

ATELIER

DEK

DEKPROJEKT s.r.o.
Zakázka číslo: 2019-004876-PeL

Akustická studie

Řešení prostorové akustiky

Základní škola

Švermova 403/40

460 10 Liberec 10

Vypracoval:

Ing. Lenka Peštová

Zpracováno v období

Březen 2019

Verze dokumentu

První vydání

Obsah

1. VŠEOBECNĚ.....	3
1.1. Předmět.....	3
1.2. Úkol.....	3
1.3. Objednatel.....	3
1.4. Zpracovatel.....	3
1.5. Vypracoval.....	3
1.6. Kontroloval.....	3
1.7. Zpracováno v období.....	3
2. PODKLADY.....	3
3. SITUACE.....	4
4. POŽADAVKY.....	5
5. NÁVRH AKUSTICKÝCH ÚPRAV.....	6
5.1. Výpočtový model.....	6
5.2. Návrh úprav.....	6
5.3. Posouzení.....	7
5.4. Další prostory.....	10
6. ZÁVĚR.....	10

1. VŠEOBECNĚ

1.1. Předmět

Základní škola
Švermova 403/40
460 10 Liberec 10

1.2. Úkol

Akustická studie – Prostorová akustika

1.3. Objednatel

DIGITRONIC CZ s.r.o.

Za Pasáží 1429
530 02 Pardubice
IČ: 48168017

kontaktní osoba:
Lukáš Dědič
Tel.: +420 605 379 218
e-mail: dedic@digitronic.cz

1.4. Zpracovatel

DEKPROJEKT s.r.o.

Tiskařská 10/257
budova TTC TECHKOM
CENTRUM
108 00, Praha 10
tel.: +420 234 054 284-5
fax.: +420 234 054 291

IČO: 27 64 24 11
DIČ: CZ 27 64 24 11
bankovní spojení:
35-7899980247/0100
KB Praha 9

Zapsáno v obchodním rejstříku, vedeném Městským soudem v Praze oddíl C., vložka 120996

1.5. Vypracoval

Ing. Lenka Peštová

1.6. Kontroloval

Ing. Jan Pešta, Ing. Tomáš Kupsa

1.7. Zpracováno v období

Březen 2019

2. PODKLADY

- [1] Objednávka ze dne 15. 2. 2019 dle D2019-032820
- [2] Projektová dokumentace dodaná objednatelem
- [3] Stavební fyzika 10 – Akustika stavebních konstrukcí – Doc. Ing. Jiří Čechura, Csc.
- [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] Stavební fyzika I – Urbanistická, stavební a prostorová akustika – Prof. Ing. Jiří Vaverka DrSc., VUTIUM 1998.
- [7] ČSN EN 12354-6 (73 0512) Stavební akustika – Výpočet akustických vlastností budov z vlastností stavebních prvků – Část 6: Zvuková pohltivost v uzavřených prostorech
- [8] ČSN EN ISO 11654 (73 0528) Akustika – Absorbéry zvuku používané v budovách – Hodnocení zvukové pohltivosti
- [9] Výpočetní program ODEON 15.10 Auditorium

Pozn.: U předpisů a norem platí poslední znění včetně novelizací a změn vydaných k datu zpracování studie

3. SITUACE

Jedná se o rekonstrukci prostor stávající základní školy v ulici Švermova 403/40 v Liberci. Objednatel je požadováno posouzení prostorové akustiky včetně koncepce návrhu zvukopohltivých úprav v prostorách pavilonu A a B školy, vedoucích ke splnění požadavků dle ČSN 73 0527.

