

## Akustická studie

Sportovní hala

ul. Vodova

612 00 Brno – Královo Pole

**Vypracoval:**

Ing. Jan Burda

**Kontroloval:**

Ing. Roman Pavelka

**Zpracováno v období:**

červen 2021

## Obsah

<b>1. VŠEOBECNĚ.....</b>	<b>3</b>
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
<b>2. PODKLADY.....</b>	<b>3</b>
<b>3. SITUACE.....</b>	<b>4</b>
<b>4. POŽADAVKY.....</b>	<b>5</b>
<b>5. NÁVRH AKUSTICKÝCH ÚPRAV.....</b>	<b>6</b>
5.1. Výpočtový model.....	6
5.2. Návrh úprav.....	6
5.3. Výpočet.....	8
5.4. Posouzení.....	8
<b>6. ZÁVĚR.....</b>	<b>9</b>

## 1. VŠEOBECNĚ

- 1.1. Předmět** Sportovní hala Vodova, Brno
- 1.2. Úkol** Akustická studie – prostorová akustika
- 1.3. Objednatel**  
**Atelier 99, s.r.o.**  
Purkyňova 71/99  
612 00 Brno  
IČ: 02463245  
kontaktní osoba:  
Ing. Marie Kudělková  
+420 731 966 969  
kudelkova@atelier99.cz
- 1.4. Zpracovatel**  
**DEKPROJEKT s.r.o.**  
Tiskařská 10/257  
budova TTC  
108 00, Praha 10  
tel.: +420 234 054 284  
IČO: 27 64 24 11  
DIČ: CZ699000797  
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. Jan Burda
- 1.6. Kontroloval** Ing. Roman Pavelka
- 1.7. Zpracováno v období** červen 2021

