

EKOLA group, spol. s r.o.

Držitel certifikátů:

ČSN EN ISO 9001:2009

ČSN EN ISO 14001:2005

ČSN OHSAS 18001:2008



Základní škola Průhonice

Stará tělocvična

Návrh prostorové akustiky

Číslo zakázky: 17.0388-05

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

Červen 2017



1. Úvod

Předmětem této zprávy je změření a zhodnocení doby dozvuku ve stávajícím stavu a návrh akustických úprav (podhledů a obkladů) v prostoru staré tělocvičny v budově ZŠ v Průhonicích. Tento návrh slouží jako podklad pro projekt rekonstrukce interiéru.

Měření a návrh byly vypracovány na základě objednávky firmy AP Studio s.r.o. ze dne 21.6. 2017.

2. Všeobecný popis

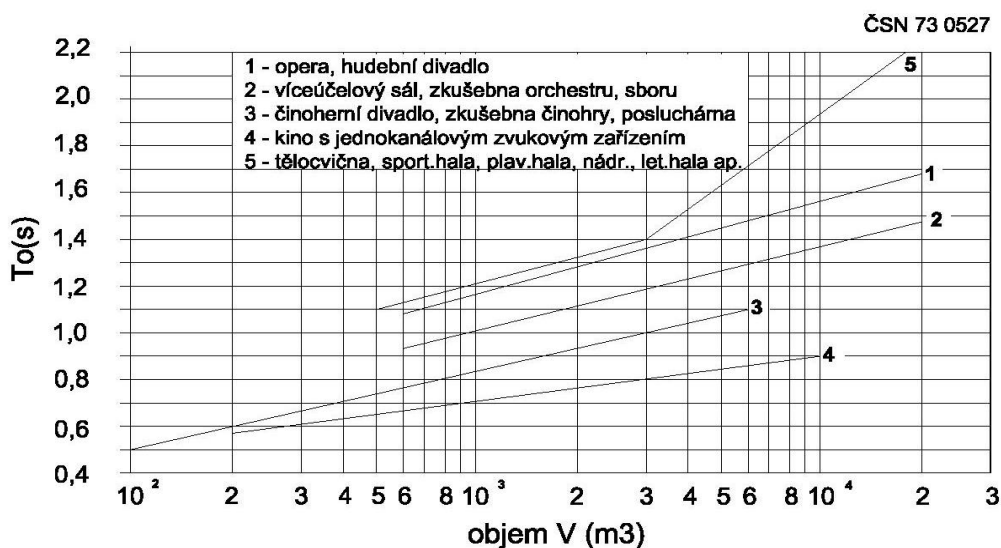
Tělocvična má v půdorysu obdélníkový tvar o rozměrech délka cca 31,2 m, šířka cca 15,9 m. Výška je stropu je cca 7,42 m u stěn, resp. cca 8,63 m uprostřed klenby v ose tělocvičny, s příčnými hlavními nosníky hloubky cca 300 mm. Objem sálu je $V = \text{cca } 3999 \text{ m}^3$ a celková plocha obklopujících stěn (vč. podlahy a stropu) je $S = \text{cca } 1704 \text{ m}^2$.

Stěny jsou hladké se zvukově odrazivou omítkou, s pasem oken šířky cca 1 m na obou delších stěnách, které zajišťují částečnou zvukovou pohltivost na nižších kmitočtech. Do výšky cca 2 m od podlahy jsou stěny po celém obvodu obloženy dřevěným obkladem s částečnou zvukovou pohltivostí na nízkých a středních kmitočtech. Strop je tvořen z dřevěných prken šířky cca 11 cm s mezerami v řádu několika mm, s masivními dřevěnými nosníky. Podlaha tělocvičny je dřevěná, obecně zvukově odrazivá.

3. Požadavky na dobu dozvuku resp. akustickou úpravu

Optimální doba dozvuku T_0 resp. akustická úprava v akusticky náročných prostorách je dána jejich objemem a způsobem využití – viz obr.1 níže. Tuto problematiku v prostorách pro kulturní, školní a veřejné účely řeší ČSN 730527. Norma má charakter doporučení a bez legislativní opory (zákon, nařízení vlády, vyhláška apod.) není právně závazná, není-li její splnění součástí smluvního vztahu.

Závislost optimální doby dozvuku T_0 na objemu a způsobu využití daného prostoru je možno odvodit z následujícího obr.1 (převzato z ČSN 730527). V případě bazénů, plaveckých hal, tělocvičen apod. jde o křivku č. 5.

