

Název:

Tělocvična Mariánské Lázně

Zakázkové číslo: 19-06-27
Profese: prostorová akustika
Dokument: technická zpráva
Stupeň projektové dokumentace: DVZ
Datum: prosinec 2019



Zpracoval: Ing. David Röhrich

AVETON s.r.o.

Krátkého 211/2, 190 00 Praha 9

tel.: +420 731 463 403

e-mail.: hradek@aveton.cz

web.: www.aveton.cz

IČ: 02436647

DIČ: CZ02436647

AVETON
AKUSTIKA
AV TECHNIKA
DESIGN

Obsah:

1.	ZÁKLADNÍ ÚDAJE	3
1.1.	VÝCHOZÍ ÚDAJE A PODKLADY	3
1.2.	POUŽITÉ NORMY A LITERATURA	3
2.	MĚŘENÍ DOBY DOZVUKU.....	4
2.1.	STAV PROSTORU V DOBĚ MĚŘENÍ	4
2.2.	POPIS MĚŘENÍ DOBY DOZVUKU	4
3.	NÁVRH ŘEŠENÍ PROSTOROVÉ AKUSTIKY	5
3.1.	POŽADAVKY NA AKUSTICKÉ PARAMETRY	5
3.2.	TEORETICKÝ VÝPOČET DOBY DOZVUKU	6
3.3.	ŘEŠENÍ PROSTOROVÉ AKUSTIKY.....	7
4.	ZÁVĚR	7

Přílohy:

Výpočetní příloha:

VP01 – frekvenční průběh doby dozvuku stávajícího stavu haly naměřený dne 6.9.2019 a dále výpočet a graf vypočtené doby dozvuku sportovní haly po provedení akustických úprav

Tabulková příloha:

Tab1 - výkaz výměr a specifikace akustických prvků

1. ZÁKLADNÍ ÚDAJE

1.1. VÝCHOZÍ ÚDAJE A PODKLADY

- výkresová dokumentace
- prohlídka přímo na místě

1.2. POUŽITÉ NORMY A LITERATURA

- [1] ČSN 73 0525 - Akustika - Projektování v oboru prostorové akustiky - Všeobecné zásady – únor 1998
- [2] ČSN 73 0527 - Akustika - Projektování v oboru prostorové akustiky - Prostory pro kulturní účely - Prostory ve školách - Prostory pro veřejné účely – březen 2005
- [3] Vaverka, J., kol.: Stavební fyzika 1 - urbanistická, stavební a prostorová akustika, nakladatelství VUTIUM, Brno 1998.
- [4] Hrádek, T., Tuček, J.: Katalog akustických prvků, nakladatelství Akademie múzických umění v Praze, Praha 2011, ISBN 978-80-7331-316-6
- [5] ČSN EN ISO 3382-1 - Akustika - Měření parametrů prostorové akustiky - Část 1: Prostory pro přednes hudby a řeči, - prosinec 2009.

2. MĚŘENÍ DOBY DOZVUKU

2.1. STAV PROSTORU V DOBĚ MĚŘENÍ

Sportovní hala – vstupní měření dne 8. 10. 2019

Akustické úpravy:

strop: stávající stav

stěny: stávající stav

podlaha: stávající stav

Vybavení místnosti:

prostor byl zcela prázdný a nacházel se v běžném provozním stavu; všechny dveře byly zavřené; v době měření se v prostoru nacházela jedna osoba

2.2. POPIS MĚŘENÍ DOBY DOZVUKU

Měření doby dozvuku bylo provedeno podle ČSN EN ISO 3382-1. Měřicí signál byl impulsní – výstřel ze startovací pistole. Impulsová odezva místnosti byla zaznamenána měřicím mikrofonom a vyhodnocena analyzátořem zvuku. Měření bylo provedeno v 11 různých vzájemných místech zdroje zvuku a měřicího mikronu a bylo vyhodnoceno v oktávových frekvenčních pásmech se středními kmitočty v rozsahu 125 Hz až 4 kHz (dle ČSN 73 0525). Výška zdroje zvuku byla 1500 mm nad podlahou, výška měřicího mikrofону byla 1200 mm nad podlahou. Doba dozvuku byla stanovena přednostně z úseku od -5 dB do -25 dB na dozvukové křivce (tj. hodnoty T_{20}). Výsledné hodnoty byly stanoveny jako průměrné hodnoty získané z jednotlivých měřicích míst v místnosti.

Popis stavu místností v době měření je uveden v kapitole 2.1.

Měřicí aparatura:

Zvukoměr NTi audio XL2 – SN 07300215

Mikrofon NTi audio MA220 – SN 3208

Kalibrační zařízení:

Kalibrátor NTi audio Larson Davis CAL200 – SN 10692

Zdroj měřicího signálu:

Signální revolver EKOL Viper 2.5" cal. 9 mm – SN E2VP-1450011

3. NÁVRH ŘEŠENÍ PROSTOROVÉ AKUSTIKY

3.1. POŽADAVKY NA AKUSTICKÉ PARAMETRY

Pro akusticky náročné prostory vyžadují jak normy ČSN 73 0525 a 73 0527, tak i praktické zkušenosti speciální akustickou úpravu z důvodu snahy o dosažení vhodných akustických podmínek. Splnění požadavků normy ČSN 73 0527 je závazné dle vyhlášky č. 343/2009 sbírky zákonů ČR. V případě tělocvičen, bazénových a sportovních hal je hlavním cílem splnit toleranční pásmo frekvenčního průběhu doby dozvuku předepsané výše zmiňovanou normou, dosáhnout dobré srozumitelnosti mluveného slova a celkově snížit hladinu hluku.