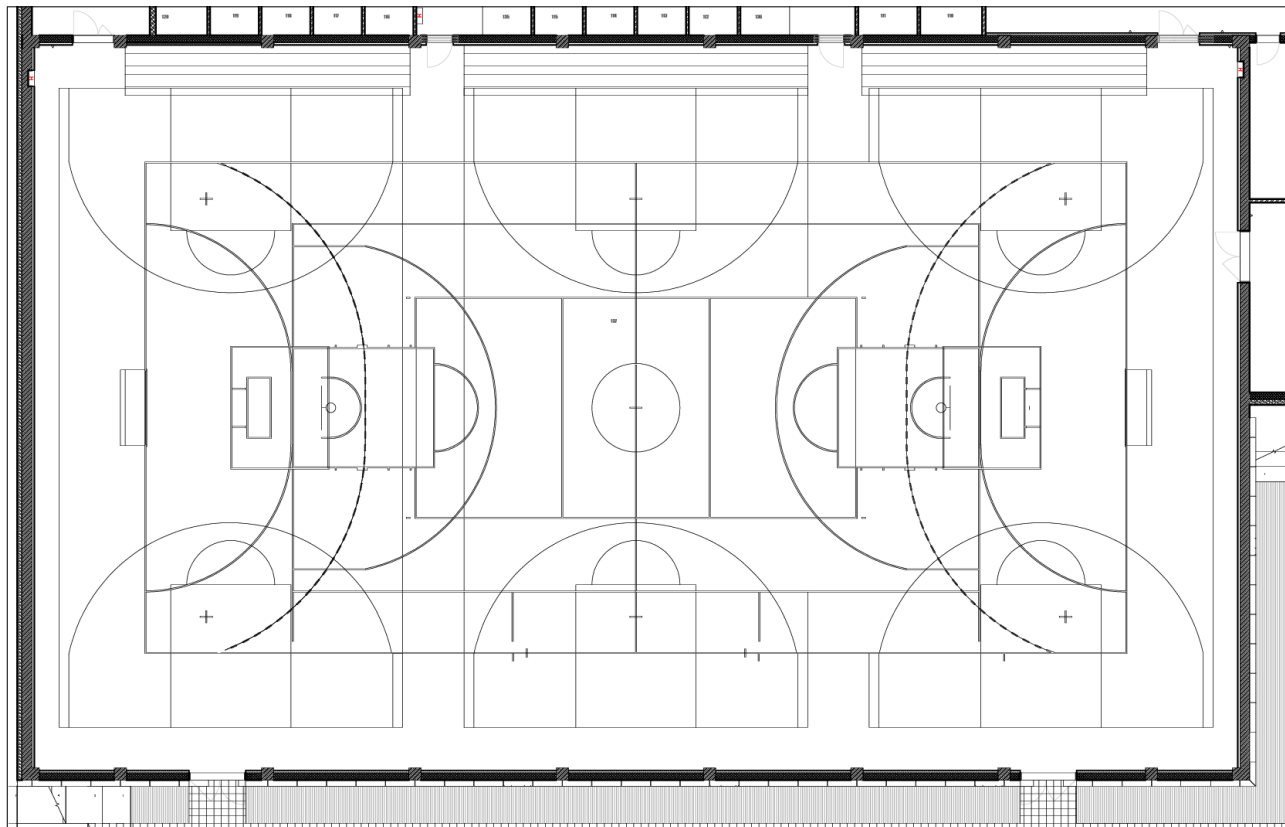
## 2. PODKLADY

- [1] Objednávka dle D2021-051125 ze dne 7.5.2021
- [2] Projektová dokumentace „Tréninková hala pro míčové sporty Vodova“, zodp. Projektant: Ing. Martin Jeřábek, datum vypracování: 01/2021
- [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 15.16 Auditorium

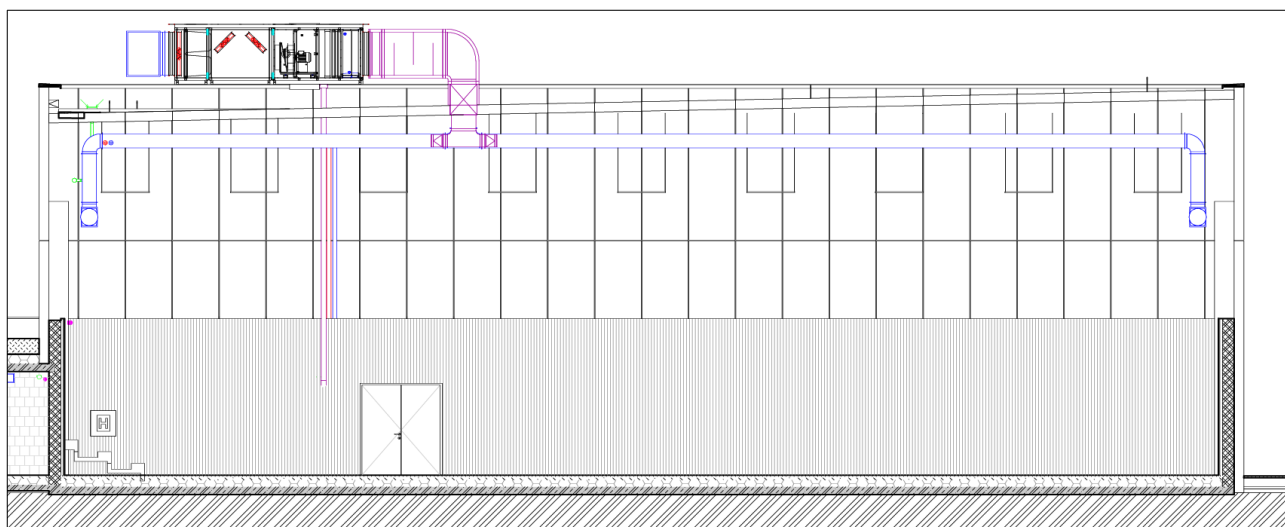
*Pozn.: U předpisů a norem platí poslední znění včetně novelizací a změn vydaných k datu zpracování studie*

### 3. SITUACE

Jedná se o novostavbu tréninkové haly pro míčové sporty Vodova v Brně [2]. Objednatel je požadováno posouzení vnitřního prostoru haly (m.č. 137) z hlediska prostorové akustiky a koncepce návrhu zvukopohltivých úprav vedoucích ke splnění požadavků dle ČSN 73 0527. Součástí návrhu není posouzení z hlediska tepelněvlhkostního režimu skladeb a z hlediska požární bezpečnosti staveb. Situace prostoru je zobrazena na následujících obrázcích.



