

AKUSTICKÉ CENTRUM

Název zakázky: **Rekonstrukce tělocvičny
ZŠ Hanspaulka
Sušická č.p. 1000
160 00 Praha 6**

**Prostorově akustické úpravy
tělocvičny**

Zakázka č.: **1-0225-4276**

Zadavatel: **A6 atelier, s.r.o.
Patočkova 978/20
169 00 Praha 6**

Obsah
dokumentace: **Akustická studie**

Datum: **Únor 2025**



© AKUSTICKÉ CENTRUM 2025

AKUSTICKÉ CENTRUM s. r. o., Bělohorská 131, 169 00 Praha 6, Tel.: 235315094

e-mail: ac@akustickecentrum.cz, www.akustickecentrum.cz

IČ: 27420035, DIČ: CZ27420035

AKUSTICKÉ CENTRUM

Název zakázky: **Rekonstrukce tělocvičny
ZŠ Hanspaulka
Sušická č.p. 1000
160 00 Praha 6**

**Prostorově akustické úpravy
tělocvičny**

Zodpovědný
pracovník: **Ing. Robert Fleischman**

Spolupráce: **kolektiv Akustického centra**

Supervize: **Ing. David Kail**

Výsledky obsažené v tomto dokumentu jsou duševním vlastnictvím společnosti AKUSTICKÉ CENTRUM s. r. o. Jejich veřejná publikace a další využití nad rámec původního smluvního určení nebo předání třetí osobě je vázáno na souhlas zpracovatele.

Obsah

1	Úvod.....	4
2	Výchozí údaje.....	4
	2.1 Podklady.....	4
	2.2 Použitá literatura	4
	2.3 Základní charakteristiky prostoru	5
3	Normativní požadavky a doporučení.....	6
4	Návrh prostorově akustických úprav	7
5	Popis navržených akustických úprav.....	10
6	Závěr	13

1 Úvod

Tato studie byla vypracována na základě objednávky firmy A6 atelier, s.r.o. Obsahuje návrh prostorově akustických úprav rekonstruované tělocvičny ZŠ Hanspaulka, Sušická č.p. 1000, Praha 6.

Studie v souladu s objednávkou obsahuje:

- stanovení prostorově akustických požadavků na tělocvičnu dle příslušných norem a doporučení;
- návrh prostorově akustických úprav tělocvičny a porovnání doby dozvuku tělocvičny po provedení akustických úprav s požadavkem normy ČSN 73 0527.

2 Výchozí údaje

2.1 Podklady

- 1) Výkresová dokumentace pro provádění stavby, D.1.1 Architektonicko-stavební řešení, ZŠ Hanspaulka Rekonstrukce tělocvičny, zprac. A6 atelier s.r.o., 02/2025.
- 2) Akustické doporučení pro získání normové doby dozvuku 01 a 02, HARO Sports, zprac. Katrin Kuner, 09.03.2022.

2.2 Použitá literatura

- 1) Zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů.
- 2) Vyhláška č. 160/2024 Sb., o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých a dětských skupin.
- 3) ČSN 73 0525 Akustika – Projektování v oboru prostorové akustiky – Všeobecné zásady.
- 4) ČSN 73 0527 Akustika – Projektování v oboru prostorové akustiky – Prostory pro kulturní účely – Prostory ve školách – Prostory pro veřejné účely.
- 5) Kolmer F., Kyncl J. – Prostorová akustika, SNTL, Praha, 1980.

- 6) M. Krňák – Akustické obklady, VÚZORT.
- 7) J. Vaverka a kol. - Stavební fyzika 1 – urbanistická, stavební a prostorová akustika, VUTIUM, Brno 1998.
- 8) Protokoly o měření činitele zvukové pohltivosti akustických materiálů, archiv Akustického centra.

2.3 Základní charakteristiky prostoru

Popis prostoru:

Rekonstruovaná školní tělocvična je umístěna v přístavbě školní budovy Sušická č.p. 1000, Praha 6.

Tělocvična má obdélníkový půdorys o rozměrech cca 19,0 × 9,5 m s připojeným menším prostorem taktéž obdélníkového půdorysu o rozměrech 4,12 × 4,22 m. Výška tělocvičny od podlahy k rovinnému stropu je 5,64 m, výška připojeného menšího prostoru je proměnná 3,9 až 4,4 m. Podlaha tělocvičny bude pokryta speciálním zvukově odrazivým sportovním povrchem, stěny i stropy jsou omítnuté hladkou omítkou. Strop tělocvičny je podepřen 4 příčnými nosníky výšky 170 mm. V jedné delší stěně tělocvičny je osazeno 5 oken, pod okny jsou otopná litinová tělesa, v protilehlé delší a jedné kratší stěně jsou umístěny celkem troje dvoukřídlové dveře.

