

# ROZŠÍŘENÍ A STAVEBNÍ ÚPRAVY ŠKOLNÍ JÍDELNY V ZŠ ČERNOŠICE

---

Pod školou 447, Černošice

## PROSTOROVÁ AKUSTIKA

---

### 1.01 - Jídelna

Návrh akustických úprav a výpočet doby dozvuku

Vypracoval:

Ing. Martin Čech

Na Míčáncích 6  
101 00 Praha 10-Vršovice

Zodpovědný projektant:

Ing. arch. Ivana Němcová

Projektant :

Ing. arch. Vladimír Kosík  
Ing. arch. Monika Kazimourová

STUDIO A91

Vilímovská 13  
160 00 Praha 6-Hanspaulka

Investor:

Město Černošice

Riegrova 1209  
252 28 Černošice

---

Praha, únor 2016

# ROZŠÍŘENÍ A STAVEBNÍ ÚPRAVY ŠKOLNÍ JÍDELNY V ZŠ ČERNOŠICE

---

Pod školou 447, Černošice

## PROSTOROVÁ AKUSTIKA

---

### 1.01 - Jídelna

#### Návrh akustických úprav a výpočet doby dozvuku

##### 1. Úvod

Předmětem dokumentace je návrh akustických úprav rozšiřované a stavebně upravované školní jídelny v Základní škole Černošice, Pod školou 447.

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 343/2009 Sb..

##### 2. Použité výchozí podklady

1. Rozšíření a stavební úpravy školní jídelny v ZŠ Černošice, Pod školou 447, Projektová dokumentace pro stavební povolení, STUDIO A91, Ing. arch. Ivana Němcová, Vilémovská 13, 160 00 Praha 6-Hanspaulka, únor 2016,
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 výrobce akustických obkladů, materiálů a konstrukcí - KNAUF AMF GmbH & Co. KG, Elsenhal 15, D-94481 Grafenau - SRN.

##### 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

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

Pro dobu dozvuku platí Eyringův vztah

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

kde je

$V$	$[m^3]$	- objem uzavřeného prostoru,
$A = \alpha_E S + 4mV$	$[m^2]$	- celková ekvivalentní plocha pohlcování,
$m$	$[-]$	- činitel útlumu zvuku při šíření ve vzduchu,
$\alpha_E = -\ln(1 - \alpha_S)$	$[-]$	- 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 oktákových 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 § 4b vyhlášky Ministerstva zdravotnictví ČR 343/2009 Sb. o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých, v platném znění, /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:

širokopásmový obklad stropu - pro školní jídelnu,

$T_0 = 0,80$  s - pro učebny a posluchárny o objemu  $744,6 \text{ m}^3$ ,  
hodnota orientačně pro jídelnu.

hodnoty optimální doby dozvuku se vztahují ke kmitočtu 1 000 Hz, přípustné rozmezí doby dozvuku je stanoveno na obrázku A 4 zmíněné normy ČSN 73 0527, pro řeč je  $\pm 20$  % pro střední kmitočty oktákových pásem 250-2 000 Hz a  $+20$  %/-35 % pro střední kmitočty oktákových pásem 125 Hz a 4 000 Hz.

Protože ČSN 73 0527, /lit. 4/, stanoví pro upravovanou místnost širokopásmový obklad stropu bez požadavku na hodnotu optimální doby dozvuku  $T_0$ , je vypočítaná předpokládaná doba dozvuku  $T_1$  uvedena pro orientační představu o akustické kvalitě prostoru. Pro tento prostor je vhodné, aby se doba dozvuku pohybovala přibližně kolem optimální hodnoty pro učebnu stejných rozměrů.

#### 5. Základní charakteristika akusticky upravovaných prostorů

Architektonické a stavební řešení akusticky upravované školní jídelny je navrženo v projektové dokumentaci, /lit. 1/.

Místnost má:

- pravoúhlý půdorys sestávající z několika různě velkých obdélníků,
- rovnou podlahu s nášlapnou podlahovou vrstvou z vinyly,
- interiérové vybavení, stolky se židlemi, chladicí vitríny, apod.,
- omítnuté stěny s okny ve fasádním plášti,
- na části jedné stěny je obklad z korkových desek, který bude sloužit jako nástěnka,
- pod stropem mezi vazníky svěšený akustický stropní podhled z desek z dřevité vlny s cementovým pojivem s magnezitem tl. 25 mm a s akustickou vložkou z minerální vlny tl. 30 mm.