Obr. 1/ Vnitřní prostor sportovní haly – půdorys 1.NP



Obr. 2/ Vnitřní prostor sportovní haly - řez

## 4. POŽADAVKY

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

Hodnota optimální doby dozvuku pro tělocvičny s objemem od 3000 m<sup>3</sup> do 20 000 m<sup>3</sup> se určí podle následujícího vztahu:

$$T_0 = 1,0366 \cdot \log(V) - 2,204$$

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

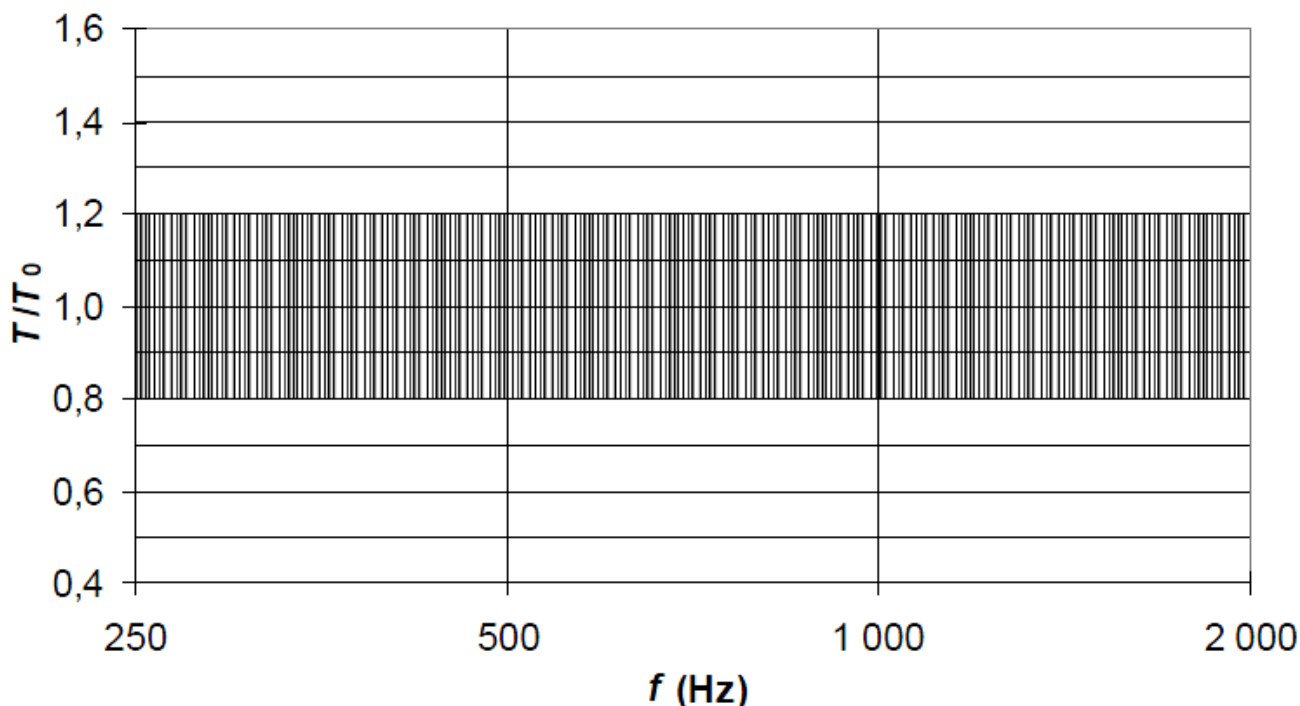
Místnost	Objem [m <sup>3</sup> ]	Optimální doba dozvuku [s]
Sportovní hala	13783,0	2,09

Tab. /1/ Optimální doba dozvuku

Doba dozvuku se vypočítá podle ČSN EN 12354-6 pro oktafóvová pásma se středními kmitočty od 250 Hz do 2 000 Hz. Kmitočtový průběh vypočítané doby dozvuku  $T$  se ve vztahu k optimální době dozvuku  $T_0$  prověřuje pomocí kmitočtové závislosti přípustného rozmezí. Hodnoty přípustného rozmezí pro jednotlivá oktafóvová pásma jsou uvedeny v následující tabulce.

Účel prostoru	Meze	Střední kmitočet $f$ (Hz) oktafóvého pásma											
		125		250		500		1000		2000		4000	
		$T/T_0$	$T$	$T/T_0$	$T$	$T/T_0$	$T$	$T/T_0$	$T$	$T/T_0$	$T$	$T/T_0$	$T$
Velká hala 1.NP	horní	-	-	1,20	2,50	1,20	2,50	1,20	2,50	1,20	2,50	-	-
	dolní	-	-	0,80	1,67	0,80	1,67	0,80	1,67	0,80	1,67	-	-

Tab. /2/ Přípustné rozmezí  $T/T_0$



Obr. /3/ Přípustné rozmezí poměru dob dozvuku  $T/T_0$  tělocvičny, sportovní nebo plavecké haly v závislosti na středním kmitočtu oktafóvého pásma

## 5. NÁVRH AKUSTICKÝCH ÚPRAV

### 5.1. Výpočtový model

V následující tabulce jsou uvedeny uvažované konstrukce v posuzovaném prostoru.

