

VESTAVBA DO PŮDY HLAVNÍ BUDOVY

2. Základní škola Hořovice, Jiráskova 617/6, 268 01 Hořovice

PROSTOROVÁ AKUSTIKA

Interaktivní místnost 404 a učebny B 410, A 412, E 424 a D 426

Návrh akustických úprav a výpočet doby dozvuku

Vypracoval:



Ing. Martin Čech

Na Míčáncích 6
101 00 Praha 10-Vršovice

Hlavní projektant:

Ing. Ivan Řehoř

MCT-RR, spol. s r.o.

Pražská 16
102 21 Praha 10-Hostivař

Investor:

Město Hořovice

Palackého náměstí 2
268 01 Hořovice

Praha, únor 2017

VESTAVBA DO PŮDY HLAVNÍ BUDOVY

2. Základní škola Hořovice, Jiráskova 617/6, 268 01 Hořovice

PROSTOROVÁ AKUSTIKA

Interaktivní místnost 404 a učebny B 410, A 412, E 424 a D 426

Návrh akustických úprav a výpočet doby dozvuku

1. Úvod

Předmětem dokumentace je návrh úprav prostorové akustiky interaktivní místnosti 404 a učeben B 410, A 412, E 424 a D 426 umístěných ve vestavbě do půdy hlavní budovy 2. Základní školy Hořovice, Jiráskova 617/6, Hořovice.

Řešení prostorové akustiky obsahuje stanovení optimální doby dozvuku podle doporučení ČSN 73 0526 a ČSN 73 0527 a výpočet kmitočtového průběhu předpokládané doby dozvuku pro navrhovanou skladbu akustických obkladů a konstrukcí v upravovaných místnostech.

Návrh akustických úprav je proveden podle doporučení platných českých státních norem, které jsou pro prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých závazné podle vyhlášky Ministerstva zdravotnictví ČR 410/2005 Sb. o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých, v platném znění vyhlášky Ministerstva zdravotnictví ČR 343/2009 Sb..

2. Použité výchozí podklady

1. Vestavba do půdy hlavní budovy 2. Základní škola Hořovice, Jiráskova 617/6, 268 01 Hořovice, Projektová dokumentace pro stavební povolení a výběr zhotovitele, Ing. Ivan Řehoř, MCT-RR, spol. s r.o., Pražská 16, 102 21 Praha 10-Hostivař, únor 2017,
2. Vyhláška Ministerstva zdravotnictví ČR 343/2009 Sb., kterou se mění vyhláška 410/2005 Sb. o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých, v platném znění,
3. ČSN 73 0525 Akustika. Projektování v oboru prostorové akustiky. Všeobecné zásady. ČNI, únor 1998,
4. ČSN 73 0527 Akustika. Projektování v oboru prostorové akustiky. Prostory pro kulturní účely. Prostory ve školách. Prostory pro veřejné účely. ČNI, březen 2005,
5. J. Čechura: Akustika stavebních konstrukcí, Stavební fyzika 10, ČVUT Praha, 1997,
6. J. Vaverka, J. Havránek, V. Kozel, P. Siegl: Akustika staveb-Souhrn kritériálních požadavků a výpočtových metod v oboru stavební a prostorové akustiky, VUT Brno, 1996,
7. J. Vaverka, J. Chybík: Akustika staveb-Souhrn materiálů a jejich fyzikálních vlastností pro aplikace v prostorové akustice, VUT Brno, 1996,
8. Technická dokumentace výrobců a dodavatelů akustických obkladů, materiálů a konstrukcí.

3. Definice a výpočet doby dozvuku T

V každém uzavřeném prostoru dochází vlivem zvukové pohltivosti stěn a vnitřního vybavení k pohlcování akustické energie vyzařované zdrojem zvuku.

Po zapnutí zdroje zvuku hustota zvukové energie s časem roste a asymptoticky se blíží hodnotě v ustáleném stavu, ve kterém je zvuková energie pohlcovaná stěnami neustále doplňována zdrojem zvuku. Součet energie v prostoru a energie pohlcované stěnami a vybavením se tedy musí rovnat zvukové energii vysílané zdrojem. Po vypnutí zdroje zvuku bude hustota zvukové energie v prostoru postupně klesat, až zcela zanikne.

Zvuk, který se šíří prostorem po vypnutí zdroje zvuku, se nazývá dozvuk a doba, po kterou existuje, je dobou dozvuku T .

Doba dozvuku je definována jako doba, za kterou po vypnutí zdroje zvuku klesne hustota energie nebo intenzita zvuku na miliontinu (10^{-6}) své původní hodnoty.

Při vyjádření pomocí hladin akustického tlaku L , na jejichž vyhodnocování je založeno měření doby dozvuku, odpovídá době dozvuku rozdíl hladin 60 dB.

Činitel zvukové pohltivosti plochy je poměr zvukové energie plochou pohlcené k celkové energii na plochu dopadající

$$0 < \alpha < 1.$$

Pro plochu úplně odrážející dopadající zvukovou energii je tedy

$$\alpha = 0 \quad [-]$$

a naopak plocha úplně pohlcující dopadající zvukovou energii má

$$\alpha = 1 \quad [-].$$

Zvuková pohltivost plochy S je

$$A = \alpha S \quad [m^2].$$

Střední činitel zvukové pohltivosti n ($i = 1$ až n) ploch je

$$\alpha_s = \sum_i \alpha_i S_i / S \quad [m^2]$$

kde je $S_i \quad [m^2]$ - dílčí plocha,
 $\alpha_i \quad [-]$ - činitel zvukové pohltivosti této dílčí plochy,
 $S \quad [m^2]$ - celkový vnitřní povrch uzavřeného prostoru,
 $\alpha_s \quad [-]$ - střední činitel zvukové pohltivosti vnitřního povrchu.

Pro dobu dozvuku platí Eyringův vztah

$$T = 0,163V / A \quad [s],$$

kde je $V \quad [m^3]$ - objem uzavřeného prostoru,
 $A = \alpha_E S + 4mV \quad [m^2]$ - celková ekvivalentní plocha pohlcování,
 $m \quad [-]$ - činitel útlumu zvuku při šíření ve vzduchu,
 $\alpha_E = -\ln(1 - \alpha_s) \quad [-]$ - Eyringův činitel zvukové pohltivosti.

Jak je z uvedených vztahů zřejmé, lze vhodnou kombinací obkladů a konstrukcí o různé zvukové pohltivosti ovlivňovat velikost doby dozvuku v uzavřeném prostoru.

