

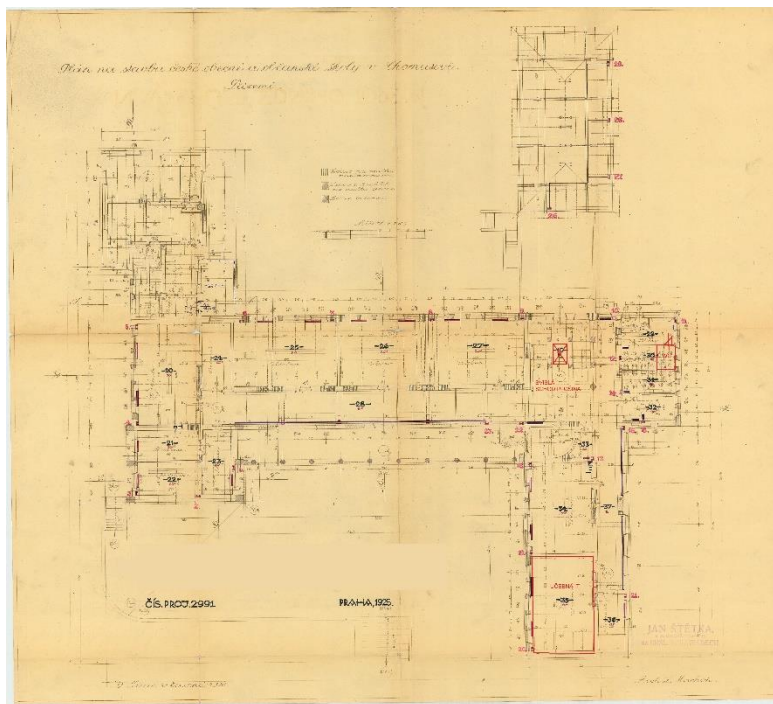
EKOLA group, spol. s r.o.

Držitel certifikátů:

ČSN EN ISO 9001:2009

ČSN EN ISO 14001:2005

ČSN OHSAS 18001:2008



ZUŠ T. G. Masaryka Chomutov

(IT učebna hudební výchovy č. 29)

**Měření doby dozvuku a návrh prostorové
akustiky**

EKOLA group, spol. s r.o.

Mistrovská 4

108 00 Praha 10

IČ: 63981378

DIČ: CZ63981378

Telefon: +420 274 784 927-9

Fax: +420 274 772 002

E-mail: ekola@ekolagroup.cz

www.ekolagroup.cz

Únor 2017



1. Úvod

Předmětem této zprávy je měření doby dozvuku a popis k projektu akustických úprav (podhledů a obkladů) v IT učebně hudební výchovy Základní umělecké školy T. G. Masaryka v Chomutově. Jedná se o místnost č. 29 v přízemí budovy.

2. Všeobecný popis

Parametry (objem a celková plocha obklopujících stěn vč. podlahy a stropu) učebny jsou uvedeny v následujícím přehledu.

Míst. č.	Název místnosti	Objem V (m ³)	Plocha S (m ²)
29	IT učebna hudební výchovy (20 žáků)	238	251

Výška stropu v učebně je cca 3,6 m. Učebna je zařízená obvyklým způsobem – dřevěné lavice, židle s mělkým polstrováním, dřevěné skříně, tabule, několik nástěnek či plakátů, umývadlo, apod + klavír umístěný v cca první třetině délky místnosti od tabule. Stěny a strop jsou bez speciální akustické úpravy, omítnuté, na jedné delší stěně jsou okna. Podlahu v učebně tvoří koberec, který zajišťuje dobrou zvukovou pohltivost zejména na vyšších kmitočtech.

3. Požadavky na dobu dozvuku resp. akustickou úpravu

Učebna bude provozována jako IT/multimediální učebna hudební výchovy. Její kapacita bude cca 20 žáků, kdy každý bude mít k dispozici elektronické klávesové nástroje. Předpokládá se vybavení ozvučovací technikou, která umožní komunikaci / prezentaci učitele s žáky během výuky.

Optimální doba dozvuku T_0 resp. akustická úprava v akusticky náročných prostorách je dána jejich objemem a způsobem využití. Tuto problematiku v prostorách pro kulturní, školní a veřejné účely řeší ČSN 730527.

Dle Vyhlášky č. 343/2009 Sb. musí být v zařízeních a provozovnách pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých (tedy v našem případě v učebnách) dodrženy požadavky na dobu dozvuku dle příslušné technické normy (ČSN 730527). Jde o prostory, kde je nutno provést speciální akustickou úpravu pro dosažení požadované doby dozvuku.

