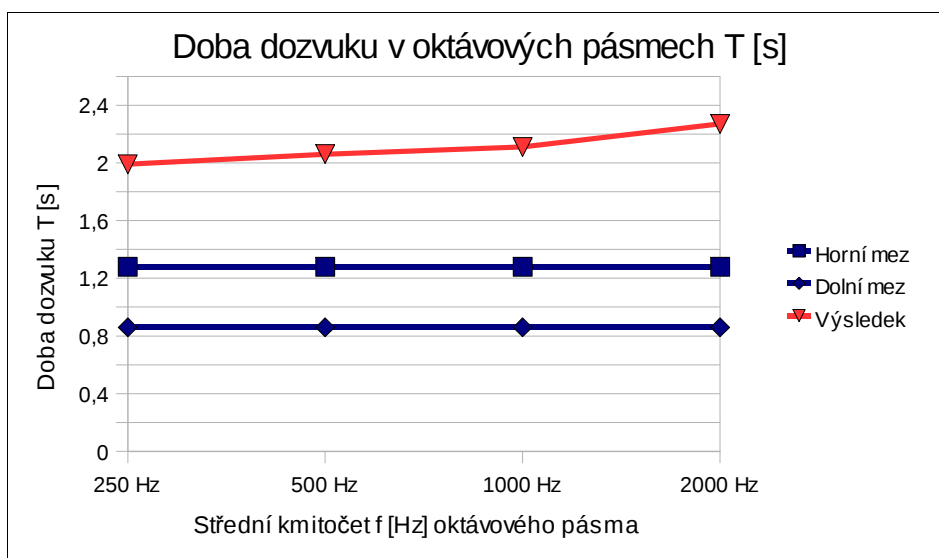
Tab./3/ Doba dozvuku – současný stav

Stávající stav – velká tělocvična



Graf 2/ Doba dozvuku – současný stav – velká tělocvična

Stávající stav – malá tělocvična



Graf 3/ Doba dozvuku – současný stav – malá tělocvična

Pro objektivní hodnocení prostorové akustiky tělocvičen byl vytvořen výpočtový model prostor, kterým byla určena hodnota doby dozvuku. Kalibrace výpočtového modelu byla provedena na základě výsledků měření doby dozvuku současného stavu.

5.1. Výpočtový model

V následující tabulce jsou uvedeny činitele pohltivosti jednotlivých pohledových materiálů. Hodnoty činitelů pohltivosti pro jednotlivé materiály byly převzaty z [2 a 7]. Pro materiály, pro něž nebyly činitele pohltivosti k dispozici, jsou tyto hodnoty stanoveny odborným odhadem.

Pohledový materiál	Střední kmitočet f (Hz) oktávového pásma			
	250	500	1000	2000
Omítka vápenocementová	0,03	0,03	0,04	0,05
Okna - sklo	0,05	0,03	0,03	0,02
Dřevěná podlaha – parkety	0,11	0,10	0,09	0,08
Otvor jeviště	0,30	0,30	0,30	0,30
Dřevěný obklad stěn	0,11	0,10	0,08	0,08
Dveře - dřevo	0,10	0,08	0,08	0,08

Tab. /4/ Činitele pohltivosti pohledových materiálů v oktávových pásmech

Hodnoty činitele útlumu ve vzduchu byly uvažovány následující:

Kmitočet f [Hz]	250	500	1000	2000
Činitel útlumu ve vzduchu [np/m]	0,0003	0,0006	0,0010	0,0017

Tab. /5/ Činitel útlumu ve vzduchu

5.2. Výpočet

K hodnocení prostorové akustiky místností 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.