Pro každý uzavřený prostor existuje tzv. optimální doba dozvuku, jejíž velikost závisí na objemu prostoru, na druhu zvukového signálu šířícího se vzduchem a na účelu, ke kterému má prostor sloužit.

Hlavní požadavky, zásady a kritéria pro řešení prostorové akustiky uzavřených prostorů jsou uvedeny ve státních normách:

ČSN 73 0525-Akustika. Projektování v oboru prostorové akustiky-Všeobecné zásady,

ČSN 73 0526-Akustika. Projektování v oboru prostorové akustiky-Studia a místnosti pro snímání, zpracování a kontrolu zvuku,

ČSN 73 0527-Akustika. Projektování v oboru prostorové akustiky-Prostory pro kulturní účely; Prostory ve školách; Prostory pro veřejné účely.

V ČSN ISO 3382 (73 0534)-Akustika. Měření doby dozvuku místností a sálů s uvedením jiných akustických parametrů je stanoven způsob měření doby dozvuku.

Výpočet doby dozvuku se provádí v oktávových pásmech se středními kmitočty 125 Hz až 4 000 Hz nebo 250 Hz až 2 000 Hz (pro tělocvičny) podle ČSN 73 0525. Kmitočtový průběh doby dozvuku T vypočítaný pro navrhovanou skladbu akustických obkladů musí vyhovovat tolerančnímu pásmu pro převažující typ signálu v prostoru. Přípustná rozmezí poměru vypočítané doby dozvuku a optimální doby dozvuku T/T_0 jsou uvedeny v příslušných normách.

V současné době jsou tyto státní normy platné, ale jejich ustanovení nejsou závazná, pokud není dalšími předpisy stanoveno jinak. Jejich doporučení se týkají objemu, tvaru, doby dozvuku a hlukových poměrů v akusticky náročných prostorech. Kvůli kvalitě díla je vhodné je při realizaci dodržovat.

4. Požadavky na dobu dozvuku

Podle § 7, odst. 1 zákona č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů, v platném znění, ve spojení s § 4b vyhlášky Ministerstva zdravotnictví ČR 410/2005 Sb. o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých, v platném znění vyhlášky Ministerstva zdravotnictví ČR 343/2009 Sb., /lit. 2/, musí být v zařízeních pro výchovu a vzdělávání a provozovnách pro výchovu a vzdělávání dodrženy normové hodnoty podle příslušné české technické normy upravující optimální doby dozvuku.

ČSN 73 0527 Akustika. Projektování v oboru prostorové akustiky. Prostory pro kulturní účely. Prostory ve školách. Prostory pro veřejné účely, /lit. 4/, stanoví v Tabulce 2-Požadavky na prostory ve školách následující požadavky na akustické řešení, resp. optimální dobu dozvuku:

$T_0 = 0,70$ s pro učebnu a posluchárnu o objemu do 250 m^3 (orientačně),

$T_0 = 0,60$ s pro audiovizuální učebnu o objemu 200 m^3 (orientačně),

- hodnoty optimální doby dozvuku se vztahují ke kmitočtu 1 000 Hz,
- přípustné rozmezí doby dozvuku pro řeč je stanoveno na obrázku A 4 zmíněné normy, a to $\pm 20 \%$ pro střední kmitočty oktávových pásem 250-2 000 Hz a $+20 \%$ / -35% pro střední kmitočty oktávových pásem 125 Hz a 4 000 Hz.

5. Základní charakteristika akusticky upravovaných prostorů

Architektonicko stavební řešení akusticky upravovaných učeben základní školy je navrženo v projektové dokumentaci, /lit. 1/.

Místnosti mají:

- obdélníkový půdorys,
- rovnou podlahu, kromě interaktivní místnosti 404, ve které je stupňovitá podlaha,
- nášlapnou podlahovou vrstvou z PVC,
- interiérové vybavení, stolky se židlemi, tabule, apod.,
- omítnuté zděné příčky z keramických bloků kombinované s příčkami ze sádrokartonových desek,
- vodorovné i šikmé části stropních podhledů ze sádrokartonových desek,
- v šikmých částech stropního podhledu střešní okna, kromě učeben A 412 a E 424, ve kterých jsou vikýře s okny,

- pod rovnou částí stropu akustický stropní rastrový podhled Ecophon Matrix s odklápěcími panely ze skelné vlny v různých formátech a velikostech, kromě interaktivní místnosti 404, kde je instalován pouze akustický obklad stěn z panelů ze skelného vlákna Ecophon Akusto Wall C s povrchovou úpravou Texona nebo Super G se zvýšenou mechanickou odolností kombinovaný s profrézovanými akustickými deskami na bázi dřeva Dukta Sonar nebo Linar na nosném roštu a se zvuk pohlcující vložkou ze skelné plsti jednostranně kaširované černou netkanou skelnou textilií Isover Akustic SSP 2 (štěrbínové rezonátory).

6. Návrh akustických úprav

Návrh akustických úprav je proveden teoreticky podle Eyringovy statistické metody a vychází z teoretických předpokladů pro neupravený prostor. Tento postup návrhu se používá v případech, ve kterých nelze provést měření počáteční doby dozvuku, např. při projektové přípravě. Toto měření lze provést až v určité fázi stavby a teoretický návrh akustických obkladů lze potom podle výsledků měření korigovat. Při rekonstrukci stávajícího prostoru státní norma doporučuje měření počáteční doby dozvuku a návrh akustických úprav vycházející z jeho výsledků.

Optimální doba dozvuku je stanovena podle ČSN 73 0527, /lit. 4/. Výpočet doby dozvuku je proveden v oktávových pásmech kmitočtu se středními kmitočty 125 Hz až 4 000 Hz podle ČSN 73 0525, /lit. 3/.