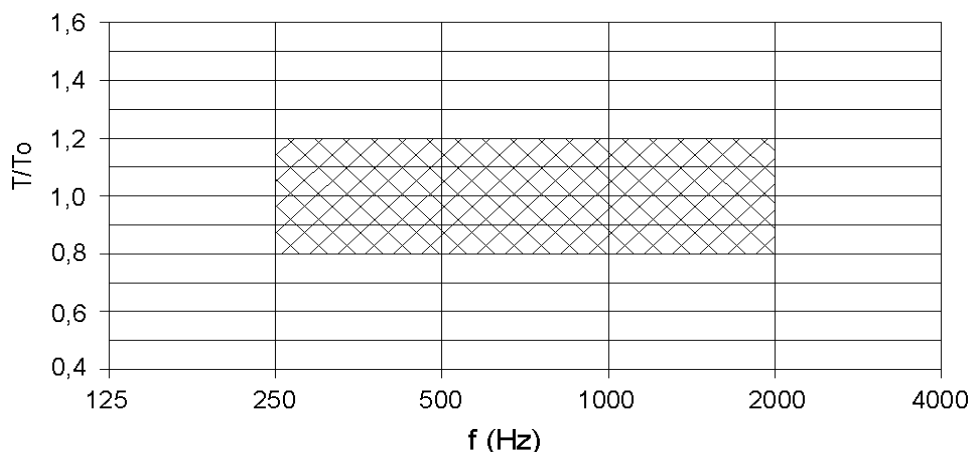


Obr. 1 - Závislost optimální doby dozvuku $T_0(s)$ pro kmitočet 1000 Hz na objemu $V(m^3)$ uzavřeného prostoru v obsazeném stavu (u závislosti 5 v neobsazeném stavu)

Konkrétní požadavky dle ČSN 73 0527 jsou v našem případě tyto:
Tělocvična o objemu $V = \text{cca } 4000 \text{ m}^3$: $T_0 = 1,53 \text{ s}$.

U tělocvičen, sportovních, a plaveckých hal apod. se doba dozvuku hodnotí v neobsazeném stavu, tj. bez přítomnosti osob.

Frekvenční průběh doby dozvuku v tělocvičně a bazénu musí probíhat v rozsahu od 250 Hz do 2 kHz uvnitř tolerančního pásma dle ČSN 730527 – viz následující obr.2.



Obr. 2 - Přípustné rozmezí poměru dob dozvuku T/T_0 pro tělocvičny, sportovní nebo plavecké haly, nádražní, letištní haly apod. na středním kmitočtu oktávového pásma.

4. Měření doby dozvuku ve stávajícím stavu

V tělocvičně proběhlo dne 12.6.2017 měření doby dozvuku s cílem vyhodnotit akustické parametry ve stávajícím stavu a získat podklad pro optimalizaci návrhu akustické úpravy tak, aby po jejím provedení byly splněny požadavky ČSN 730527 na dobu dozvuku.

Měření bylo provedeno dle ČSN EN ISO 3382-2 jako orientační impulsní metodou (výstřel ze startovacího revolveru) v 5 různých polohách mikrofону a zdroje zvuku. Výsledky z jednotlivých měřicích poloh byly pro vyhodnocení zprůměrovány a doba dozvuku vyhodnocena v oktávových frekvenčních pásmech od 125 do 4000 Hz. Naměřené hodnoty doby dozvuku jsou uvedeny tabelárně a graficky v příloze 1 (fialová křivka). Výsledky měření ukazují, že ve stávajícím stavu doba dozvuku v tělocvičně nesplňuje požadavek normy ČSN 730527 ani v jednom ze sledovaných oktávových pásem. Překročení tolerančních mezí je nejvýraznější na kmitočtech 1000 a 2000 Hz, kde dosahují cca 4 s i více. Na nízkých frekvencích je doba dozvuku relativně nízká. Zde se projevuje

Aby byl požadavek normy ČSN 730527 na cílovou dobu dozvuku splněn, bude nutné provést dodatečné akustické úpravy interiéru, které povedou k celkovému snížení doby dozvuku, zejména na vyšších kmitočtech. Návrh těchto úprav je předmětem této studie.

5. Materiály pro akustickou úpravu

Při návrhu akustické úpravy byly za základ vzaty požadavky uvedené v kap. 3. a výsledky měření doby dozvuku uvedené v kap. 4. Z nich je patrné, že bude nutno použít resp. doplnit akustické obklady s vysokou zvukovou pohltivostí zejména na vyšších frekvencích.