Tělocvična bude vybavena běžným tělocvičným náradím (žebřiny, ocelová konstrukce pro hrazdu, hrazdové tyče, dřevěný žebřík, gymnastické kruhy, basketbalové koše atd.), v menším připojeném prostoru bude umístěna lezecká stěna.

Základní rozměrové charakteristiky prostoru tělocvičny:

- půdorysná plocha.....198 m²
- celková povrchová plocha..... 751 m²
- objem.....1 090 m³

Pozn.: Při vyčíslení základních rozměrových charakteristik výše uvedeného prostoru byla s ohledem na akustický význam geometrie a rozměrů prostoru přijata některá zjednodušení. Uvedené hodnoty ploch a objemu tedy nemusejí přesně souhlasit s fyzickými rozměrovými charakteristikami prostoru.

3 Normativní požadavky a doporučení

Vyhláškou č. 160/2024 Sb. jsou stanoveny hygienické požadavky na optimální dobu dozvuku ve školách následovně:

§ 6: V zařízení pro výchovu a vzdělávání a provozovně pro výchovu a vzdělávání a dětské skupině musí být dodrženy normové hodnoty podle české technické normy upravující optimální doby dozvuku.

Z hlediska stanovení optimální doby dozvuku v prostorech pro školské účely je rozhodující norma ČSN 73 0527. Další normativní požadavky na akustické řešení školních prostorů jsou uvedeny v normách ČSN 73 0525 a ČSN 73 0527.

Požadované akustické kvality uzavřených prostorů se dosáhne volbou vhodných typů akustických prvků, nalezením jejich optimálního množství (výměr) a příhodným rozmístěním těchto výměr na stěnách a na stropě místností. Hlavní kritérium pro výběr prvků a stanovení jejich potřebného množství představuje kmitočtový průběh doby dozvuku dané místnosti, tedy hodnoty doby dozvuku v jednotlivých oktávových pásmech 125 Hz až 4 kHz, popř. 250 Hz – 2 kHz.

Optimální doba dozvuku

Norma ČSN 73 0527 udává optimální hodnotu doby dozvuku T_0 v závislosti na účelu a případně též objemu prostoru. Je v ní uvedeno i normované toleranční pásmo kmitočtového průběhu doby dozvuku T/T_0 pro jednotlivé typy prostorů.

Pro tělocvičny je optimální doba dozvuku v normě ČSN 73 0527 stanovena následujícími vztahy:

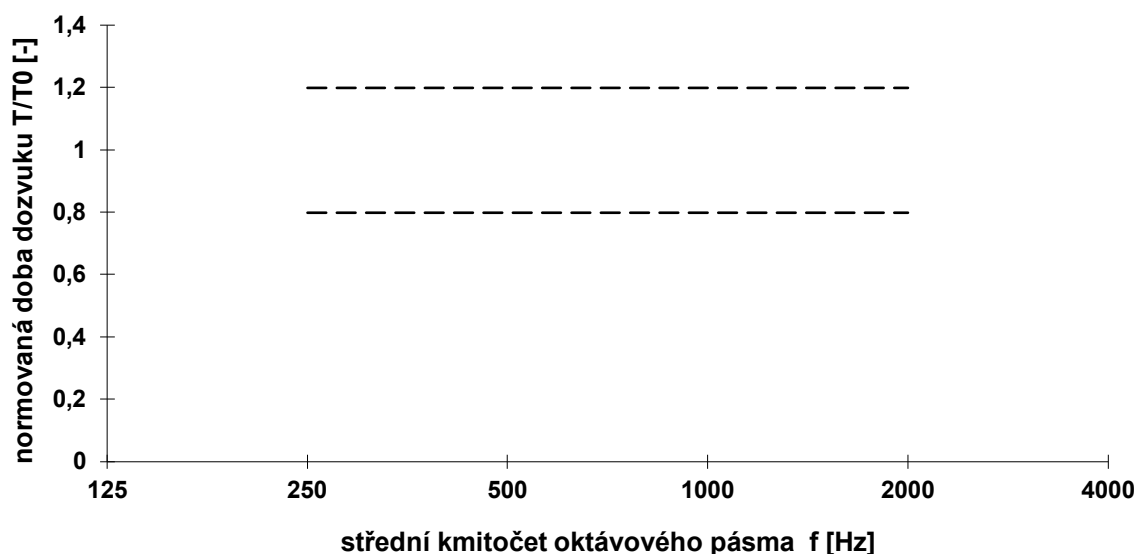
$$T_0 = 0,396 \log V + 0,023 \text{ (vztah platí pro rozsah objemů } V = 200 \text{ až } 3\,000 \text{ m}^3\text{)}$$