Základní rozměry prostoru a výsledky teoretického výpočtu předpokládaného kmitočtového průběhu doby dozvuku pro navrženou akustickou úpravu v jednotlivých místnostech jsou uvedeny v tabulkách TAB 1-5:

404 - Interaktivní místnost	$V = 197,9 \text{ m}^3$	$T_o = 0,60 \text{ s}$	TAB 1
$T_{1k} = 0,56 \text{ s}$ $T_{stř} = 0,55 \text{ s}$			
24,0 m ² - Dukta Linar/Sonar, profrézované akustické desky na bázi dřeva (štěrbínový rezonátor) s akustickou vložkou, obklad obou bočních stěn a zadní stěny do výšky přibližně 1,5 m, nad podlahou,			
26,0 m ² - Ecophon Akusto Wall C/Super G, obklad obou bočních stěn a zadní stěny nad štěrbínovým rezonátorem,			
410 - Speciální učebna B 20 žáků	$V = 130,5 \text{ m}^3$	$T_o = 0,70 \text{ s}$	TAB 2
$T_{1k} = 0,58 \text{ s}$ $T_{stř} = 0,59 \text{ s}$			
14,0 m ² - Ecophon Master Matrix, zavěšení pod rovnou částí stropního podhledu,			
412 - Učebna A 30 žáků	$V = 190,1 \text{ m}^3$	$T_o = 0,70 \text{ s}$	TAB 3
$T_{1k} = 0,61 \text{ s}$ $T_{stř} = 0,64 \text{ s}$			
24,0 m ² - Ecophon Master Matrix, zavěšení pod stropním podhledem,			
424 - Učebna E 30 žáků	$V = 189,5 \text{ m}^3$	$T_o = 0,70 \text{ s}$	TAB 4
$T_{1k} = 0,63 \text{ s}$ $T_{stř} = 0,66 \text{ s}$			
23,0 m ² - Ecophon Master Matrix, zavěšení pod stropním podhledem,			
426 - Učebna D 20 žáků	$V = 123,5 \text{ m}^3$	$T_o = 0,70 \text{ s}$	TAB 5
$T_{1k} = 0,71 \text{ s}$ $T_{stř} = 0,72 \text{ s}$			
13,0 m ² - Ecophon Master Matrix, zavěšení pod rovnou částí stropního podhledu,			

- kde je - V [m^3] - vnitřní objem místnosti,
 - T_o [s] - optimální doba dozvuku,
 - T_{1k} [s] - střední doba dozvuku pro střední kmitočet oktávového pásma 1 000 Hz,
 - $T_{stř}$ [s] - střední doba dozvuku v pásmu se středními kmitočty 500-1 000 Hz,

- Duktá Linar/Sonar
 - profrézované akustické desky na bázi dřeva, instalace na nosném roštu se zvuk pohlcující vložkou ze skelné plsti jednostranně kaširované černou netkanou skelnou textilií Isover Akustik SSP 2, (štěrbínový rezonátor s akustickou vložkou), obklad obou bočních stěn a zadní stěny do výšky přibližně 1,5 m, nad podlahou,
- Ecophon Akusto Wall C/Super G
 - stěnové akustické panely ze skelného vlákna s povrchovou úpravou se zvýšenou mechanickou odolností, typové nosné prvky, obklad obou bočních stěn a zadní stěny nad štěrbinovým rezonátorem,
- Ecophon Master Matrix
 - odklápěcí stropní panely ze skelné vlny v různých formátech a velikostech, rovná hrana, instalace v typovém nosném systému zavěšeném pod rovným stropním podhledem.

Návrh umístění akustických obkladů a konstrukcí v jednotlivých místnostech a jejich architektonické ztvárnění jsou uvedeny v architektonicko stavební části projektové dokumentace.

Ve výpočtu předpokládané skutečné doby dozvuku je zahrnut vliv zvukové pohltivosti obsazení osobami a dalšího interiérového vybavení místnosti.

Bude-li se skutečně instalované množství akustických materiálů lišit od navrhovaného o $\pm 10 \%$, nebude výsledný kmitočtový průběh doby dozvuku podstatně ovlivněn.

7. Popis akustického obkladu

Akustické materiály, konstrukce a prvky musí splňovat všechny požadavky na akustickou funkci, bezpečnost a zdravotní nezávadnost stanovené platnými předpisy.

K akustické úpravě prostoru bude použit akustický obklad uvedeného typu a konstrukce:

Ecophon Akusto Wall - typový stěnový panel

Akustický panel s vnitřním jádrem ze skelného vlákna vysoké hustoty na bázi 3RD Technology.

Stěnové panely se dodávají s různými povrchy:

- viditelný povrch je ze sklovláknité tkaniny Texona nebo ze silné, nárazu odolné, sklovláknité tkaniny Super G v různých barvách, či s povrchovou úpravou Akutex FT (nanoporézní akrylátový povrch) v bílé barvě,

Zadní strana panelu je pokryta skelnou tkaninou, hrany jsou bez úpravy.

Obvodové profily Ecophon Connect WP a Thinline a Connect dělicí profil.

Tloušťka vzduchového polštáře 50 mm.

Panely s rovnou hranou A se vyrábějí v rozměru 2 700×1 200 mm.

Panely s hranou C (pero-drážka) se vyrábějí v rozměru 2 700×600 mm.

Tloušťka panelů je 40 mm.

Celková hmotnost konstrukce je zhruba 4, resp. 5 kg/m².

Dukta Linar / Sonar (štěrbínový rezonátor) - stěnový panel

Akustický prvek na bázi dřeva účinný v pásmu středních kmitočtů, pohlcující a rozptylující zvuk.

Přední strana panelu je z desky MDF, překližky nebo spárovky tl, 8 mm, ve které jsou profrézovány štěrby široké 4 mm.

Rozměry desek jsou 2 500×1 250 mm, použitelná plocha 2 300×1 200.

Přední profrézovaná deska je připevněna na nosný rošt z dřevěných latí příslušné tloušťky, boky jsou ze dřeva, překližky, desky MDF nebo dřevotřísky.

Zadní dutina panelu je vyplněna vložkou ze skelné nebo minerální vlny jednostranně kaširované z lícové strany černou netkanou skelnou nebo minerální skleněnou textilií, např. Isover Akustik SSP 2 (P3/V), Ecophon Sombra A, Orsil Orstech 30 NT, apod.. Hustota materiálu této vložky by měla být $\rho=50-100 \text{ kgm}^{-3}$. Pod přední děrovanou deskou je na nosném roštu položena síťovina kryjící akustickou vložku.

Celková tloušťka panelu je přibližně 50 mm, tloušťka vzduchového polštáře je $d=50 \text{ mm}$.

Lícová strana panelu může být libovolně povrchově upravena, nejjednodušší je nátěr. Náročnější povrchová úprava je lakem nebo mořením, popř. dýhováním nebo potiskem.

Ecophon Matrix - typový stropní podhledový panel

Akustický panel s vnitřním jádrem vyrobeným ze skelného vlákna vysoké hustoty na bázi 3RD Technology.