## 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 oktavových 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 v jídelně 1.01 s navrženou akustickou úpravou stropu jsou uvedeny v tabulce TAB 1:

$V = 744,6 \text{ m}^3$	- objem celé místnosti,
$T_o = 0,80 \text{ s}$	- optimální doba dozvuku,
$T_{1k} = 0,65 \text{ s}$	- střední doba dozvuku pro střední kmitočet oktavového pásma 1 000 Hz,
$T_{stř} = 0,71 \text{ s}$	- střední doba dozvuku v pásmu se středními kmitočty 500-1 000 Hz,
stropní podhled	135,0 m <sup>2</sup> - desky k z dřevité vlny s cementovým pojivem s magnezitem tl. 25 mm a s akustickou vložkou z minerální vlny tl. 30 mm.

V jídelně je navržen akustický stropní podhled. Pod stropem mezi vazníky jsou zavěšeny desky z dřevité vlny s cementovým pojivem s magnezitem (např. AMF Heraklith HKC1 (CF) tl. 25 mm) s akustickou vložkou z minerální vlny (např. Knauf TP 120A tl. 30 mm). Celková výška svěšení podhledu (vzdálenost mezi lícem podhledové desky a nosnou stropní konstrukcí), tj. tloušťka vzduchového polštáře je přibližně  $d=190 \text{ mm}$ .

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

Pro jídelnu ČSN 73 0527, /lit. 4/, nestanoví optimální dobu dozvuku, pouze požaduje instalaci širokopásmového obkladu stropu. Výsledky výpočtu doby dozvuku jsou orientačně porovnány s požadavkem na dobu dozvuku pro učebnu stejných rozměrů.

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:

**typová akustická stropní deska tl. 25 mm s akustickou vložkou z minerální vlny tl. 30 mm (např. deska AMF Heraklith HKC1 (CF) s minerální vlnou Knauf TP 120A)**

Stropní desky z dřevěné vlny pojené cementem s magnezitem.

Viditelný povrch je opatřen finální povrchovou úpravou nástřikem barvou, odstín podle vzorníků RAL, NCS, BS nebo StoColor! podle EN 13501-1.

Desky se vyrábějí v rozměrech 600×600 mm, 625×625 mm, 1 200×600 mm nebo 1 250×625 mm, a tloušťkách 15 mm, 25 mm nebo 35 mm.

Průměrná plošná hmotnost desky je přibližně 7,8 kg/m<sup>2</sup> /tl. 15 mm), 11,3 kg/m<sup>2</sup> (tl. 25 mm) nebo 15 kg/m<sup>2</sup> (tl. 35 mm).

Desky se montují na standardní viditelný rastrový nosný rošt.

Při použití přidané vrstvy minerální vlny jako akustické vložky se doporučuje použití fólie (tloušťka < 30 µm) jako pojišťovací vrstvy.

Jako akustickou vložku výrobce desek doporučuje minerální vlnu tl. 30 mm.

Konstrukce použitých akustických stropních desek musí odpovídat výše uvedenému technickému popisu a kmitočtový průběh jejich činitele zvukové pohltivosti musí splňovat kmitočtový průběh uvedený ve výpočtové tabulce TAB 1 pod položkou č. 7.

## 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 343/2009 Sb..

Z výsledků výpočtu předpokládané skutečné doby dozvuku vyplývá, že navrhované akustické úpravy umožní v jídelně 1.01 Základní školy Černošice, Pod školou 447, zajistit akustické podmínky potřebné pro provoz v jídelně a pobyt strávníků v ní.

Ve školní jídelně, pro kterou ČSN 73 0527, /lit. 4/, nestanoví číselnou hodnotu optimální doby dozvuku, ale požaduje instalaci širokopásmového obkladu stropu.

Tato navrhovaná akustická úprava slouží ke zvětšení zvukové pohltivosti a tedy ke zkrácení doby dozvuku a snížení hladiny akustického tlaku v poli odražených vln v místnosti. Přispěje 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.

Konstrukční a architektonické řešení použitého akustického podhledu musí vycházet z tohoto teoretického návrhu a musí být provedeno podle architektonicko stavební části projektové dokumentace.