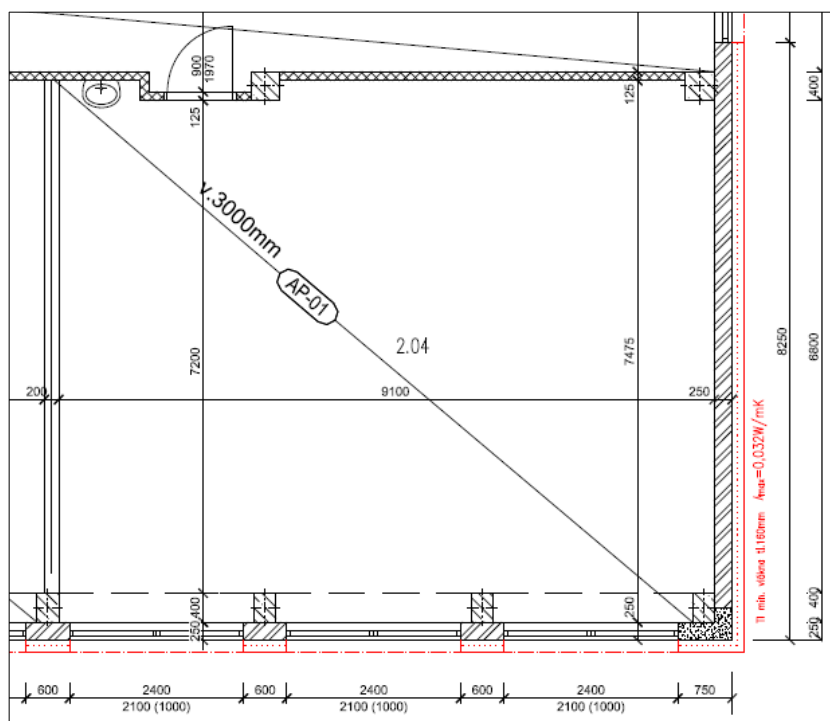
Jedná se o stavební úpravy spojené se zateplením objektů, do vnitřních konstrukcí nebude výrazně zasahováno. Vnitřní dispozice všech podlaží zůstávají beze změny, stejně tak i povrchové úpravy místností, nášlapnou vrstvou podlahy tvoří ve třídách PVC v komunikačních prostorách marmoleum.

Výpočtové posouzení a návrh úprav jsou provedeny pro dvě typové velikosti tříd. Pro další prostory bez číselného požadavku na dobu dozvuku je doporučen materiál, který splní normový požadavek na širokopásmový obklad stropu.

Součástí návrhu a posouzení zvukopohltivých úprav není posouzení z hlediska tepelněvlhkostního režimu skladeb a z hlediska požární bezpečnosti staveb.

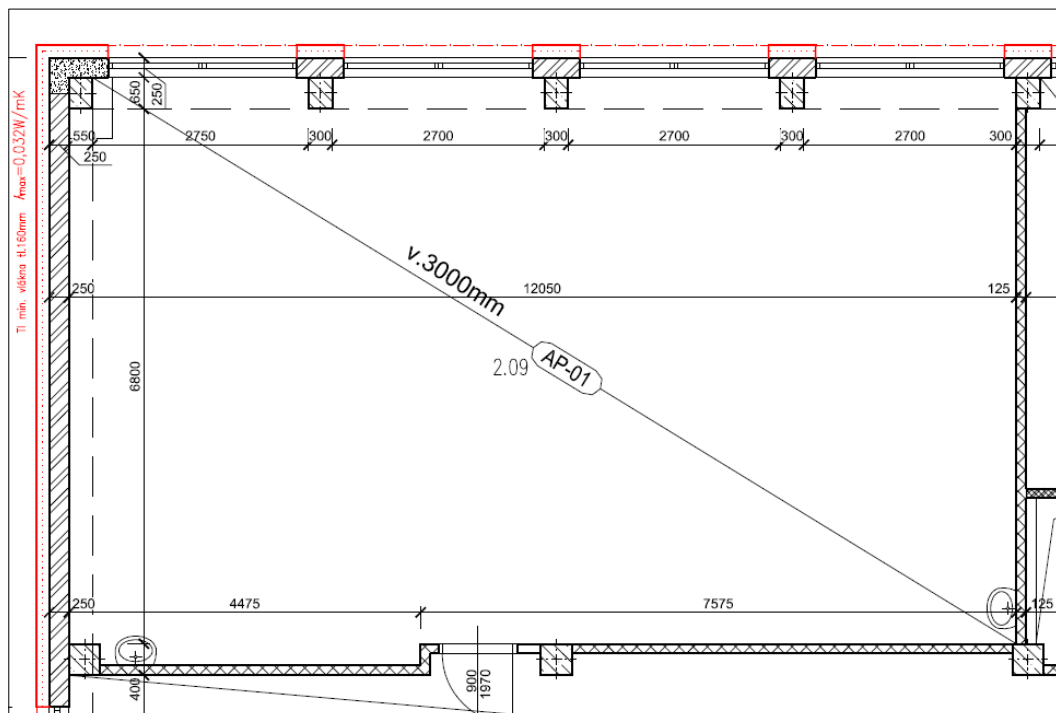
Půdorysy řešených typových místností jsou na následujících obrázcích. Jedná se o kmenovou učebnu 2.04 v pavilonu B s půdorysnou plochou 66,7 m² a kmenovou učebnu 2.09 v pavilonu A s půdorysnou plochou 87,4 m². Navržené řešení lze pak použít pro všechny učebny srovnatelných rozměrů.