6. NÁVRH OPATŘENÍ

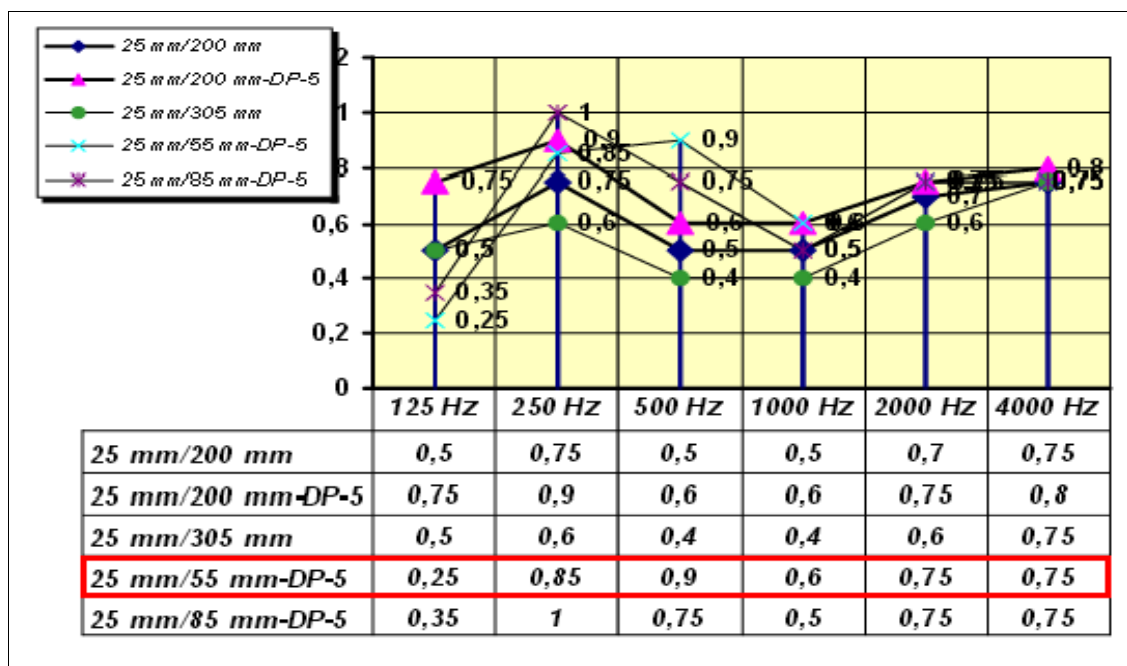
6.1. Obecně

Pro tělocvičny bude proveden návrh opatření pro splnění požadavku na dobu dozvuku po rekonstrukci střechy. 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 difúzním 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.

6.2. Materiály

Do prostoru obou tělocvičen jsou navrženy desky z dřevěných vláken pojených magnezitem **Heradesign marco** tl. 25 mm se systémem zavěšení B tj. přímá montáž na nosnou konstrukci s odsazením 55 mm od spodní hrany OSB desky. Desky se vyrábějí čtvercové s hranou 600 mm, obdélníkové 600 x 1200 mm nebo 600 x 2400 mm. Akustické parametry materiálu při různých vzdálenostech svěšení jsou uvedeny na následujícím grafu.





Graf./4/ Pohltivost materiál

6.3. Rozmístění obkladu

- Velká tělocvična

V celé ploše stropní konstrukce velké tělocvičny je navržen obklad z desek **Heradesign marco** se svěšením 55 mm od spodní hrany OSB desky. Uvažovaná plocha obkladu je cca 240 m².

Dále doporučujeme pohltivý obklad umístit i na zadní stěnu tělocvičny od úrovně cca 500 mm nad podlahou balkonu po střešinu (cca 45 m²) a jako podhled v místě jeviště (cca 30m²).



Obr./3/ Obklad v ploše velké tělocvičny

- Malá tělocvična

Obklad z desek **Heradesign marco** je navržen na většině plochy stropní konstrukce malé tělocvičny mezi nosnými trámy, obklad není navržen pouze na snížený pás stropu podél oken. Předpokládaná plocha obkladu stropní konstrukce je cca 105 m².

Dále doporučujeme pohltivý materiál umístit i na části kratších stěn a to vždy v prostoru nad zrcadly, celková plocha stěnového obkladu na obou stěnách odpovídá cca 17 m².