Praha, únor 2016

**Ing. Martin Čech**

akustika a elektroakustika

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

## 1.01 - Jídelna

## 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 =	227,0 m <sup>2</sup>	délka:	d =	18,00 m max
stropní podhled:	R =	227,0 m <sup>2</sup>	šířka:	š =	14,50 m max
obvodové stěny:	Q =	213,2 m <sup>2</sup>	výška:	v =	3,28 m
celkový povrch:	S =	667,2 m <sup>2</sup>			
celkový objem:	V =	744,6 m <sup>3</sup>			
optimální doba dozvuku:	ČSN 73 0527 stanoví pro jídelnu požadavek na širokopásmový obklad stropu				
	To =	0,80 s	To orientačně pro učebnu stejných rozměrů		
činitel zvukové pohltivosti:	alfaE =	0,23		alfaS =	0,20
zvuková pohltivost:	AE =	152,6 m <sup>2</sup>		AS =	136,4 m <sup>2</sup>

## Výpočet doby dozvuku T1

f [Hz]		125	250	500	1k	2k	4k	250-2k
č. materiál (činitel zvukové pohltivosti)	Si [m <sup>2</sup> ]/ni [ks]	alfai [-]	m=	0,0012	0,0024	0,0079	NRC	
0 Odrazivé plochy	226,5 m <sup>2</sup>	0,1	0,06	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05
1 Obsazení - osoby a vybavení	20,0 m <sup>2</sup>	0,41	0,48	0,54	0,57	0,56	0,53	0,54
2 Vinyl - podlahová krytina	227,0 m <sup>2</sup>	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04
3 Okno zasklené	47,8 m <sup>2</sup>	0,30	0,20	0,15	0,10	0,06	0,04	0,13
4 Dveře dřevěné	2,8 m <sup>2</sup>	0,12	0,11	0,10	0,08	0,08	0,11	0,09
5 Otvor do velkého sousedního prostoru	10,3 m <sup>2</sup>	0,20	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
6 Korek - obklad stěny	17,8 m <sup>2</sup>	0,06	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
7 Ak. str. podhled s ak. vl. (např. Heraklith HKC1 (CF)), d=200 mm	135,0 m <sup>2</sup>	0,75	0,80	0,75	0,90	1,00	1,00	0,86
<b>f [Hz]</b>		<b>125</b>	<b>250</b>	<b>500</b>	<b>1k</b>	<b>2k</b>	<b>4k</b>	<b>500-1k</b>
<b>T 0 [s] - bez akustické úpravy</b>		<b>1,73</b>	<b>2,94</b>	<b>4,46</b>	<b>3,94</b>	<b>3,53</b>	<b>2,39</b>	<b>4,20</b>
alfaS [-]		0,23	0,23	0,21	0,24	0,26	0,26	0,23
AS [m <sup>2</sup> ]		154,4	152,4	139,9	160,6	171,9	170,5	150,22
alfaE [-]		0,26	0,26	0,24	0,28	0,30	0,30	0,26
AE [m <sup>2</sup> ]		175,7	173,0	157,0	183,7	198,8	196,9	170,33
A=AE+4mV [m <sup>2</sup> ]		175,7	173,0	157,0	187,2	206,0	220,4	172,11
<b>T 1 [s] - po akustické úpravě</b>		<b>0,69</b>	<b>0,70</b>	<b>0,77</b>	<b>0,65</b>	<b>0,59</b>	<b>0,55</b>	<b>0,71</b>

## Akustické obklady, vybavení a materiály

d - tloušťka vzduchového polštáře

0 Odrazivé plochy	226,5 m <sup>2</sup>	plochy odrazující zvuk
1 Obsazení - osoby a vybavení	20,0 m <sup>2</sup>	plocha obsazení, osoby, židle a lavice
2 Vinyl - podlahová krytina	227,0 m <sup>2</sup>	Vinyl, podlahová krytina
3 Okno zasklené	47,8 m <sup>2</sup>	okno se skleněnou výplní
4 Dveře dřevěné	2,8 m <sup>2</sup>	dřevěné dveře
5 Otvor do velkého sousedního prostoru	10,3 m <sup>2</sup>	otvor do sousedního prostoru výdejní linky a kuchyně s vybavením
6 Korek - obklad stěny	17,8 m <sup>2</sup>	obklad stěny z korku, využití jako nástěnka
7 Ak. str. podhled s ak. vl. (např. Heraklith HKC1 (CF)), d=200 mm	135,0 m <sup>2</sup>	deska z dřevěné vlny pojené magnezitem tl. 25 mm, akustická vložka z minerální vlny tl. 30 mm, d= cca 200 mm

## Kmitočtový průběh doby dozvuku