- Kmenová učebna 2.04



Obr. /1/ Půdorys kmenové učebny 2.04

- Kmenová učebna 2.09



Obr. /2/ Půdorys kmenové učebny 2.09

4. POŽADAVKY

Optimální doba dozvuku T_0 prostoru daného účelu se stanoví podle využití a pro objem prostoru. Číselně vyjádřená hodnota optimální doby dozvuku v sekundách se týká prostoru v obsazeném stavu a vztahuje se ke kmitočtu 1000 Hz.

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

Místnost	Objem [m ³]	Optimální doba dozvuku [s]
Učebna a posluchárna	do 250 m ³	0,70
Učebna pracovní výuky	-	Širokopásmový obklad stropu
Místnost pro hry v mateřských školách a školních družinách	130 až 200	Širokopásmový obklad stropu
Školní jídelna, menza	-	Širokopásmový obklad stropu

Tab. /1/ Optimální doba dozvuku

Doba dozvuku se vypočítá podle ČSN EN 12354-6 pro oktávová pásma se středními kmitočty od 125 Hz do 4000 Hz. Kmitočtový průběh vypočítané doby dozvuku T se ve vztahu k optimální době dozvuku T_0 projevuje pomocí kmitočtové závislosti přípustného rozmezí. Hodnoty přípustného rozmezí pro jednotlivá oktávová pásma jsou uvedeny v následující tabulce.

Účel prostoru	Meze	Střední kmitočet f (Hz) oktávového pásma											
		125		250		500		1000		2000		4000	
		T/T_0	T	T/T_0	T	T/T_0	T	T/T_0	T	T/T_0	T	T/T_0	T
Řeč	horní	1,20	0,84	1,20	0,84	1,20	0,84	1,20	0,84	1,20	0,84	1,20	0,84
	dolní	0,65	0,46	0,80	0,56	0,80	0,56	0,80	0,56	0,80	0,56	0,65	0,46

Tab. /2/ Přípustné rozmezí T/T_0

5. NÁVRH AKUSTICKÝCH ÚPRAV

5.1. Výpočtový model

Výpočet doby dozvuku byl proveden za pomoci softwaru ODEON [9]. Software ODEON byl vyvinut pro simulaci a měření prostorové akustiky budov. Oproti zjednodušenému výpočtu podle ČSN EN 12354-6 přílohy D, výpočet v programu ODEON umožňuje přesné zadání tvaru prostoru, podrobné členění a to včetně detailů.

5.2. Návrh úprav

Úpravy doby dozvuku lze obecně dosáhnout změnou celkové pohltivosti prostoru, tj. opatřením prostoru pohltivými materiály.

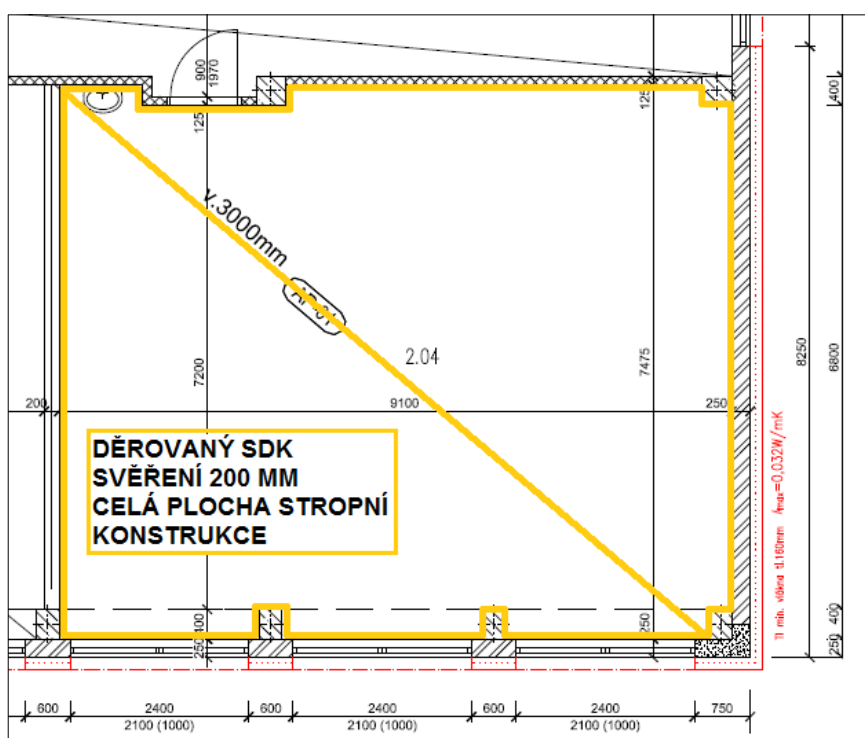
Při výpočtu je uvažováno s dokonale difuzním zvukovým polem, které není reálně dosažitelné. Výpočtová metodika proto slouží pouze jako pomůcka pro návrh akustických úprav pro zlepšení prostorové akustiky prostoru. Vypočtené hodnoty doby dozvuku se mohou od hodnot reálně naměřených mírně lišit.