Obr./4/ Obklad v ploše malé tělocvičny

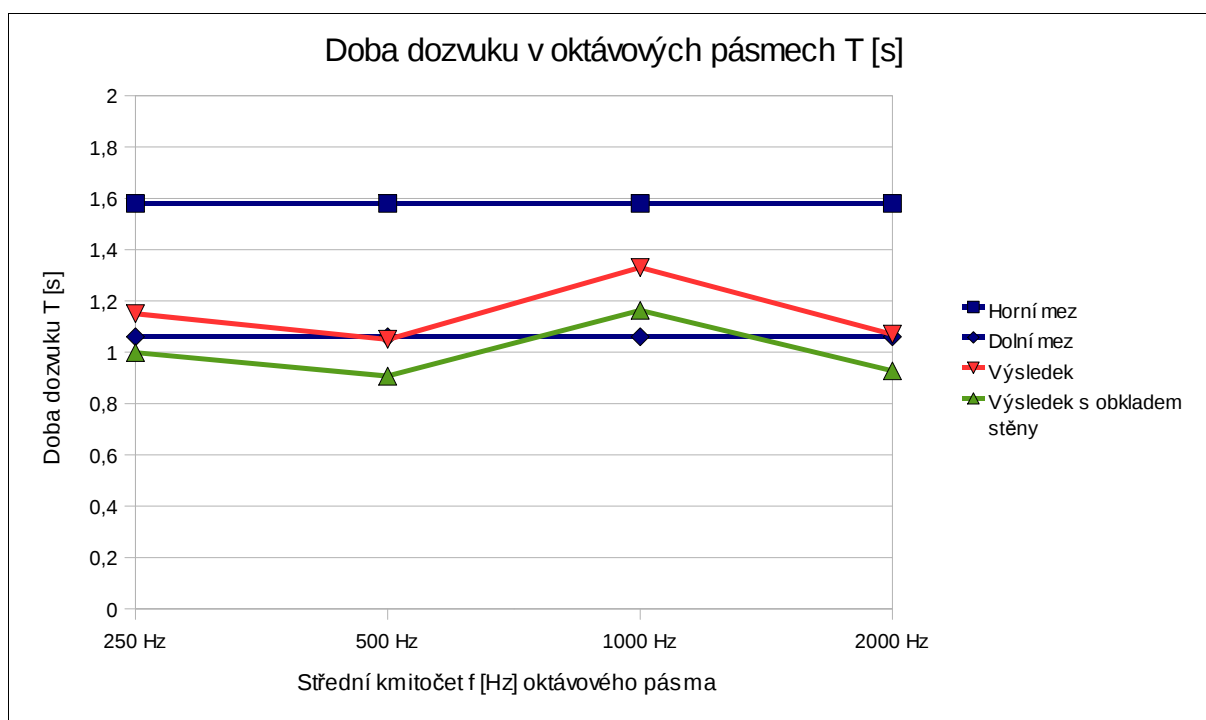
Při realizaci akustických obkladů je nutné postupovat dle technologických předpisů výrobce.

6.4. Návrh řešení**- Velká tělocvična**

Je navržen pohltivý obklad stropní konstrukce tělocvičny o celkové ploše 240 m², doporučeno je umístění obkladu i na část jedné ze stěn v ploše 50 m².

V následující tabulce je proveden výpočet pro navrhovaný stav tělocvičny po realizaci akustických úprav v obou variantách a posouzení doby dozvuku dle ČSN 73 0527.

Parametr	Znač.	Jedn.	Střední kmitočet f [Hz] oktávového pásma			
			250	500	1000	2000
Doba dozvuku v oktávových pásmech – neobsazený stav – pouze obklad stropní konstrukce	T	s	1,15	1,05	1,33	1,07
Doba dozvuku v oktávových pásmech – neobsazený stav – obklad stropní konstrukce + stěny	T	s	1,00	0,91	1,16	0,93
Požadované rozmezí hodnot doby dozvuku	Horní mez	T _N	s	1,58	1,58	1,58
	Dolní mez	T _N	s	1,06	1,06	1,06

Tab. /6/ Posouzení doby dozvuku**Graf /5/ Doba dozvuku – návrh – velká tělocvična**