Popis konstrukce	Pohledový materiál	Plocha [m <sup>2</sup> ]
Podlaha	tvrdá, odrazivá	1374,0
Stěny	stěnový panel	814,2
Stěny	dřevěný obklad	613,3
Tribuna	Beton	136,7
Dveře	dřevěné	27,8
Strop	Trapézový plech	1515

Tab. /3/ Pohledové konstrukce

Hodnoty činitele útlumu ve vzduchu byly uvažovány následující (pro relativní vlhkost vnitřního vzduchu 50%):

Kmitočet f [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000
Činitel útlumu ve vzduchu [np/m]	0,0001	0,0003	0,0006	0,0010	0,0019	0,0058

Tab. /4/ Činitel útlumu ve vzduchu

V následující tabulce jsou uvedeni činitelé pohltivosti jednotlivých pohledových materiálů. Hodnoty činitelů pohltivosti pro jednotlivé materiály byly převzaty z [3, 6, 7 a 9]. Pro materiály, pro něž nebyli činitelé pohltivosti k dispozici, jsou tyto hodnoty stanoveny odborným odhadem, případně výpočtem.

Pohledový materiál	Střední kmitočet f (Hz) oktávového pásma					
	125	250	500	1000	2000	4000
Podlaha – tvrdá	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05	0,06
Stěnový panel	0,15	0,08	0,07	0,06	0,05	0,04
Dřevěný obklad	0,25	0,20	0,10	0,08	0,05	0,04
Beton	0,01	0,01	0,02	0,02	0,04	0,05
Trapézový plech	0,30	0,25	0,20	0,10	0,10	0,15
Dřevo (dveře)	0,14	0,10	0,06	0,08	0,10	0,10

Tab. /5/ Průběh činitele pohltivosti v oktávových pásmech

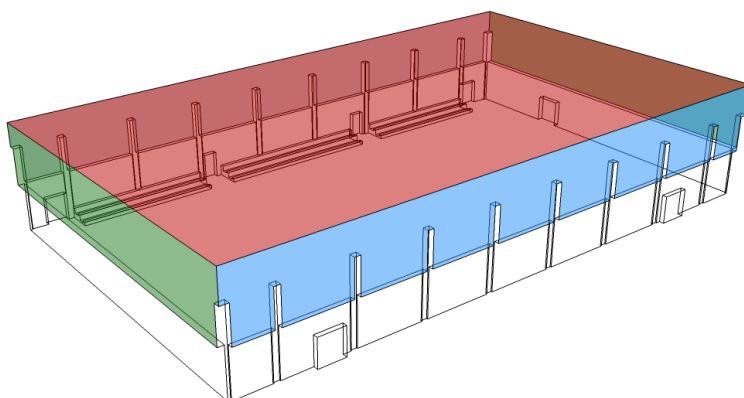
### 5.2. Návrh úprav

Úpravy doby dozvuku lze obecně dosáhnout změnou celkové pohltivosti prostoru, tj. opatřením prostoru pohltivými materiály. Výpočet doby dozvuku byl proveden za pomoci softwaru ODEON. 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.

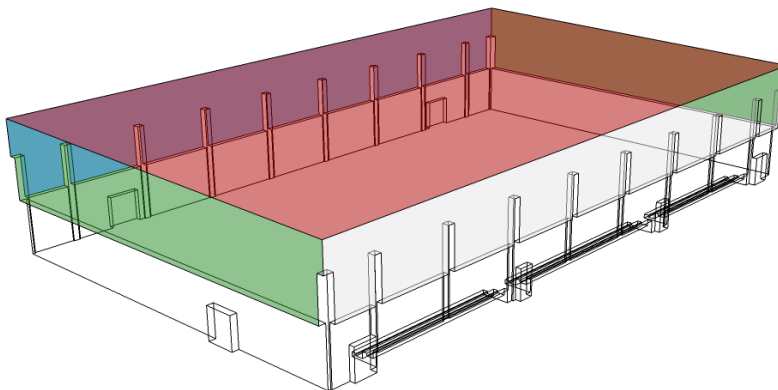
Při výpočtu je uvažováno s dokonale difuzním zvukovým polem, které není reálně dosažitelné. Výpočtová metodika proto slouží pouze jako pomůcka pro návrh akustických úprav pro zlepšení prostorové akustiky prostoru. Vypočtené hodnoty doby dozvuku se mohou od hodnot reálně naměřených mírně lišit.