$$T_0 = 1,037 \log V - 2,204 \text{ (vztah platí pro rozsah objemů } V = 3\,000 \text{ až } 50\,000 \text{ m}^3\text{)}$$

Při objemu tělocvičny cca 1 090 m³ vychází optimální doba dozvuku $T_0 = 1,23$ s.

Na rozdíl od běžných školních učeben a poslucháren se doba dozvuku školních tělocvičen vyhodnocuje v neobsazeném stavu.

Toleranční pásmo kmitočtového průběhu doby dozvuku pro prostory tělocvičny je uvedeno v následujícím grafu.



Obr. 1: Toleranční pásmo kmitočtového průběhu doby dozvuku pro tělocvičny

4 Návrh prostorově akustických úprav

Předmětná tělocvična je ve stavu bez prostorově akustických úprav velmi málo členitým prostorem s rozlehlými planoparalelními povrchovými plochami a s velmi nízkou zvukovou pohltivostí povrchových ploch. V tomto stavu lze očekávat velmi vysokou dobu dozvuku uvnitř tělocvičny a značnou tendenci ke vzniku třepotavé ozvěny. Tyto jevy zapříčiní pomalé doznívání zvuku buzeného uvnitř tohoto prostoru (tzn. i pomalé doznívání mluveného slova), a tím i nízkou srozumitelnost mluveného slova. Dlouhá doba dozvuku také přispívá k navýšení celkové hladiny akustického tlaku rušivých hluků v dozvukovém poli uvnitř tělocvičny.

Doba dozvuku tělocvičny by ve stavu bez prostorově akustických úprav nevyhovovala hygienickému požadavku vyhlášky č. 160/2024 Sb.

Pro zlepšení hlukové situace uvnitř tělocvičny **doporučujeme instalovat na stěny a strop prostoru zvukově pohltivé materiály**. Zvukově pohltivé materiály způsobí snížení doby dozvuku, a tím i zlepšení srozumitelnosti mluveného slova a snížení hluku v dozvukovém poli uvnitř předmětného prostoru.

Vzhledem k tomu, že v dolní části stěn od podlahy do výšky 1 915 mm je požadováno instalovat obklad z neperforovaných hladkých desek (sokl výšky 100 mm a 3 řady plných desek z březové překližky tl. 15 mm a výšky 600 mm, mezery mezi deskami 5 mm), bude nutné zvukově pohltivý obklad instalovat až do oblastí nad těmito deskami. Z akustického hlediska je tato instalace sice