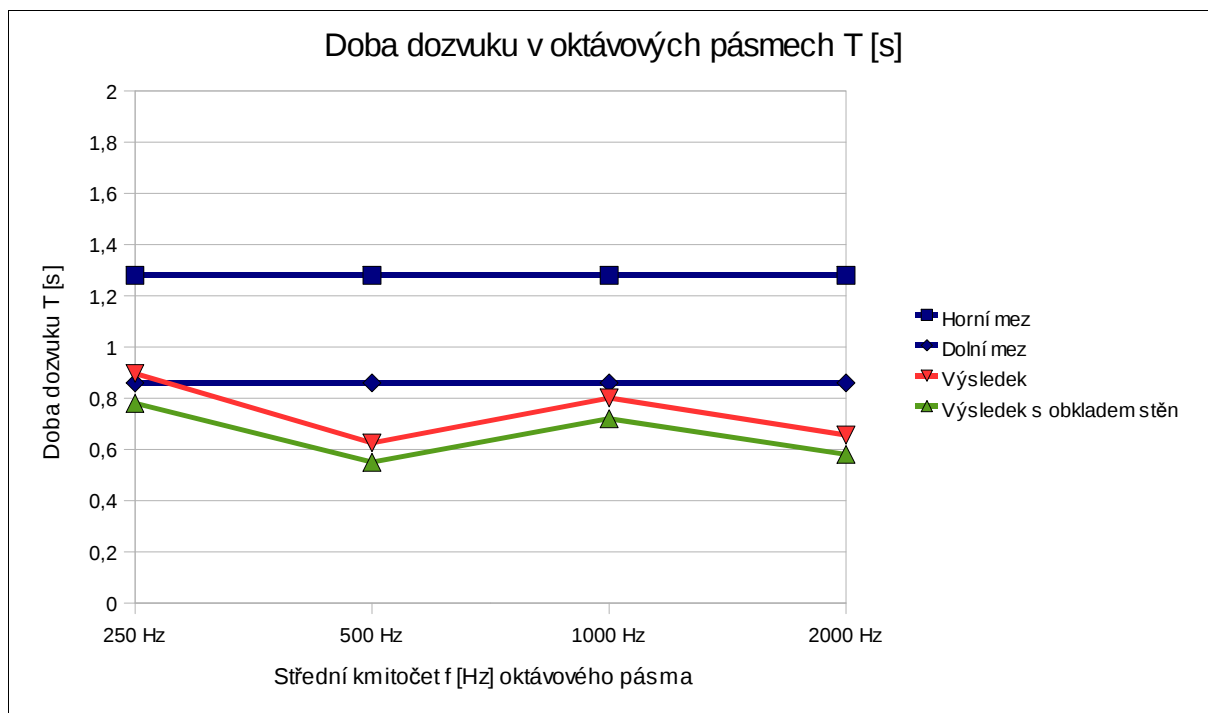
- Malá tělocvična

Je navržen pohltivý obklad stropní konstrukce tělocvičny o celkové ploše 105 m², doporučeno je umístění obkladu i na část protilehlých kratších stěn v ploše 17 m².

V následující tabulce je proveden výpočet pro navrhovaný stav tělocvičny po realizaci akustických úprav v obou variantách a posouzení doby dozvuku dle ČSN 73 0527.

Parametr		Znač.	Jedn.	Střední kmitočet f [Hz] oktávového pásma			
				250	500	1000	2000
Doba dozvuku v oktávových pásmech – neobsazený stav – pouze stropní konstrukce		T	s	0,90	0,63	0,80	0,66
Doba dozvuku v oktávových pásmech – neobsazený stav – stropní konstrukce + stěny		T	s	0,78	0,55	0,72	0,58
Požadované rozmezí hodnot doby dozvuku	Horní mez	T _N	s	1,28	1,28	1,28	1,28
	Dolní mez	T _N	s	0,86	0,86	0,86	0,86

Tab. I/7/ Posouzení doby dozvuku



Graf I/6/ Doba dozvuku – návrh – malá tělocvična

6.5. Vyhodnocení

Úpravy v navrhovaném rozsahu mají výrazný vliv na snížení doby dozvuku v prostoru tělocvičen, především v malé tělocvičně by toto snížení mělo být podstatné (snížení na méně než ½ stávajících hodnot).

Vypočtená doba dozvuku v prostoru je ve všech hodnocených kmitočtových pásmech v požadovaném rozmezí nebo mírně pod spodní hranicí požadovaného rozmezí. Ze zkušenosti lze říci, že předpokládaná doba dozvuku v pohltivých prostorech je vyšší než hodnota stanovená výpočtem. Tento fakt je dán nerovnoměrným rozložením pohltivosti v místnosti a nedostatečnou difuzitou reálného zvukového pole. Proto je možné předpokládat dodržení požadovaného rozmezí ve všech hodnocených kmitočtových pásmech.

Použitím navrhovaných akustických prvků dojde ke zvýšení pohltivosti prostoru a tím k snížení hladiny hluku v tělocvičně.

Navržené úpravy doporučujeme realizovat postupně, tj. nejdříve v obou prostorech provést obklad stropu a až po subjektivním vyhodnocení při provozu (popř. kontrolním měření dozvuku) pak případně přistoupit k doladění prostoru obklady na stěnách.

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 20 %.

Po provedení navrhovaného opatření se předpokládá splnění požadavků na dobu dozvuku.

7. ZÁVĚR

V akustické studii byla posouzena prostorová akustika dvou tělocvičen sokolovny v ulici Podolská 90/5 v Praze. Na základě výsledků měření stávajícího stavu byl sestaven výpočtový model a proveden návrh opatření pro zlepšení prostorové akustiky s ohledem na rekonstrukci střechy objektu a využití prostor.

Po realizaci navrženého řešení dojde k výraznému zlepšení akustických vlastností především u malé tělocvičny v obou prostorech se předpokládá splnění požadavků na dobu dozvuku dle ČSN 730527.

Navržené úpravy doporučujeme realizovat postupně, tj. nejdříve v obou prostorech provést obklad stropu a až po subjektivním vyhodnocení při provozu (popř. kontrolním měření dozvuku) pak případně přistoupit k doladění prostoru obklady na stěnách.

V Praze dne 22.10.2013

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

Ing. Lenka Vacková
lenka.vackova@dek-cz.com
+420 733 168 452