Konkrétní požadavky na učebny dle ČSN 730527 jsou v našem případě tyto:

Učebna hudební výchovy

Objem (orientačně): $V = \text{cca } 200 \text{ m}^3$

Optimální doba dozvuku: $T_0 = 0,9 \text{ s}$

Učebna hudební výchovy při reprodukování hudby

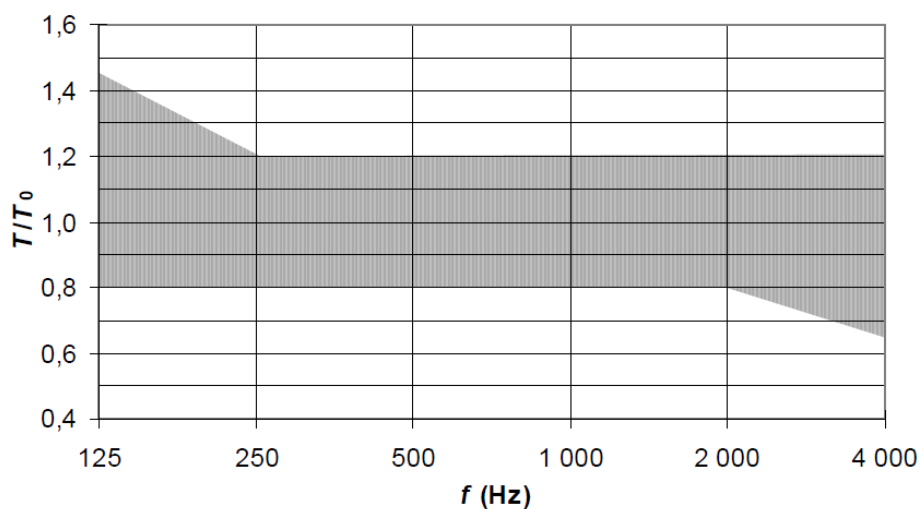
Objem (orientačně): $V = \text{cca } 200 \text{ m}^3$

Optimální doba dozvuku: $T_0 = 0,5 \text{ s}$

Vzhledem k tomu, že ve zkoumané místnosti se uvažuje kombinace obojího – tedy jak klasická výuka hudební výchovy, tak využití reprodukováné hudby, byla optimální doba dozvuku pro učebnu v rámci této studie stanovena jako podle přísnějšího kritéria uvedených hodnot – tedy 0,5 s. Tato hodnota by měla zaručit dostatečný akustický komfort žáků i učitele při obou variantách výuky.

Doba dozvuku se hodnotí v obsazeném stavu, tj. při přítomnosti osob. Za obsazený stav se uvažuje obsazenost 80 až 100%.

Frekvenční průběh doby dozvuku by měl v případě učeben hudební výchovy probíhat v rozsahu od 125 Hz do 4 kHz uvnitř tolerančního pásma dle ČSN 730527 – viz následující obrázek.



4. Měření doby dozvuku

V posuzovaném prostoru proběhlo dne 21.2.2017 měření doby dozvuku při neobsazeném stavu. Měření proběhlo impulsní metodou prasknutí balonku pro 5 různých měřicích bodů a poloh zdroje. Výsledky měření pak byly prostorově průměrovány.

Doba dozvuku se pro všechna zkoumaná oktávová frekvenční pásma od 125 do 4.000 Hz pohybuje od 0,75 do 1,55 s (detailní průběh viz. Příloha 1). Je tedy zřejmé, že k zaručení dostatečné akustické pohody během výuky a splnění normových požadavků bude za potřeby provést dodatečné úpravy doby dozvuku, zejména na středních a nižších kmitočtech.

Naměřená doba dozvuku IT učebny hudební výchovy č. 29 (s)					
125 Hz	250 Hz	500 Hz	1.000 Hz	2.000 Hz	4.000 Hz
1,16	1,55	1,31	1,05	0,85	0,76

5. Materiály pro akustickou úpravu

Při návrhu akustické úpravy byly za základ vzaty požadavky uvedené v kap. 3.

Z empirických výpočtů doby dozvuku na základě znalosti dispozice a použitých materiálů ve zkoumané učebně po její rekonstrukci (jejíž součástí bude instalace celoplošného SDK podhledu), je patrné, že hodnoty doby dozvuku jsou i v obsazeném stavu v rozsahu 125 – 1.000 Hz vyšší, než požaduje ČSN 730527 (viz. Příloha 1 této studie). Překročení je nejvýraznější v oktávových pásmech 250 a 500 Hz. Proto musí být doplněny dodatečné akustické úpravy, aby bylo zajištěno splnění požadavků ČSN 730527 po jejich realizaci. Návrh těchto úprav je předmětem tohoto projektu.