Viditelný povrch je opatřen vrstvou materiálu Akutex FT.

Zadní strana panelu je potažena skelnou tkaninou.

Hrany panelu jsou rovné a zatřené.

Panely se montují do standardního nosného roštu Ecophon Connect T24 z pozinkované oceli a hliníku.

Systém je vhodný pro případy, kdy nelze použít celoplošný akustický stropní podhled. Umožňuje rychlou a snadnou instalaci s nejvyšší přesností díky předinstalovanému fixačnímu zařízení a připojení nosného rastru. Každý panel lze snadno odklápět.

Systém Master Matrix může být instalován buď s vysokým poměrem pokrytí stropu (cca 95 %) v modulu 1 200 mm s 40 mm mezerou mezi panely, kde vzniká dojem plovoucího stropu, nebo v řadách v modulu 1 040 mm (pokrytí stropu cca 60 %).

Panely jsou k dispozici v různých formátech a velikostech: 600×1 040 mm, 600×1 200 mm, 600×2 400 mm, 1 200×1 040 mm, 1 200×1 200 mm, 2 400×1 040 mm a 2 400×1 200 mm, tl. 40 mm.

Tloušťka vzduchového polštáře (celková hloubka systému) 255; 300; 400 mm podle nosného systému.

Hmotnost celého systému je přibližně $5-6 \text{ kg/m}^2$.

8. Závěr

Návrh akustických úprav je proveden podle doporučení platných českých státních norem, které jsou pro prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých závazné podle vyhlášky Ministerstva zdravotnictví ČR 410/2005 Sb. o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých, v platném znění vyhlášky Ministerstva zdravotnictví ČR 343/2009 Sb..

Z výsledků výpočtu předpokládané skutečné doby dozvuku vyplývá, že navrhované akustické úpravy umožní v interaktivní místnosti 404 a učebnách B 410, A 412, E 424 a D 426 umístěných ve vestavbě do půdy hlavní budovy 2. Základní školy Hořovice, Jiráskova 617/6, Hořovice, zajistit akustické podmínky potřebné pro pobyt a výuku.

Navrhované akustické úpravy slouží ke zvětšení zvukové pohltivosti a tedy ke zkrácení doby dozvuku a snížení hladiny akustického tlaku v poli odražených vln v místnosti. Přispějí tím ke zlepšení srozumitelnosti řeči a k ochraně vnitřního prostředí před hlukem z provozu v místnosti, ze

zdrojů uvnitř budovy i z venkovního prostoru a zajistí tak potřebnou akustickou kvalitu a pohodu v místnosti.

Vzhledem k tomu, že vnitřní objem učeben je menší než 250 m^3 , pro který ČSN 73 0527 doporučuje optimální dobu dozvuku 0,70 s, je kratší předpokládaná doba dozvuku v obou učebnách pro dané využití vyhovující.

Návrh umístění akustických obkladů a konstrukcí v jednotlivých místnostech a jejich architektonické ztvárnění jsou uvedeny v architektonicko stavební části projektové dokumentace.

Tento návrh akustických úprav a výpočet doby dozvuku byl proveden pro konkrétní akustické prvky (výrobky). V případě použití jiných akustických prvků (výrobků) musí zhotovitel předložit nový návrh akustických úprav a výpočet doby dozvuku.



Praha, únor 2017

Ing. Martin Čech

Na Míčánkách 6
101 00 Praha 10-Vršovice
tel./fax: 272 730 640
gsm: 602 218 696
e-mail: marcech@tiscali.cz

404 - Interaktivní místnost

Návrh akustických úprav a výpočet předpokládané doby dozvuku T

ČSN 730525 - Akustika-Projektování v oboru prostorové akustiky-Všeobecné zásady

ČSN 730526 - Akustika-Projektování v oboru prostorové akustiky-Studia a místnosti pro snímání, zpracování a kontrolu zvuku

ČSN 730527 - Akustika-Projektování v oboru prostorové akustiky-Prostory pro kulturní účely-Prostory ve školách-Prostory pro veřejné účely

Rozměry a optimální akustické vlastnosti prostoru

půdorys:	P =	39,6 m ²	délka:	d =	6,60 m
stropní podhled:	R =	52,2 m ²	šířka:	š =	6,10 m
obvodové stěny:	Q =	111,0 m ²	výška:	v =	6,50 m max
celkový povrch:	S =	202,8 m ²			
celkový objem:	V =	197,9 m ³			
optimální doba dozvuku:	T ₀ =	0,60 s	ČSN 73 0527 - Audiovizuální učebna		
činitel zvukové pohltivosti:	alfaE =	0,27		alfaS =	0,23
zvuková pohltivost:	AE =	54,1 m ²		AS =	47,5 m ²

Výpočet doby dozvuku T1

f [Hz]		125	250	500	1k	2k	4k	250-2k
č. materiál (činitel zvukové pohltivosti)	Si [m ²]/ni [ks]	alfai [-]		m=	0,0012	0,0024	0,0079	NRC
0 Odrazivé plochy	98,3 m ²	0,07	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05	0,06
1 Obsazení - osoby 2-2,5 ks/m ²	12,0 m ²	0,41	0,48	0,54	0,57	0,56	0,53	0,54
2 Nástěnka - dřevotřísková měkká deska	0,0 m ²	0,10	0,15	0,55	0,52	0,50	0,45	0,43
3 PVC podlahová krytina	39,6 m ²	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04
4 Okno zasklené	23,0 m ²	0,30	0,20	0,15	0,10	0,06	0,04	0,13
5 Dveře dřevěné	1,9 m ²	0,12	0,11	0,10	0,08	0,08	0,11	0,09
6 Dukt Linar/Sonar	19,0 m ²	0,30	0,65	0,70	0,65	0,60	0,55	0,65
7 Ecophon Akusto Wall C Super G	21,0 m ²	0,25	0,75	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