Učebny

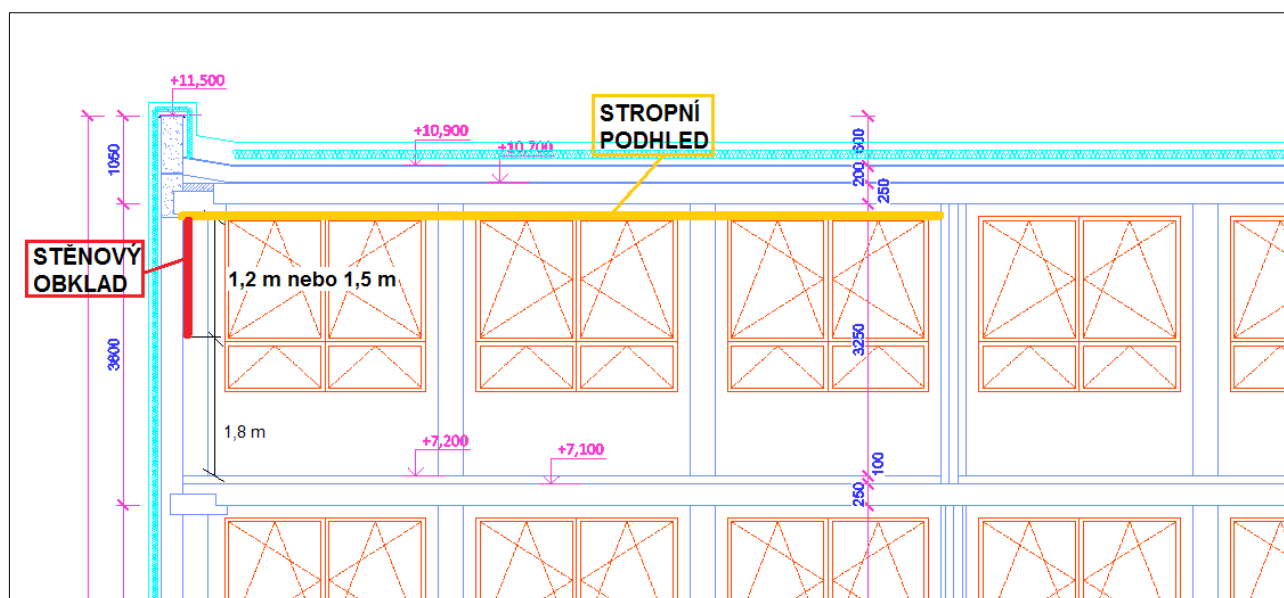
Do posuzovaného prostoru tříd navrhujeme provedení děrovaného sádkartonového stropního podhledu v celé ploše stropní konstrukce tříd. Navrženy jsou děrované SDK desky Rigips Gyptone BIG Quattro 46 se svěšením 200 mm od stropní konstrukce (celková tloušťka obkladu 212,5 mm) bez vložené minerální izolace.

Shodný typ děrovaných SDK desek Gyptone BIG Quattro 46 s odsazením 50 mm musí být umístěny i na části zadní stěny učebny proti tabuli. Jednalo by se o pás o výšce 1,2 m v menších učebnách o ploše cca 66 m² (učebna 2.04) nebo 1,5 m ve větších učebnách o ploše 87 m² (učebna 2.09) vždy od stropního podhledu přes celou šířku zadní stěny učebny. Ve vzduchové mezeře tl. 50 mm mezi deskou a stěnou musí být umístěna minerální izolace o tloušťce 50 mm s objemovou hmotností 10 - 15 kg/m³.