Akustické materiály pro úpravy doby dozvuku jsou tyto:

5.1 Učebna – strop

1) AP1 - rastrový akustický podhled pod stropem nebo jeho částí.

Technický popis:

Rastrový akustický podhled. Jde o podhled z desek s širokopásmovou frekvenční charakteristikou zvukové pohltivosti Ecophon Gedina A, doplněný o minerální absorbent Ecophone Extra Bass. Rozměry desek 600x600 mm, barva bílá, hrana A, rastr T24 bílý.

Uvažované svěšení podhledu pod stropem je cca 200 mm.

2) AP2 - rastrový akustický podhled pod stropem nebo jeho částí.

Technický popis:

Rastrový akustický podhled. Jde o podhled z desek s nízkofrekvenční charakteristikou (vyšší činitel zvukové pohltivosti na nízkých kmitočtech, nízký na středních a vyšších kmitočtech) Ecophon Gedina A gamma. Rozměry desek 600x600 mm, barva bílá, hrana A, rastr T24 bílý.

Uvažované svěšení podhledu pod stropem je cca 200 mm.

5.2 Učebna – stěny

ŠAO – širokopásmový akustický obklad na zadní stěně.

Technický popis:

Moduly 600 x 600 mm širokopásmového akustického obkladu na zadní stěně – v podobě pevných desek na bázi sololitu/dřeva s pravidelnou perforací 15 - 20% plochy, na vzduchové mezeře hl. cca 100 mm s povrchovou úpravou s vysokou mechanickou odolností.

RAO – rezonanční akustický obklad na zadní stěně.

Technický popis:

Moduly 600 x 600 mm rezonančního akustického obkladu na zadní stěně – v podobě pevných desek na bázi sololitu/dřeva se speciální rezonanční funkcí, na vzduchové mezeře hl. cca 150 - 200 mm s povrchovou úpravou s vysokou mechanickou odolností.

6. Stručný popis akustických úprav

V IT učebně hudební výchovy se uvažují následující akustická opatření:

Akustický podhled

Akustický podhled na celé ploše stropu, kombinovaný z prvků **AP1/AP2** v poměru 1:2. Rozložení obou složek podhledu co nejvíce pravidelné, okrajové části a případné hrany ze sádrokartonu **SDKP**.

Akustický obklad stěn

Pás 1,2 x 6 m na zadní stěně, pravidelně prostřídáné moduly **ŠAO** a **RAO**, celková plocha 7,2 m². V případě nutnosti možno část obkladu realizovat na delší boční stěně, ne však více jak 30%. Finální variantu nutno konzultovat s akustikem.

Výkaz výměr akustických podhledů a obkladů a jejich cenový odhad je uveden ve zvláštní příloze.

Nutno zmínit, že tento návrh počítá s použitím koberce jako podlahové krytiny. Varianta s jiným povrchem (PVC, PUR,...) je také možná, nicméně vyžaduje konzultaci s akustikem.

7. Výpočet doby dozvuku

Výpočet doby dozvuku po úpravách

Výpočet doby dozvuku po úpravách byl použit dle ČSN 73 0525 podle Eyringova vztahu:

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

kde V ... objem místnosti

S ... celková plocha ohraničujících stěn místnosti

α_s ... střední činitel zvukové pohltivosti (-)

m ... činitel útlumu zvuku při šíření ve vzduchu

Střední činitel zvukové pohltivosti vypočteme podle vztahu:

$$\alpha_s = \frac{\sum S_i \cdot \alpha_i}{S} \text{ (-)} \quad /2/$$

kde S_i ... je dílčí pohltivá plocha (m²)

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

Výpočet doby dozvuku byl proveden podle ČSN 73 0525 a 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 v učebně jsou uvedeny ve výpočetní příloze, kde je graficky znázorněn frekvenční průběh vypočítané doby dozvuku v porovnání s průběhem doby dozvuku ve stávajícím stavu a tolerančním polem pro frekvenční průběh doby dozvuku dle ČSN 730527.

Činitele zvukové pohltivosti α vstupující do výpočtů byly stanoveny na základě odborné literatury, firemních údajů a provedených měření stejných nebo podobných akustických materiálů a prvků.

8. Závěr

Navrženou akustickou úpravou bude dosaženo požadovaných hodnot doby dozvuku ve zkoumané učebně hudební výchovy.

Vypočítané hodnoty doby dozvuku v učebně (č.m. 29) se pohybují uvnitř tolerančního pásma dle ČSN730527 vztaženého k hodnotě $T_0 = 0,5$ s.