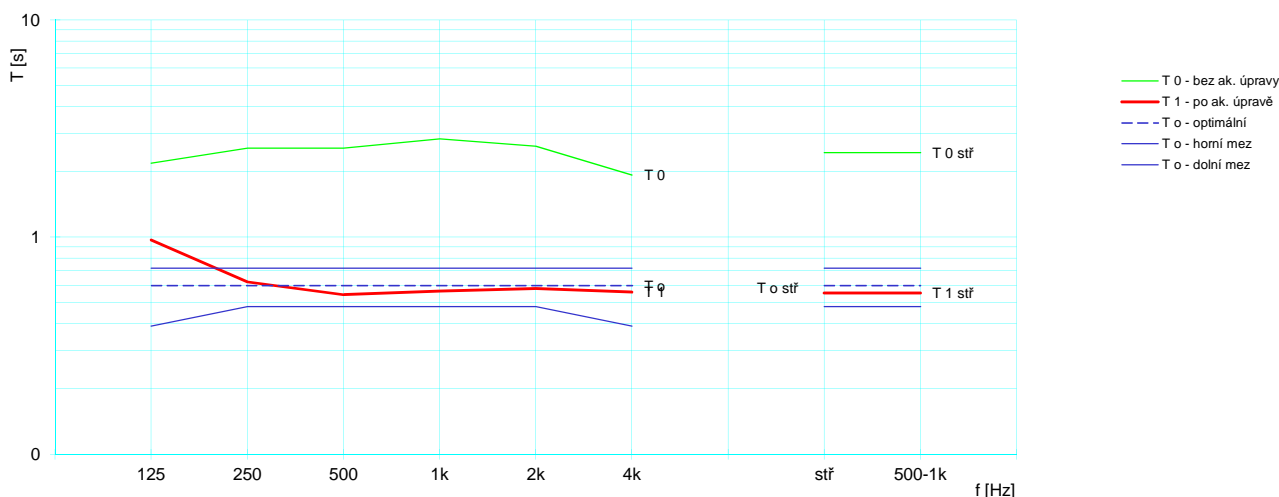
f [Hz]		125	250	500	1k	2k	4k	500-1k
								stř
T 0 [s] - bez akustické úpravy		2,19	2,57	2,57	2,84	2,62	1,94	2,71
alfaS [-]		0,15	0,23	0,25	0,24	0,23	0,22	0,25
AS [m ²]		30,7	45,8	51,5	49,1	47,2	45,4	50,32
alfaE [-]		0,16	0,26	0,29	0,28	0,26	0,25	0,29
AE [m ²]		33,3	51,9	59,4	56,3	53,7	51,4	57,85
A=AE+4mV [m ²]		33,3	51,9	59,4	57,2	55,6	57,7	58,32
T 1 [s] - po akustické úpravě		0,97	0,62	0,54	0,56	0,58	0,56	0,55

Akustické obklady, vybavení a materiály

d - tloušťka vzduchového polštáře

0 Odrazivé plochy	98,3 m ²	plochy odrazující zvuk
1 Obsazení - osoby 2-2,5 ks/m ²	12,0 m ²	osoby v prostoru, hustota 2-2,5 ks/m ²
2 Nástěnka - dřevotřísková měkká deska	0,0 m ²	dřevotřísková měkká deska tl. 15 mm, d=0 mm
3 PVC podlahová krytina	39,6 m ²	PVC podlahová krytina, plast
4 Okno zasklené	23,0 m ²	okno se skleněnou výplní
5 Dveře dřevěné	1,9 m ²	dřevěné dveře
6 Dukt Linar/Sonar	19,0 m ²	stěnový panel perf., frézovaná dřev./MDF deska 2 300x1 200x8 mm, ak. vl., d=50 mm
7 Ecophon Akusto Wall C Super G	21,0 m ²	stěnový panel skl. vlna, šikmá hrana C, 2 700x1 200x40 mm, d=50 mm

Kmitočtový průběh doby dozvuku



2. Základní škola Hořovice, Jiráskova 617/6, 268 01 Hořovice

410 - Speciální učebna B 20 žáků

Návrh akustických úprav a výpočet předpokládané doby dozvuku T

ČSN 730525 - Akustika-Projektování v oboru prostorové akustiky-Všeobecné zásady

ČSN 730526 - Akustika-Projektování v oboru prostorové akustiky-Studia a místnosti pro snímání, zpracování a kontrolu zvuku

ČSN 730527 - Akustika-Projektování v oboru prostorové akustiky-Prostory pro kulturní účely-Prostory ve školách-Prostory pro veřejné účely

Rozměry a optimální akustické vlastnosti prostoru

půdorys:	P =	43,6 m ²	délka:	d =	9,14 m
stropní podhled:	R =	59,0 m ²	šířka:	š =	5,45 m
obvodové stěny:	Q =	66,0 m ²	výška:	v =	3,54 m max
celkový povrch:	S =	168,6 m ²			
celkový objem:	V =	130,5 m ³			
optimální doba dozvuku:	To =	0,70 s	ČSN 73 0527 - Učebna a posluchárna do 250 m ³		
činitel zvukové pohltivosti:	alfaE =	0,18		alfaS =	0,17
zvuková pohltivost:	AE =	30,6 m ²		AS =	28,0 m ²

Výpočet doby dozvuku T1

f [Hz]		125	250	500	1k	2k	4k	250-2k
č. materiál (činitel zvukové pohltivosti)	Si [m ²]/ni [ks]	alfai [-]		m=	0,0012	0,0024	0,0079	NRC
0 Odrazivé plochy	88,3 m ²	0,07	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05	0,06
1 Obsazení - osoby 2-2,5 ks/m ²	18,0 m ²	0,41	0,48	0,54	0,57	0,56	0,53	0,54
2 PVC podlahová krytina	43,6 m ²	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04
3 Okno zasklené	20,8 m ²	0,30	0,20	0,15	0,10	0,06	0,04	0,13
4 Dveře dřevěné	1,9 m ²	0,12	0,11	0,10	0,08	0,08	0,11	0,09
5 Ecophon Master Matrix	14,0 m ²	0,55	0,85	0,85	1,00	1,00	1,00	0,93