Navrhované rozmístění děrovaného stropního podhledu v učebnách je vyznačeno žlutou barvou na následujících obrázcích, umístění obkladu na zadní stěně je vyznačeno červeně.



Obr.3/ Půdorys s vyznačenými akustickými úpravami



Obr./4/ Řez s vyznačenými akustickými úpravami

V následující tabulce jsou uvedeny činitele pohltivosti navrženého materiálu uvažované ve výpočtu.

Pohledový materiál	Střední kmitočet f (Hz) oktávového pásma					
	125	250	500	1000	2000	4000
Děrovaný SDK podhled Gyptone BIG Quattro 46 svěšení 200 mm	0,60	0,60	0,55	0,45	0,40	0,40
Děrovaný SDK podhled Gyptone BIG Quattro 46 odsazení 50 mm minerální izolace 50 mm ve vzduchové mezeře	0,50	0,70	0,65	0,55	0,45	0,40

Tab./3/ Průběh činitele pohltivosti v oktávových pásmech

Výška odsazení je uvažována od plného odrazivého povrchu v tomto případě betonové stropní konstrukce, v místě nadpraží okna a průvlaků bude svěšení lokálně sníženo tak, aby byla zachována světlá výška místnosti 3,0 m v celé ploše.

5.3. Posouzení

K hodnocení prostorové akustiky tříd je použit software ODEON 15.10 Auditorium. Posouzení je provedeno pro dvě typové velikosti učeben:

- kmenová učebna 2.04 v pavilonu B s půdorysnou plochou 66,7 m²
- kmenová učebna 2.09 v pavilonu A s půdorysnou plochou 87,4 m²

Navržené úpravy jsou pro oba typy učeben shodné – děrovaný SDK podhled na celou plochu stropní konstrukce a děrovaný SDK obklad na část zadní stěny naproti tabuli od výšky 1,8 m nad podlahou v menších učebnách 66 m² a od výšky 1,5 m nad podlahou ve větších učebnách 87 m². Navržené úpravy v tomto rozsahu lze použít i pro všechny ostatní kmenové učebny v objektu, počítačovou učebnu i učebnu chemie a fyziky.

Dále jsou uvedeny vypočtené hodnoty doby dozvuku pro oba typové prostory a jejich porovnání s normovým požadavkem.

Kmenová učebna 2.04 pavilon B s půdorysnou plochou 66,7 m²

V následující tabulce jsou uvedeny vypočtené hodnoty doby dozvuku učebny s navrženými akustickými úpravami a je provedeno posouzení doby dozvuku vůči požadavkům ČSN 73 0527. Uvažováno je s kapacitou učebny 30 žáků, pro výpočet je předpokládána průměrná obsazenost učebny 80% kapacity, tedy 26 žáků.

Parametr		Znač.	Jedn.	Střední kmitočet f [Hz] oktávového pásma					
				125	250	500	1000	2000	4000
Vypočtená doba dozvuku v oktávových pásmech		T	s	0,70	0,65	0,66	0,68	0,68	0,64
Požadované rozmezí hodnot doby dozvuku	Horní mez	T _{E,N}	s	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84
	Dolní mez	T _{E,N}	s	0,46	0,56	0,56	0,56	0,56	0,46
Hodnocení				+	+	+	+	+	+

Tab./4/ Posouzení vypočtené doby dozvuku – kmenová učebna 2.04 pavilon B

Z tabulky je zřejmé, že vypočtené hodnoty doby dozvuku leží ve všech kmitočtových pásmech v požadovaném rozmezí stanoveném pro učebnu dle ČSN 73 0527.