5.1 Materiály pro akustické úpravy stropu

DPL – akustický podhled z dřevěných latí

Podhled z dřevěných latí cca 50x20 mm. Latě budou montované s mezerami cca 60 mm ke stávajícímu stropnímu laťovému roštu hl. 3 cm (dle výkresu střechy). Do roštu pod latě vložit zvukově pohltivé desky na bázi minerální vaty tl. cca 20 mm s povrchovou černou tkaninou na líci směrem k latím (např. Ecophon Sombra). Povrchová úprava dle zadání architekta nebo investora.

5.2 Materiály pro akustické úpravy stěn

NDO – nízkofrekvenční dřevěný akustický obklad

Akustický obklad z hladkých prken tl. 18 mm. Desky montované k nosnému roštu hl. cca 5 cm. Při podlaze může být instalován okopový sokl o výšce 10-15 cm. Povrchová úprava, detaily atd. dle specifikace architekta.

DOL – akustický obklad z dřevěných latí

Akustický obklad z dřevěných latí 100x18 mm, mezery mezi latěmi cca 40 mm. Latě montované k nosnému roštu hl. cca 5 cm, nosný rošt po max. 30 cm kvůli zvýšení mechanické odolnosti obkladu. Do roštu vložit zvukově pohltivé desky na bázi minerální vaty tl. cca 50 mm s povrchovou úpravou (tkanina) směrem k latím (např. Ecophon Industry Modus). Povrchová úprava a barva dle specifikace architekta.

ŠMO – širokopásmový minerální akustický obklad.

Širokopásmový minerální obklad ŠMO (vysoký činitel zvukové pohltivosti zejména v oblasti středních a vyšších kmitočtů) – stěnové minerální panely tl. 40 mm s povrchovou úpravou s vysokou mechanickou - odolnost proti nárazům třídy 1A (např. Ecophon Akusto Wall Super G A nebo Super G Plus).

LKÚT – laťový kryt ÚT

Kryt na radiátory ÚT z dřevěných latí vzhledově identický s obkladem DOL.

6. Stručný popis a rozměry akustických úprav

Rozmístění akustických obkladů na stěnách a v podhledu je znázorněno v příloze 2.

Akustický podhled

V každém stropním poli budou odstraněny 2 pásy po 6 prknech. Na nosný rošt pod nimi bude osazen širokopásmový dřevěný akustický podhled **DPL** (bližší popis viz kap.5).

Výměra upravované části podhledu resp. obkladu DPL: cca 166 m²

Akustický obklad stěn

Původní dřevěný obklad do výšky cca 2 m z prken bude odstraněn a nahrazen novým hladkých dřevěným obkladem **NDO**. Do tohoto obkladu jsou vsazeny nové kryty ÚT – **LKÚT**. od výšky cca 2,0 m výš bude instalován pás nového akustického obkladu z dřevěných latí **DOL** o výšce cca 90 cm. Nad tímto pásem bude instalován pás dalšího nového minerálního akustického obkladu **ŠMO** o výšce 120 cm. S tímto obkladem se počítá na 2 delších a 1 kratší stěně, případně na všech 4 stěnách s mezerami tak, aby celková plocha obkladu byla cca 80-85 m.

Výměry akustických obkladů:

NDO: cca 128 m² (není zahrnut obklad ve skladu nářadí)

LKÚT: cca 17 m²

DOL: cca 73 m²

ŠMO: cca 87 m²

7. Výpočet doby dozvuku

Výpočet doby dozvuku po úpravách

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

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

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 tělocvičně 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, v některých případech byly odhadnuty z hodnot u podobných akustických materiálů a prvků.

8. Závěr

Současné řešení interiéru staré tělocvičny základní školy v Průhonicích nezajistí splnění požadavků na dobu dozvuku dle ČSN 730527. Doba dozvuku je příliš vysoká – především na frekvenčních pásmech 1000 a 2000 Hz, kde dosahuje 4 s i více.

Pro splnění požadavků ČSN 730527 je potřeba provést úpravu a doplnění stávajících obkladů a podhledů. Po realizaci navržených je vypočítaná doba dozvuku uvnitř tolerančního pásma dle ČSN 730527 vztaženého k požadované hodnotě $T_0 = 1,53$ s.