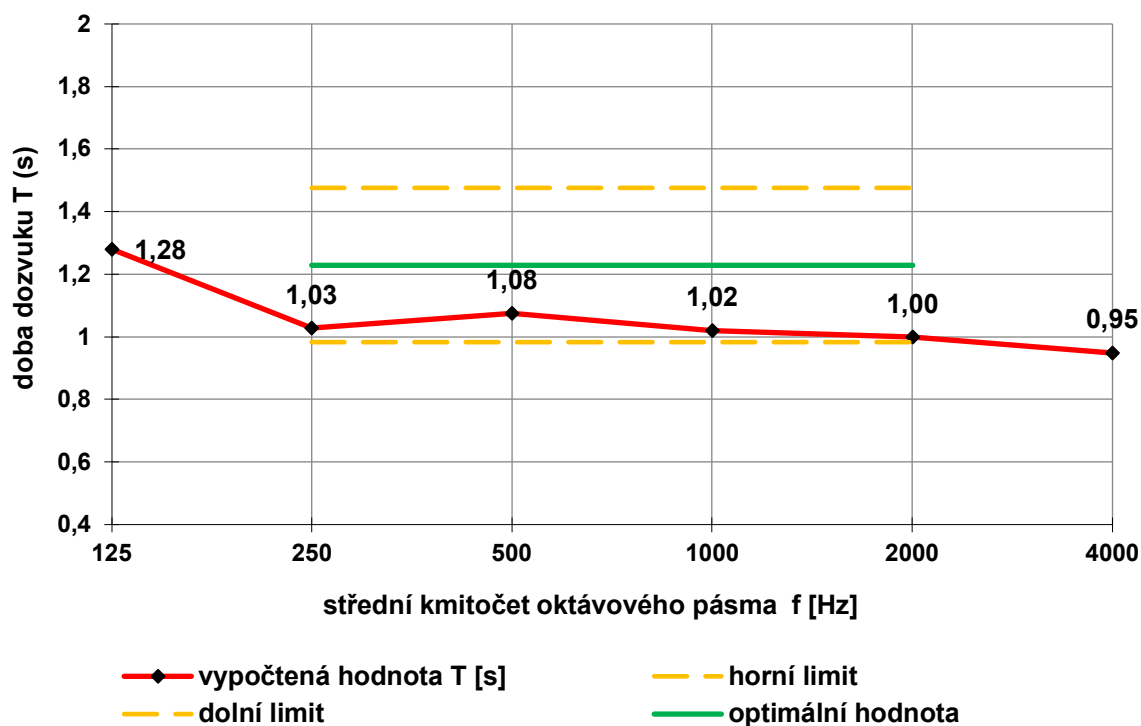
méně příznivá než instalace pohltivého obkladu do výšky hlav stojících osob (v oblasti hlav stojících osob může vznikat třepotavá ozvěna), nicméně i takto umístěný obklad je nutnou podmínkou pro zajištění přijatelných akustických podmínek uvnitř prostoru tělocvičny.

Od výšky 1 920 mm do výšky 2 520 mm nad podlahou navrhujeme **na dvou kratších stěnách a jedné delší stěně naproti oknům instalovat zvukově pohltivý obklad z perforovaných desek z překližky výšky 600 mm a tl. 15 mm, s kruhovým děrováním \varnothing 8 mm, s rozestupy středů děr 16 mm (činitel perforace 20 %)**. Z rubové strany desek musí být umístěna za otvory zvukově průzvučná textilie (vlies). Perforované desky, stejně jako desky z plné překližky umístěné níže, budou instalovány na systémovém roštu hloubky cca 110 mm. Za perforovanými deskami bude vložena minerální vlna tl. 50 mm (objemová hmotnost 30-45 kg/m³). Úhrnná akusticky účinná plocha obkladu z perforovaných desek činí cca 17,57 m².

Na strop tělocvičny do polí mezi příčné nosníky navrhujeme **instalovat celoplošně zvukově pohltivý podhled z desek ze skelné či minerální vlny nebo z dřevěné vlny pojené magnezitem (s vysokou mechanickou odolností proti nárazu) se svěšením hloubky 200 mm (na líc podhledu)**. Tento akustický podhled bude zaujímat plochu 167,2 m².

Pro omezení vlivu třepotavé ozvěny dále doporučujeme do otvoru mezi hlavním sálem tělocvičny a připojeným menším prostorem s lezeckou stěnou instalovat **textilní závěs z průzvučné látky s gramáží \geq 300 g/m², s řasením minimálně 120 %**. Závěs musí být instalován na konzoli (kolejnici) a rozdělen na dvě poloviny tak, aby jej bylo možno rozhrnout ke dveřím umístěným v okolí otvoru v kratší stěně tělocvičny. Celková akusticky účinná plocha závěsů bude 18,92 m² (jedná se o účinnou plochu nezahrnující řasení 120 % - při nacenění látky je nutné plochu pro řasení připočítat).

Vypočtený kmitočtový průběh doby dozvuku takto akusticky upravené tělocvičny je uveden v tab. 1 a graficky znázorněn na obr. 2 (spolu s mezemi odnormovaného tolerančního pásma).



Obr. 2: Vypočtený kmitočtový průběh doby dozvuku tělocvičny s prostorově akustickými úpravami (meze tolerančního pásma jsou vyznačeny čárkovaně)

Okt. pásmo f (Hz)	125	250	500	1 000	2 000	4 000
Vypočtená doba dozvuku T_d (s) s prostorově akustickými úpravami	1,28	1,03	1,08	1,02	1,00	0,95
Horní mez tolerančního pásma optimální doby dozvuku dle ČSN 730527	-	0,98	0,98	0,98	0,98	-
Dolní mez tolerančního pásma optimální doby dozvuku dle ČSN 730527	-	1,48	1,48	1,48	1,48	-

Tab. 1: Vypočtené hodnoty doby dozvuku tělocvičny s prostorově akustickými úpravami

Výsledné hodnoty v jednotlivých oktávových pásmech se nacházejí uvnitř tolerančního pásma optimální doby dozvuku pro danou tělocvičnu. Navržené prostorově akustické úpravy zajistí dodržení optimální doby dozvuku dle požadavku normy ČSN 73 0527.