Kmenová učebna 2.09 pavilonu A s půdorysnou plochou 87,4 m²

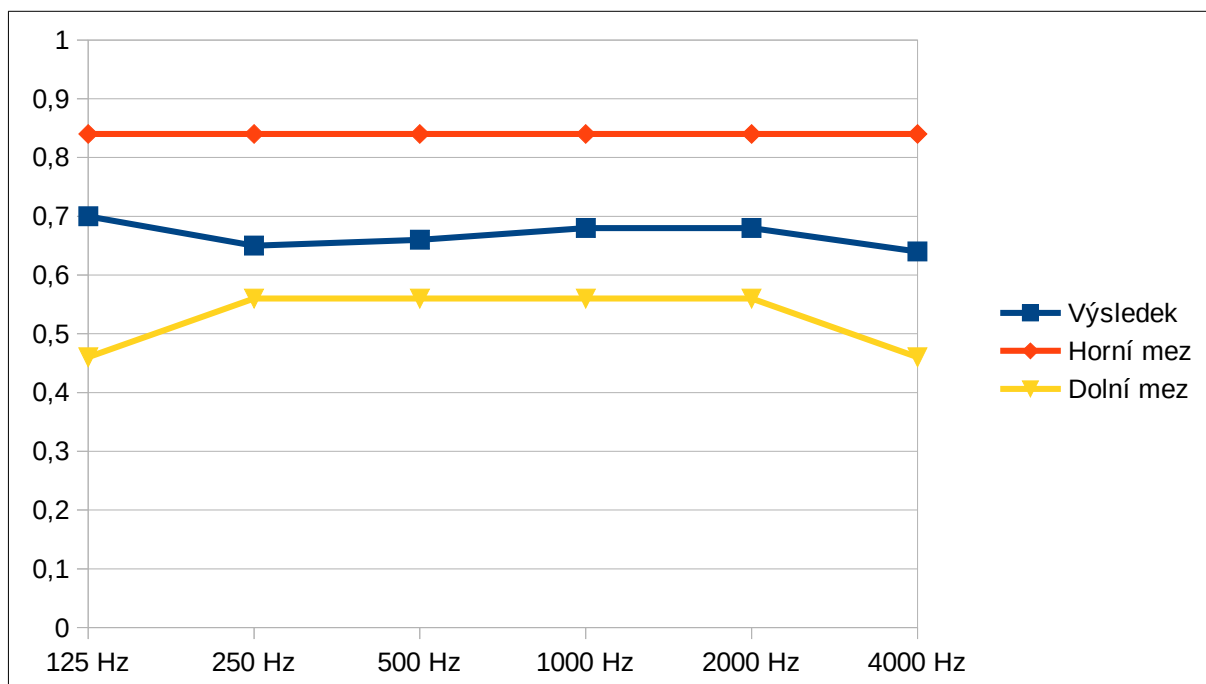
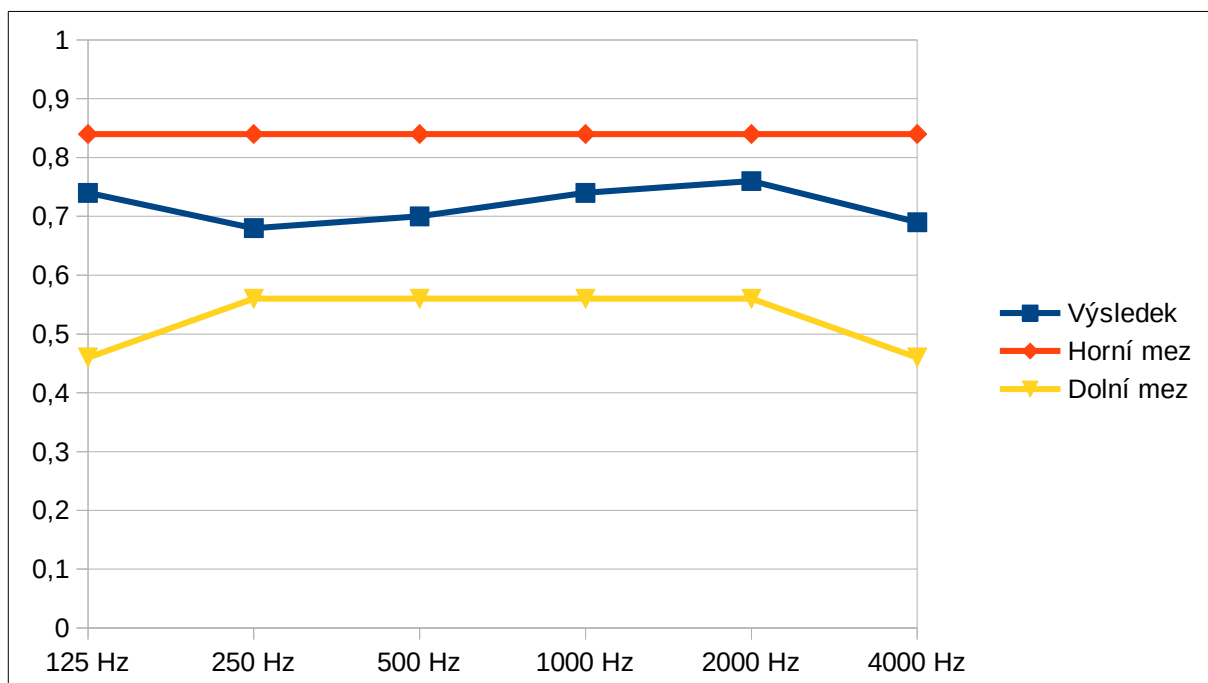
V následující tabulce jsou uvedeny vypočtené hodnoty doby dozvuku učebny s navrženými akustickými úpravami a je provedeno posouzení doby dozvuku vůči požadavkům ČSN 73 0527. Uvažováno je s kapacitou učebny 30 žáků, pro výpočet je předpokládána průměrná obsazenost učebny 80% kapacity, tedy 26 žáků.