Akustické parametry (doba dozvuku) závisí nejen na rozsahu akustické úpravy, ale také jejich rozmístění. Dojde-li k výraznějším změnám oproti tomto návrhu, je nutné je konzultovat s akustikem.

Projekt, měření a zprávu vypracovali:

Bc. Ondřej SIMON

Ing. Petr NOVÁK

Ing. Václav MOULÍK

V Praze 22.2.2017

Použité podklady

- /1/ Podklady poskytnuté objednatelem (půdorysy objektu)
- /2/ ČSN 73 0525 – Akustika - Projektování v oboru prostorové akustiky - Všeobecné zásady. 1998
- /3/ ČSN 73 0527 - Akustika - Projektování v oboru prostorové akustiky – Prostory pro kulturní účely – Prostory ve školách – Prostory pro veřejné účely. 2005
- /4/ ČSN EN 12354-6 - Stavební akustika - Výpočet akustických vlastností budov z vlastností stavebních prvků - Část 6: Zvuková pohltivost v uzavřených prostorech. Příloha C.
- /5/ Prospekty, katalogy a www stránky

Přílohy :

- 1 – IT učebna hudební výchovy – naměřené a vypočtené doby dozvuku před a po úpravách
- 2 – výkaz výměr a odhad cen akustických materiálů

EKOLA group, spol. s r.o.

Držitel certifikátů:

ČSN EN ISO 9001:2009

ČSN EN ISO 14001:2005

ČSN OHSAS 18001:2008

ZUŠ T.G.M. Chomutov (IT učebna hudební výchovy č. 29) Příloha 1

Naměřené a vypočtené doby dozvuku před a po úpravách

EKOLA group, spol. s r.o.

Mistrovská 4

108 00 Praha 10

IČ: 63981378

DIČ: CZ63981378

Telefon: +420 274 784 927-9

Fax: +420 274 772 002

E-mail: ekola@ekolagroup.cz

www.ekolagroup.cz

Únor 2017



ZUŠ T.G. Masaryka Chomutov
IT učebna hudební výchovy (m.č. 29)