5 Popis navržených akustických úprav

Podhled pod stropem tělocvičny (oblasti mezi příčnými nosníky)

Zvukově pohltivý podhled z desek ze skelné či minerální vlny nebo z dřevěné vlny pojené magnezitem (s vysokou mechanickou odolností proti nárazu) na nosné konstrukci z kovových profilů s celkovým svěšením hloubky 200 mm (na líc desek podhledu): 167,2 m²

Okt. pásmo f (Hz)	125	250	500	1 000	2 000	4 000
Činitel zvukové pohltivosti použitého prvku α (-)	0,50	0,70	0,75	0,75	0,80	0,80

Tab. 2: Činitel zvukové pohltivosti podhledu

Akusticky účinný obklad na stěnách tělocvičny

Zvukově pohltivý obklad z perforovaných desek z březové překližky tl. 15 mm, s kruhovým děrováním Ø 8 mm, s rozestupy středů děr 16 mm (činitel perforace 20 %), z rubové strany desek umístěna za otvory zvukově průzvučná textilie (vlies), za perforovanými deskami vložena minerální vlna tl. 50 mm (objemová hmotnost 30-45 kg/m³): 17,57 m²

Perforované desky, stejně jako desky z plné překližky umístěné níže, budou instalovány na systémovém roštu hloubky cca 110 mm.

Pozn.: Akusticky účinný perforovaný obklad navazuje na obklad z neperforovaných hladkých desek z březové překližky tl. 15 mm v dolní části stěn, jehož je nedílnou součástí. Tato akusticky neúčinná část není do uvedené plochy započítána.

Okt. pásmo f (Hz)	125	250	500	1 000	2 000	4 000
Činitel zvukové pohltivosti použitého prvku α (-)	0,30	0,80	0,9	0,65	0,60	0,55

Tab. 3: Činitel zvukové pohltivosti stěnového obkladu

Textilní závěs v otvoru mezi hlavním sálem tělocvičny a připojeným menším prostorem

Textilní závěs z průzvučné látky s gramáží $\geq 300 \text{ g/m}^2$ s řasením minimálně 120 %, (rozměry bez řasení cca $4,3 \times 4,4 \text{ m}$): 18,92 m²

Pozn.: Uvedena je akusticky účinná plocha nezahrnující řasení 120 % - při nacenění látky je nutné plochu pro řasení připočítat).