Parametr		Znač.	Jedn.	Střední kmitočet f [Hz] oktávového pásma					
				125	250	500	1000	2000	4000
Vypočtená doba dozvuku v oktávových pásmech		T	s	0,74	0,68	0,70	0,74	0,76	0,69
Požadované rozmezí hodnot doby dozvuku	Horní mez	T _{E,N}	s	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84
	Dolní mez	T _{E,N}	s	0,46	0,56	0,56	0,56	0,56	0,46
Hodnocení				+	+	+	+	+	+

Tab./5/ Posouzení vypočtené doby dozvuku – kmenová učebna 2.09 pavilon A

Z tabulky je zřejmé, že vypočtené hodnoty doby dozvuku leží ve všech kmitočtových pásmech v požadovaném rozmezí stanoveném pro učebnu dle ČSN 73 0527.

Porovnání výsledků s požadovaným rozmezím je pro názornost uvedeno i na následujících obrázcích.

Kmenová učebna 2.04 pavilon B s půdorysnou plochou 66,7 m²**Obr./5/ Grafické porovnání výsledků s požadavkem ČSN 73 0527 – kmenová učebna 2.04****Kmenová učebna 2.09 pavilonu A s půdorysnou plochou 87,4 m²****Obr./6/ Grafické porovnání výsledků s požadavkem ČSN 73 0527 – kmenová učebna 2.09**

5.4. Další prostory

Kromě učeben pro která norma ČSN 730527 předepisuje číselný požadavek na dobu dozvuku, je v normě uveden i požadavek na širokopásmový obklad stropu.

Za širokopásmový obklad je považován ten, jehož vážený činitel zvukové pohltivosti $\alpha_w \geq 0,8$ a spadá do třídy zvukové izolace A nebo B zvukové pohltivosti. V tomto případě je nutné použít minerální kazetový podhled např. AMF Thermatex Alpha $\alpha_w = 0,95$ třída A při svěšení 100 mm nebo 200 mm.

Širokopásmový obklad stropu je požadován v místnostech typu dílna (m.č. 2.06 pavilon A) klubovna a herna (m.č. 2.10 a 2.11 pavilon A), klubovna (m.č. 3.10 pavilon B) a jídelna (m.č. 1.02 pavilon A – je již instalován).

6. ZÁVĚR

Úkolem akustické studie byl návrh zvukopohltivých úprav pro rekonstrukci prostor stávající základní školy v ulici Švermova 403/40 v Liberci.

Do tříd byl navržen obklad z děrovaných SDK desek v celé ploše stropu a na části zadní stěny učebny. Výpočtová doba dozvuku v učebnách s navrženými úpravami splňuje požadavky ČSN 73 0527 pro navrhované využití.

Do prostor s požadavkem na širokopásmový obklad stropu byl navržený minerální kazetový podhled. Jedná se o dílnu, klubovnu, hernu a jídelnu (podhled již instalován).

Navržené konstrukce doporučujeme posoudit z hlediska tepelněvlhkostního režimu skladeb a z hlediska požární bezpečnosti staveb.

Návrh vychází 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 10% nákladů. Případné měření doby dozvuku po realizaci úprav je nutné provádět až po vybavení místností nábytkem.

V Praze dne 11.03.2019

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

Ing. Lenka Peštová

Tel.: +420 733 168 452

e-mail: lenka.pestova@dek-cz.com