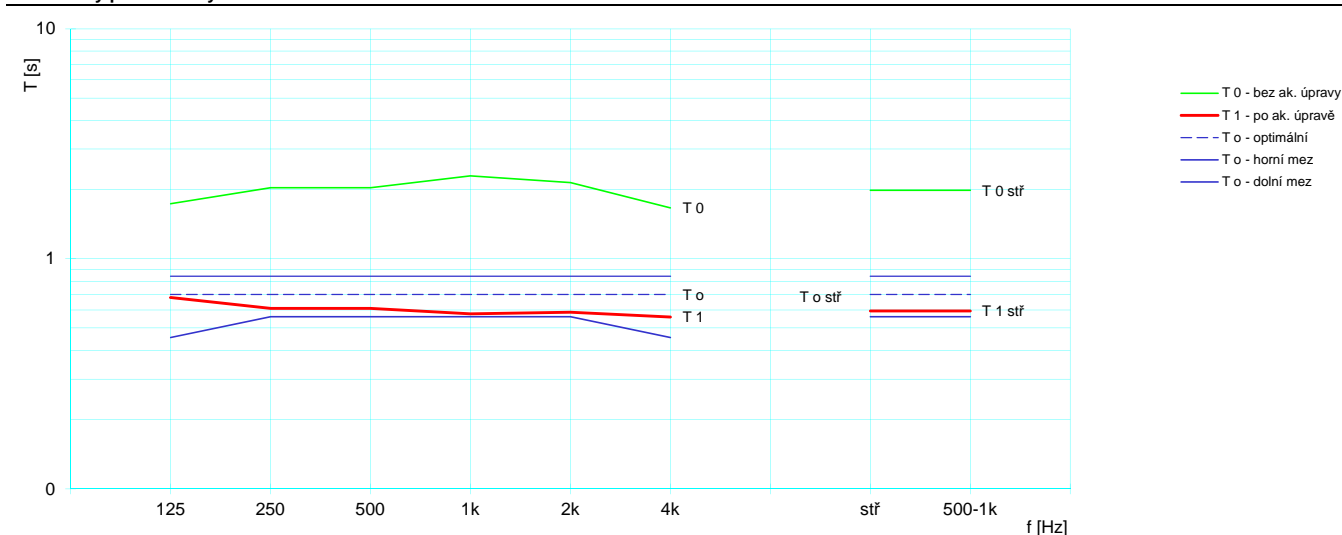
f [Hz]		125	250	500	1k	2k	4k	500-1k
								stř
T 0 [s] - bez akustické úpravy		1,74	2,04	2,04	2,29	2,15	1,67	2,17
alfaS [-]		0,17	0,19	0,19	0,19	0,19	0,18	0,19
AS [m ²]		28,6	31,5	31,5	32,7	31,6	30,7	32,09
alfaE [-]		0,19	0,21	0,21	0,22	0,21	0,20	0,21
AE [m ²]		31,3	34,9	34,9	36,3	35,0	33,9	35,60
A=AE+4mV [m ²]		31,3	34,9	34,9	36,9	36,3	38,1	35,92
T 1 [s] - po akustické úpravě		0,68	0,61	0,61	0,58	0,59	0,56	0,59

Akustické obklady, vybavení a materiály

d - tloušťka vzduchového polštáře

0 Odrazivé plochy	88,3 m ²	plochy odrážející zvuk
1 Obsazení - osoby 2-2,5 ks/m ²	18,0 m ²	osoby v prostoru, hustota 2-2,5 ks/m ²
2 PVC podlahová krytina	43,6 m ²	PVC podlahová krytina, plast
3 Okno zasklené	20,8 m ²	okno se skleněnou výplní
4 Dveře dřevěné	1,9 m ²	dřevěné dveře
5 Ecophon Master Matrix	14,0 m ²	stropní panel skelná vlna, odklápěcí, rovná hrana, tl. 40 mm, d=255 mm typ.

Kmitočtový průběh doby dozvuku



2. Základní škola Hořovice, Jiráskova 617/6, 268 01 Hořovice

412 - Učebna A 30 žáků

Návrh akustických úprav a výpočet předpokládané doby dozvuku T

ČSN 730525 - Akustika-Projektování v oboru prostorové akustiky-Všeobecné zásady

ČSN 730526 - Akustika-Projektování v oboru prostorové akustiky-Studia a místnosti pro snímání, zpracování a kontrolu zvuku

ČSN 730527 - Akustika-Projektování v oboru prostorové akustiky-Prostory pro kulturní účely-Prostory ve školách-Prostory pro veřejné účely

Rozměry a optimální akustické vlastnosti prostoru

půdorys:	P =	55,9 m ²	délka:	d =	8,70 m
stropní podhled:	R =	55,9 m ²	šířka:	š =	7,30 m
obvodové stěny:	Q =	108,8 m ²	výška:	v =	3,40 m
celkový povrch:	S =	220,6 m ²			
celkový objem:	V =	190,1 m ³			
optimální doba dozvuku:	To =	0,70 s	ČSN 73 0527 - Učebna a posluchárna do 250 m ³		
činitel zvukové pohltivosti:	alfaE =	0,20		alfaS =	0,18
zvuková pohltivost:	AE =	44,5 m ²		AS =	40,3 m ²

Výpočet doby dozvuku T1

f [Hz]		125	250	500	1k	2k	4k	250-2k
č. materiál (činitel zvukové pohltivosti)	Si [m ²]/ni [ks]	alfai [-]		m=	0,0012	0,0024	0,0079	NRC
0 Odrazivé plochy	120,4 m ²	0,07	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05	0,06
1 Obsazení - osoby 2-2,5 ks/m ²	18,0 m ²	0,41	0,48	0,54	0,57	0,56	0,53	0,54
2 PVC podlahová krytina	55,9 m ²	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04
3 Okno zasklené	16,6 m ²	0,30	0,20	0,15	0,10	0,06	0,04	0,13
4 Dveře dřevěné	3,7 m ²	0,12	0,11	0,10	0,08	0,08	0,11	0,09
5 Ecophon Master Matrix, d=255 mm	24,0 m ²	0,55	0,85	0,85	1,00	1,00	1,00	0,93