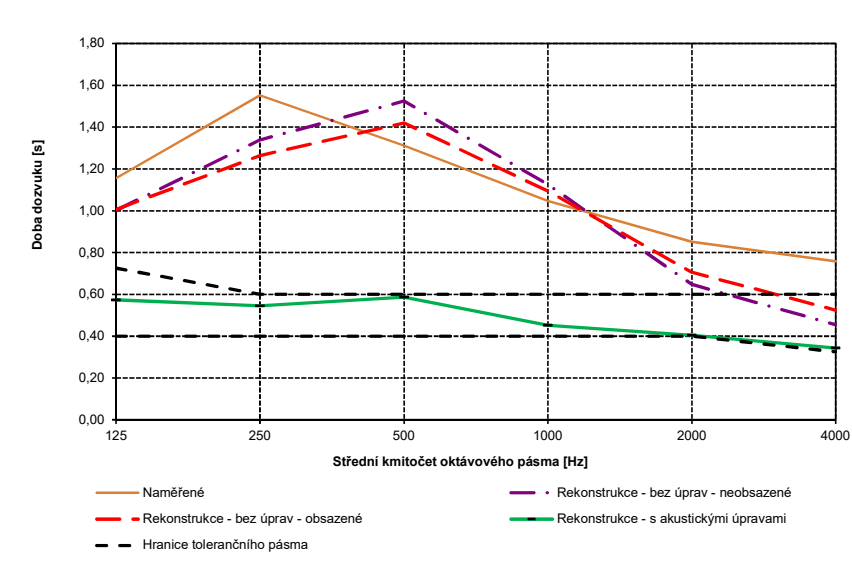
Výpočet doby dozvuku

V= 238,358 m3
S= 251,203 m2

Cílová doba dozvuku

0,5 s

MAT.	alfa						Plocha	pohltivost					
	125	250	500	1000	2000	4000		125	250	500	1000	2000	4000
vzduch	6,6E-05	2,5E-04	6,8E-04	1,3E-03	2,5E-03	6,4E-03	—	0,0629	0,2379	0,6508	1,2063	2,3988	6,1146
Podlaha (koberec)	0,13	0,11	0,15	0,3	0,63	0,9	44,3035	5,759455	4,87339	6,64553	13,2911	27,9112	39,8732
Okna (sklo)	0,2	0,2	0,1	0,09	0,09	0,08	16,8	3,36	3,36	1,68	1,512	1,512	1,344
Dveře (dřevo)	0,1	0,11	0,1	0,08	0,08	0,11	2,76	0,276	0,3036	0,276	0,2208	0,2208	0,3036
Tabule (dřevo)	0,1	0,11	0,1	0,08	0,08	0,11	4,2	0,42	0,462	0,42	0,336	0,336	0,462
Nábytek	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	6,006	1,8018	1,2012	0,6006	0,6006	0,6006	0,6006
Klavír	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	4	1,2	0,8	0,4	0,4	0,4	0,4
ŠAO - širokopásmový akustický obklad, tl. 10 cm, perf. 15-20%	0,35	0,7	0,9	0,9	0,8	0,6	3,6	1,26	2,52	3,24	3,24	2,88	2,16
RAO - rezonanční akustický obklad, tl. 15-20 cm	0,6	0,5	0,4	0,3	0,25	0,2	3,6	2,16	1,8	1,44	1,08	0,9	0,72
Stěny (omítka na cihle)	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	83,63	4,1815	4,1815	4,1815	4,1815	4,1815	4,1815
AP1 - podhled Ecophon Ged alfa s EB, tl. 20 cm pod SDK	0,7	1	1	1	1	1	21,6	15,12	21,6	21,6	21,6	21,6	21,6
AP2 - podhled Ecophon Ged gamma, tl. 20 cm	0,5	0,4	0,3	0,45	0,25	0,2	43,2	21,6	17,28	12,96	19,44	10,8	8,64
SDKP - Strop (SDK podhled)	0,25	0,15	0,1	0,08	0,08	0,08	0,5035	0,125875	0,07553	0,05035	0,04028	0,04028	0,04028
děti v lavicích 1/m2	0,12	0,2	0,25	0,35	0,4	0,4	17	2,04	3,4	4,25	5,95	6,8	6,8



CELKEM

251,203	59,37	62,10	58,39	73,10	80,58	93,24
T [s]	0,5738	0,5453	0,5863	0,4523	0,4045	0,3435
T [s]	0,57	0,55	0,59	0,45	0,40	0,34
dol. mez	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,325
hor. mez	0,725	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Rekonstrukce - bez úprav - obsazené	1,01	1,26	1,42	1,09	0,71	0,52
Rekonstrukce - bez úprav - neobsazené	1,00	1,34	1,52	1,12	0,65	0,45
Naměřené	1,16	1,55	1,31	1,05	0,85	0,76

Úpravy	počet	a	b	S
AP1 - Gedina alfa s ExtraBass	60	0,6	0,6	21,6
AP2 - Gedina gamma	120	0,6	0,6	43,2
ŠAO - širokopásmový akustický obklad s perforací	10	0,6	0,6	3,6
RAO - rezonanční akustický obklad	10	0,6	0,6	3,6

EKOLA group, spol. s r.o.

Držitel certifikátů:

ČSN EN ISO 9001:2009

ČSN EN ISO 14001:2005

ČSN OHSAS 18001:2008

ZUŠ T.G.M. Chomutov (IT učebna hudební výchovy č. 29) Příloha 2

Výkaz výměr a odhad cen akustických materiálů

EKOLA group, spol. s r.o.

Mistrovská 4

108 00 Praha 10

IČ: 63981378

DIČ: CZ63981378

Telefon: +420 274 784 927-9

Fax: +420 274 772 002

E-mail: ekola@ekolagroup.cz

www.ekolagroup.cz

Únor 2017



ZUŠ Chomutov - IT učebna hudební výchovy (m.č. 29)**Akustické materiály****Výkaz výměr**

Druh	ŠAO	RAO	AP1	AP2
Typ	širokopásmový akustický obklad (výroba na zakázku EKOLA)	rezonanční akustický obklad (výroba na zakázku EKOLA)	Ecophon Gedina alfa s Extra Bass, hl. 200 mm	Ecophon Gedina gamma, hl. 200 mm
Rozměr a modulu (m)	0,6	0,6	0,6	0,6
Rozměr b modulu (m)	0,6	0,6	0,6	0,6
Plocha modulu (m2)	0,36	0,36	0,36	0,36
Počet modulů	10	10	60	120
Celková plocha (m2)	3,6	3,6	21,6	43,2
Odhadní cena za m2 - včetně, roštu, koncových prvků a montáže (bez DPH)	6 500 Kč	6 500 Kč	1 890 Kč	1 590 Kč
Odhadní cena celkem - včetně montáže (bez DPH)	23 400 Kč	23 400 Kč	40 824 Kč	68 688 Kč
CELKEM (bez DPH)	156 312 Kč			