Do posuzovaného prostoru sportovní haly navrhujeme provedení podhledu z akustických panelů Heradesign Fine tl. 35 mm s celkovým svěšením 200 mm. Ve vzniklé dutině bude umístěna minerální izolace tl. 40 mm. Podhled bude instalován montážním systémem B z důvodu vyšší odolnosti proti nárazu míče. Celková plocha instalovaného podhledu bude 1515,3 m<sup>2</sup>. Tato úprava je graficky znázorněna na obr. 4 a 5 červenou barvou.

Dále navrhujeme provedení obkladu na celkem třech vnitřních stěnách akustickými panely Heradesign Fine tl. 35 mm. Obklad bude na dvou kratších stěnách instalován na vyrovnávací rošt, kterým bude vymezena dutina 30 mm. Na delší stěně naproti tribuně bude obklad instalován na vyrovnávací rošt, kterým bude vymezena dutina 100 mm. Ve vzniklých dutinách nebude umístěna minerální izolace. Obklad bude v obou případech instalován montážním systémem B z důvodu vyšší odolnosti proti nárazu míče. Celková plocha instalovaného obkladu bude na kratších stěnách cca 316 m<sup>2</sup> a na delší stěně cca 265 m<sup>2</sup>. Tato úprava je graficky znázorněna na obr. 4 a 5 modrou a zelenou barvou.



Obr. /4/ Rozmístění úprav – sportovní hala, celkový pohled



Obr. /5/ Rozmístění úprav – sportovní hala, celkový pohled

V následující tabulce jsou uvedeni činitelé pohltivosti zvukopohltivých materiálů uvažovaných ve výpočtu. Hodnoty činitelů pohltivosti pro jednotlivé materiály byly převzaty z podkladů výrobce. **Při výběru konkrétních akustických materiálů, je pro očekávanou optimální dobu dozvuku důležité dodržet průběhy činitele pohltivosti uvedené v tab. 6.**

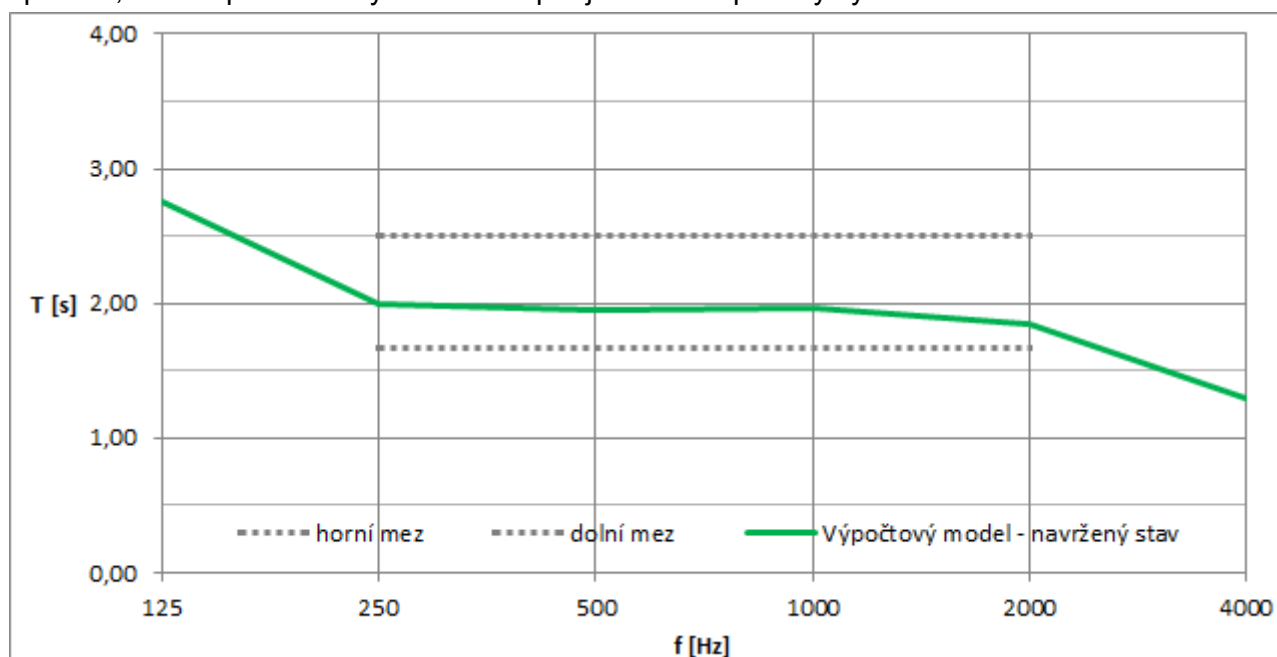
Pohledový materiál	Střední kmitočet f (Hz) oktávového pásma					
	125	250	500	1000	2000	4000
Heradesign Fine tl. 35 mm svěšení 200 mm, minerální izolace tl. 40 mm	0,65	1,00	0,90	0,80	0,95	0,90
Heradesign Fine tl. 35 mm odsazení 135 mm, bez minerální izolace	0,20	0,70	0,80	0,60	0,80	0,80
Heradesign Fine tl. 35 mm odsazení 65 mm, bez minerální izolace	0,10	0,25	0,55	0,80	0,65	0,85