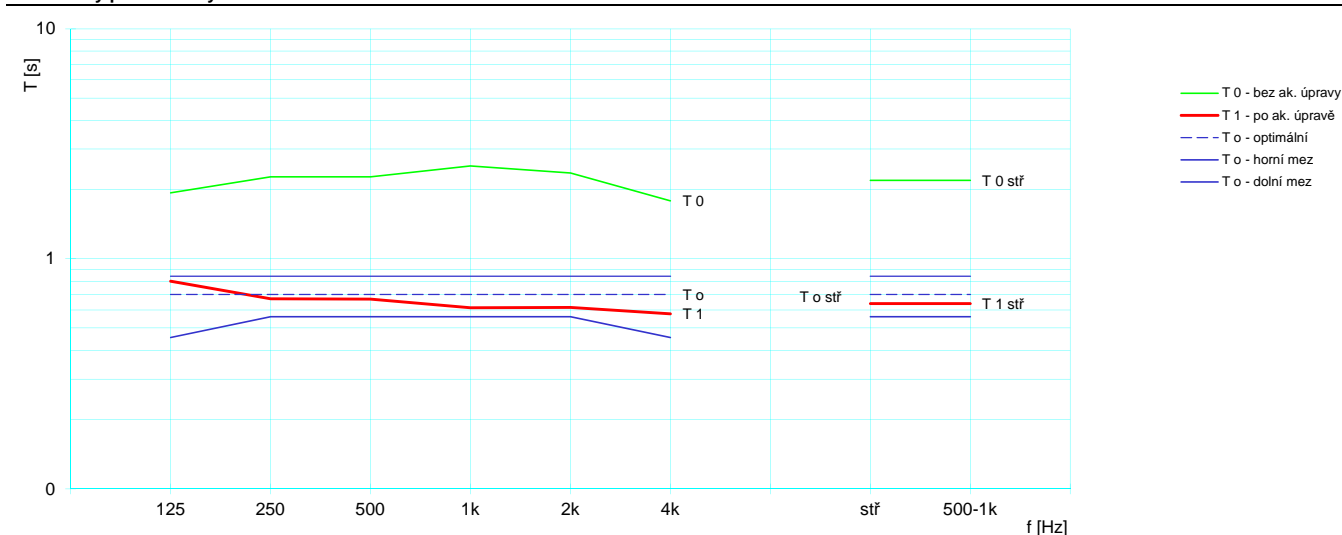
f [Hz]		125	250	500	1k	2k	4k	500-1k
								stř
T 0 [s] - bez akustické úpravy		1,94	2,27	2,27	2,53	2,36	1,79	2,40
alfaS [-]		0,16	0,19	0,19	0,20	0,20	0,19	0,20
AS [m ²]		35,6	41,7	41,9	44,5	43,6	42,9	43,18
alfaE [-]		0,18	0,21	0,21	0,23	0,22	0,22	0,22
AE [m ²]		38,8	46,2	46,4	49,7	48,6	47,7	48,06
A=AE+4mV [m ²]		38,8	46,2	46,4	50,6	50,4	53,7	48,51
T 1 [s] - po akustické úpravě		0,80	0,67	0,67	0,61	0,61	0,58	0,64

Akustické obklady, vybavení a materiály

d - tloušťka vzduchového polštáře

0 Odrazivé plochy	120,4 m ²	plochy odrážející zvuk
1 Obsazení - osoby 2-2,5 ks/m ²	18,0 m ²	osoby v prostoru, hustota 2-2,5 ks/m ²
2 PVC podlahová krytina	55,9 m ²	PVC podlahová krytina, plast
3 Okno zasklené	16,6 m ²	okno se skleněnou výplní
4 Dveře dřevěné	3,7 m ²	dřevěné dveře
5 Ecophon Master Matrix	24,0 m ²	stropní panel skelná vlna, odklápěcí, rovná hrana, tl. 40 mm, d=255 mm typ.

Kmitočtový průběh doby dozvuku



2. Základní škola Hořovice, Jiráskova 617/6, 268 01 Hořovice

424 - Učebna E 30 žáků

Návrh akustických úprav a výpočet předpokládané doby dozvuku T

ČSN 730525 - Akustika-Projektování v oboru prostorové akustiky-Všeobecné zásady

ČSN 730526 - Akustika-Projektování v oboru prostorové akustiky-Studia a místnosti pro snímání, zpracování a kontrolu zvuku

ČSN 730527 - Akustika-Projektování v oboru prostorové akustiky-Prostory pro kulturní účely-Prostory ve školách-Prostory pro veřejné účely

Rozměry a optimální akustické vlastnosti prostoru

půdorys:	P =	55,7 m ²	délka:	d =	8,64 m
stropní podhled:	R =	55,7 m ²	šířka:	š =	6,56 m
obvodové stěny:	Q =	103,4 m ²	výška:	v =	3,40 m
celkový povrch:	S =	214,8 m ²			
celkový objem:	V =	189,5 m ³			
optimální doba dozvuku:	To =	0,70 s	ČSN 73 0527 - Učebna a posluchárna do 250 m ³		
činitel zvukové pohltivosti:	alfaE =	0,21		alfaS =	0,19
zvuková pohltivost:	AE =	44,4 m ²		AS =	40,1 m ²

Výpočet doby dozvuku T1

f [Hz]		125	250	500	1k	2k	4k	250-2k
č. materiál (činitel zvukové pohltivosti)	Si [m ²]/ni [ks]	alfai [-]		m=	0,0012	0,0024	0,0079	NRC
0 Odrazivé plochy	118,2 m ²	0,07	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05	0,06
1 Obsazení - osoby 2-2,5 ks/m ²	18,0 m ²	0,41	0,48	0,54	0,57	0,56	0,53	0,54
2 PVC podlahová krytina	55,7 m ²	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04
3 Okno zasklené	14,5 m ²	0,30	0,20	0,15	0,10	0,06	0,04	0,13
4 Dveře dřevěné	3,4 m ²	0,12	0,11	0,10	0,08	0,08	0,11	0,09
5 Ecophon Master Matrix	23,0 m ²	0,55	0,85	0,85	1,00	1,00	1,00	0,93