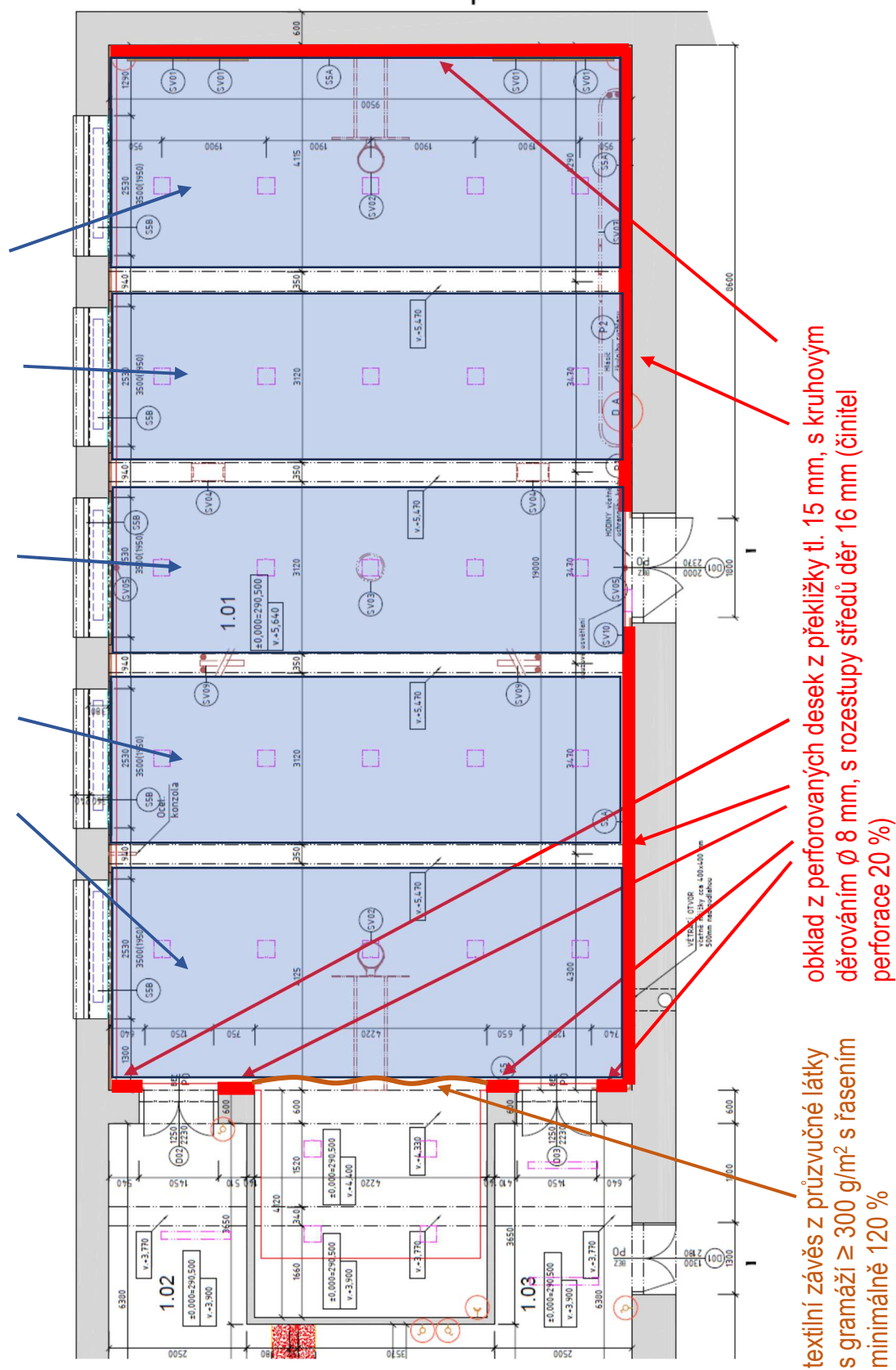
Okt. pásmo f (Hz)	125	250	500	1 000	2 000	4 000
Činitel zvukové pohltivosti použitého prvku α (-)	0,25	0,45	0,60	0,90	0,95	0,95

Tab. 4: Činitel zvukové pohltivosti závěsu

Upozornění:

Všechny uvedené výměry jsou bez prořezu a bude je třeba upřesnit dle zaměření na stavbě!

zvukově pohltivý pohled z desek ze skelné či minerální vlny nebo z dřevěné vlny pojené magnezitem (s vysokou mechanickou odolností proti nárazu) se svěšením hloubky 200 mm (na líc pohledu)



Obr. 3: Schématické vyznačení prostorově akustických úprav v půdorysu tělocvičny

6 Závěr

Předmětná tělocvična je vzhledem k tvaru a předpokládanému vybavení velmi málo difúzním prostorem. Proto byly její prostorově akustické úpravy navrženy tak, aby byla omezena možnost vzniku třepotavé ozvěny degradující prostorově akustické vlastnosti prostoru. Popis prostorově akustických úprav je uveden v kapitolách 4 a 5.

Po realizaci prostorově akustických úprav bude předmětná tělocvična vyhovovat **hygienickému požadavku vyhlášky č. 160/2024 Sb. na zajištění optimální doby dozvuku dle ČSN 73 0527.**

Akustické parametry tělocvičny závisejí na mnoha faktorech, z nichž některé nelze s dostatečnou přesností předvídat. Kromě anomálií, způsobených nízkou difuzitou, se jedná též o pohltivost stěn, podlahy, oken atp. Navržené akustické úpravy proto musejí být realizovány ve spolupráci s akustikem, který na základě výsledků kontrolních měření doby dozvuku upřesní výměru stěnového obkladu i stropního podhledu v krajním případě provede i jiné korekce souboru akustických úprav.

Případné změny je možno konzultovat s autorem této studie.

Ing. Robert Fleischman

tel.: 777 099 105

e-mail: fleischman@akustickecentrum.cz