Tab. /6/ Průběh činitele pohltivosti v oktávových pásmech

### 5.3. Výpočet

K hodnocení prostorové akustiky prostoru je použit software ODEON 15.16 Auditorium. Výpočet provedený v softwaru ODEON zohledňuje velikosti ploch, pohltivost povrchu a geometrii prostoru. ODEON používá metodu obrazového zdroje v kombinaci s modifikovaným algoritmem pro sledování paprsků. Při výpočtu je uvažován neobsazený prostor.

Na následujícím obrázku je graficky znázorněn průběh doby dozvuku při provedení navržených opatření, včetně požadovaných rozmezí pro jednotlivé způsoby využití dle ČSN 73 0527.



Obr. 6/ Výsledná doba dozvuku

### 5.4. Posouzení

V následující tabulce je provedeno posouzení doby dozvuku dle ČSN 73 0527.

Parametr		Znač.	Jedn.	Střední kmitočet f [Hz] oktávového pásma					
				125	250	500	1000	2000	4000
Vypočtená doba dozvuku v oktávových pásmech		T	s	2,75	2,00	1,96	1,96	1,85	1,30
Požadované rozmezí hodnot doby dozvuku – <b>sportovní hala</b>	Horní mez	T <sub>E,N</sub>	s	-	2,50	2,50	2,50	2,50	-
	Dolní mez	T <sub>E,N</sub>	s	-	1,67	1,67	1,67	1,67	-
Hodnocení				-	+	+	+	+	-

Tab. 7/ Posouzení vypočtené doby dozvuku – stav po návrhu úprav

Pozn.: + ... Vyhovuje požadavku, X ... Nevyhovuje požadavku, - ... nehodnoceno

Z výsledků v tab.7 je zřejmé, že posuzované prostory **výpočtově splňují požadavky na optimální dobu dozvuku po provedení kompletního rozsahu navržených opatření.**



Kontrolní měření doby dozvuku doporučujeme provést v průběhu a také po dokončení realizace navržených úprav. Ze zkušenosti lze říci, že předpokládaná doba dozvuku v pohltivých prostorech je o něco vyšší než doba dozvuku získaná výpočtem. Příčinou může být nerovnoměrné rozložení pohltivých ploch. 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 kontrolovat dobu dozvuku prostoru měřením. Na základě výsledků měření lze přistoupit k doladění akustiky prostoru, např. návrhem dalších stěnových obkladů. Z tohoto důvodu doporučujeme počítat s jistou rozpočtovou rezervou na realizaci akustických opatření ve výši cca 25 % nákladů.

## 6. ZÁVĚR

Úkolem akustické studie byl návrh zvukopohltivých úprav do vnitřního prostoru sportovní haly Vodova v Brně [2].

Výpočtová doba dozvuku posuzovaného prostoru po navržených úpravách splňuje požadavky ČSN 73 0527 pro sportovní haly. Kontrolní měření doby dozvuku doporučujeme provádět v průběhu a po dokončení realizace. **Doporučujeme tepelnětechnické a požární posouzení pro navržené akustické úpravy.**

V Brně dne 6.8.2021

za DEKPROJEKT s.r.o.



**ATELIER DEK**

DEKPROJEKT s.r.o.  
Tiskařská 10/257  
108 00 Praha 10  
DIČ: CZ699000797

10

Ing. Jan Burda  
+420 735 768 488  
jan.burda@dek-cz.com