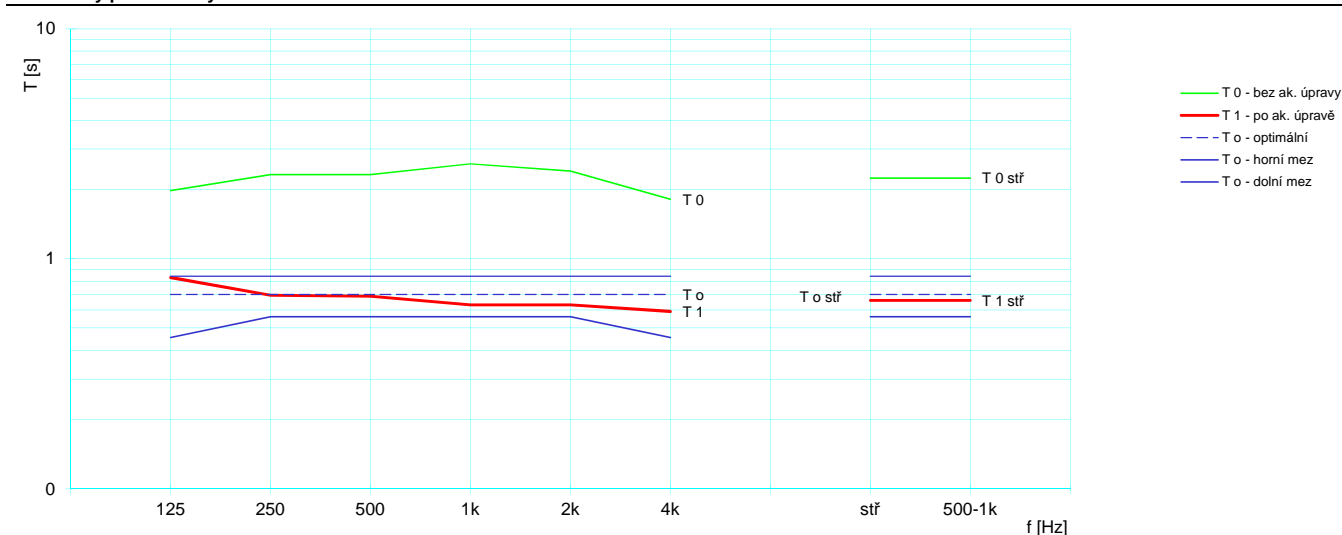
f [Hz]		125	250	500	1k	2k	4k	500-1k
								stř
T 0 [s] - bez akustické úpravy		1,98	2,32	2,32	2,59	2,41	1,82	2,46
alfaS [-]		0,16	0,19	0,19	0,20	0,20	0,19	0,19
AS [m ²]		34,2	40,2	40,5	43,1	42,4	41,6	41,83
alfaE [-]		0,17	0,21	0,21	0,22	0,22	0,22	0,22
AE [m ²]		37,2	44,5	44,9	48,1	47,2	46,3	46,53
A=AE+4mV [m ²]		37,2	44,5	44,9	49,0	49,0	52,3	46,99
T 1 [s] - po akustické úpravě		0,83	0,69	0,69	0,63	0,63	0,59	0,66

Akustické obklady, vybavení a materiály

d - tloušťka vzduchového polštáře

0 Odrazivé plochy	118,2 m ²	plochy odrážející zvuk
1 Obsazení - osoby 2-2,5 ks/m ²	18,0 m ²	osoby v prostoru, hustota 2-2,5 ks/m ²
2 PVC podlahová krytina	55,7 m ²	PVC podlahová krytina, plast
3 Okno zasklené	14,5 m ²	okno se skleněnou výplní
4 Dveře dřevěné	3,4 m ²	dřevěné dveře
5 Ecophon Master Matrix	23,0 m ²	stropní panel skelná vlna, odklápěcí, rovná hrana, tl. 40 mm, d=255 mm typ.

Kmitočtový průběh doby dozvuku



2. Základní škola Hořovice, Jiráskova 617/6, 268 01 Hořovice

426 - Učebna D 20 žáků

Návrh akustických úprav a výpočet předpokládané doby dozvuku T

ČSN 730525 - Akustika-Projektování v oboru prostorové akustiky-Všeobecné zásady

ČSN 730526 - Akustika-Projektování v oboru prostorové akustiky-Studia a místnosti pro snímání, zpracování a kontrolu zvuku

ČSN 730527 - Akustika-Projektování v oboru prostorové akustiky-Prostory pro kulturní účely-Prostory ve školách-Prostory pro veřejné účely

Rozměry a optimální akustické vlastnosti prostoru

půdorys:	P =	40,4 m ²	délka:	d =	9,55 m
stropní podhled:	R =	58,0 m ²	šířka:	š =	5,42 m
obvodové stěny:	Q =	64,7 m ²	výška:	v =	3,34 m
celkový povrch:	S =	163,1 m ²			
celkový objem:	V =	123,5 m ³			
optimální doba dozvuku:	To =	0,70 s	ČSN 73 0527 - Učebna a posluchárna do 250 m ³		
činitel zvukové pohltivosti:	alfaE =	0,18		alfaS =	0,16
zvuková pohltivost:	AE =	28,9 m ²		AS =	26,5 m ²

Výpočet doby dozvuku T1

f [Hz]		125	250	500	1k	2k	4k	250-2k
č. materiál (činitel zvukové pohltivosti)	Si [m ²]/ni [ks]	alfai [-]		m=	0,0012	0,0024	0,0079	NRC
0 Odrazivé plochy	88,9 m ²	0,07	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05	0,06
1 Obsazení - osoby 2-2,5 ks/m ²	8,0 m ²	0,41	0,48	0,54	0,57	0,56	0,53	0,54
2 PVC podlahová krytina	40,4 m ²	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04
3 Okno zasklené	18,9 m ²	0,30	0,20	0,15	0,10	0,06	0,04	0,13
4 Dveře dřevěné	1,9 m ²	0,12	0,11	0,10	0,08	0,08	0,11	0,09
5 Ecophon Master Matrix	13,0 m ²	0,55	0,85	0,85	1,00	1,00	1,00	0,93

f [Hz]		125	250	500	1k	2k	4k	500-1k
								stř
T 0 [s] - bez akustické úpravy		1,70	2,00	2,00	2,25	2,11	1,64	2,12
alfaS [-]		0,14	0,16	0,15	0,16	0,15	0,15	0,16
AS [m ²]		23,4	25,4	24,9	25,7	24,8	24,3	25,30
alfaE [-]		0,15	0,17	0,17	0,17	0,17	0,16	0,17
AE [m ²]		25,2	27,6	27,1	27,9	26,9	26,3	27,49
A=AE+4mV [m ²]		25,2	27,6	27,1	28,5	28,1	30,2	27,79
T 1 [s] - po akustické úpravě		0,80	0,73	0,74	0,71	0,72	0,67	0,72

Akustické obklady, vybavení a materiály

d - tloušťka vzduchového polštáře

0 Odrazivé plochy	88,9 m ²	plochy odrážející zvuk
1 Obsazení - osoby 2-2,5 ks/m ²	8,0 m ²	osoby v prostoru, hustota 2-2,5 ks/m ²
2 PVC podlahová krytina	40,4 m ²	PVC podlahová krytina, plast
3 Okno zasklené	18,9 m ²	okno se skleněnou výplní
4 Dveře dřevěné	1,9 m ²	dřevěné dveře
5 Ecophon Master Matrix	13,0 m ²	stropní panel skelná vlna, odklápěcí, rovná hrana, tl. 40 mm, d=255 mm typ.

Kmitočtový průběh doby dozvuku