Na úpravy byly použity atypické akustické obklady, jejichž přesné akustické parametry (činitel zvukové pohltivosti) nejsou přesně známy a byly stanoveny odhadem na základě analogie s podobnými obklady. Z tohoto důvodu důrazně doporučujeme v průběhu realizace provádět etapová měření doby dozvuku a na základě jejich výsledků případně korigovat návrh akustických úprav, aby po dokončení byly splněny požadavky ČSN 730527.

Před výrobou obkladů je nutno provést přesnější zaměření stavby.

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

Projekt a zprávu vypracovali:

Ing. Václav MOULÍK

Ing. arch. Milan NESMĚRÁK

Bc. Ondřej SIMON



V Praze 22.6.2017

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 ISO 3382-2 Měření parametrů prostorové akustiky. Část 2: Doba dozvuku v běžných prostorech. 2009
- /5/ Prospekty, katalogy a www stránky

Přílohy :

Příloha 1 - Stará tělocvična ZŠ Průhonice – výpočet doby dozvuku

Příloha 2 - Návrh rozmístění akustických obkladů v podhledu a na stěnách (mimo zprávu)

ZŠ Průhonice
Stávající tělocvična

Výpočet doby dozvuku

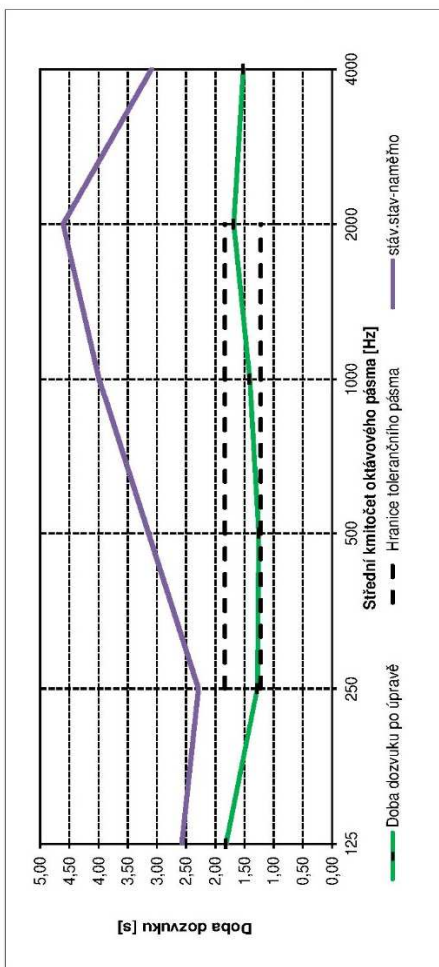
V= 3999 m3
S= 1704 m2

1,53 s

Cílová doba dozvuku

MAT.	125	250	500	1000	2000	4000	Plocha	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	-	1,0558	3,9912	10,9179	20,2381	40,2459	102,5871
Stávající pohlivost	0,13755	0,15189	0,10891	0,08054	0,0576	0,06151	1704	234,3793	258,8127	185,589	137,2455	98,1542	104,8157
Strop - pálinky	0,2	0,3	0,2	0,15	0,1	0,1	-166	-33,2	-49,8	-33,2	-24,9	-16,6	-16,6
DPL-podhled z dřev.lať 5x2cm,6cm mez.,2cm MV pod stáv.stropem	0,5	0,7	0,9	0,9	0,7	0,6	166	83	116,2	149,4	149,4	116,2	99,6
ŠMO-min.obklad tl. 4cm Super G	0,2	0,7	1	1	1	1	87	17,4	60,9	87	87	87	87
DOL-obklad z lať 10x2cm,4cm meze(a,5cm MV	0,4	0,8	0,8	0,65	0,5	0,4	73	29,2	58,4	58,4	47,45	36,5	29,2
Dřevěný obklad hladký bez tlumění, vč. soklu a krytů ÚT	0,2	0,15	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0	0
Stěny (omítka na cihle)	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	-160	-8	-8	-8	-8	-8	-8

cca 1/3 stropu
1,2 m pás na 3 stěnách
90cm pás na 4 stěnách
náhrada za nový



CELKEM

1704 323,84 440,50 450,11 408,43 353,50 398,60

T [s] 1,8161 1,2824 1,2564 1,4147 1,6870 1,5239

T [s] 1,82 1,28 1,26 1,41 1,69 1,52

dol. mez

hor. mez

stáv.stáv-n 2,58 2,29 3,14 3,99 4,61 3,09