Dále je nutné vhodnou konfigurací akustických prvků zabránit nežádoucím odrazům zvuku. Zejména u akusticky pohltivých materiálů je velmi důležité i jejich vhodné umístění tak, aby byly potlačeny násobné odrazy zvuku mezi rovnoběžnými odrazivými stěnami (tzv. třepotavá ozvěna), které výrazně zhoršují akustické podmínky.

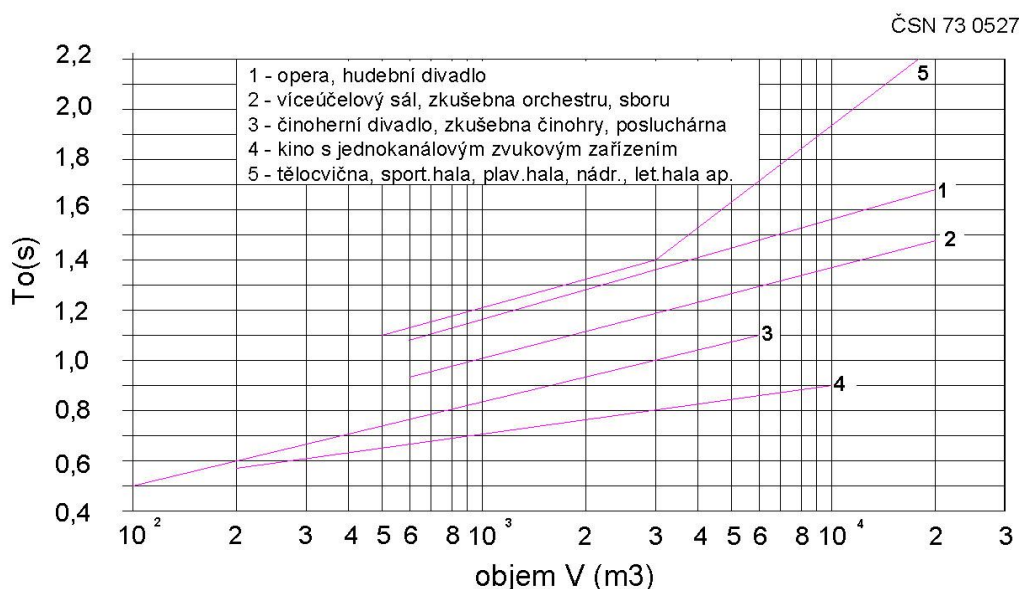
Poznámka:

Z výše uvedeného vyplývá, že není možné provést plnohodnotnou akustickou úpravu pouze umístěním akustického podhledu. V případě takového řešení není pohltivá plocha rozmístěna rovnoměrně a mezi stěnami dochází často ke vzniku třepotavé ozvěny a tedy i celkovému prodloužení doby dozvuku v určitém frekvenčním pásmu. Toto bývá častým problémem sportovních hal, kde je jen velmi zřídka stěnový obklad rozmístěn optimálně z hlediska prostorové akustiky.

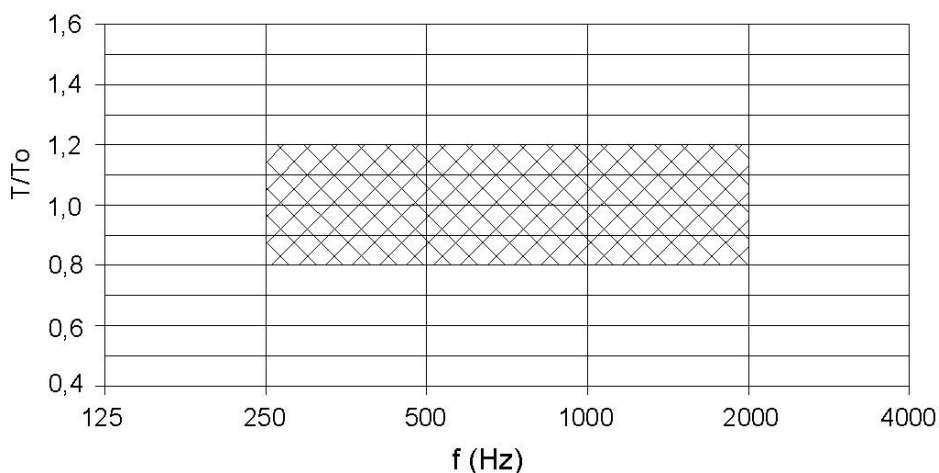
Tělocvična Mariánské Lázně

Optimální doba dozvuku T_0 pro tělocvičnu o objemu cca 2020 m³ byla stanovena na základě normy ČSN 73 0527 dle křivky č. 5 na Obr. 1 na $T_0 = 1,3-1,4$ s.

Frekvenční průběh doby dozvuku v tělocvičně by měl probíhat v rozsahu od 250 Hz do 2 kHz uvnitř tolerančního pásma dle ČSN 73 0527 – viz Obr. 2. Jedná se o frekvenční průběh určený pro tělocvičny, sportovní nebo plavecké haly.



Obr. 1 – Závislost optimální doby dozvuku T_0 (s) pro kmitočet 1000 Hz na objemu V (m³) uzavřeného prostoru v obsazeném stavu (u závislosti 5 neobsazeném stavu)



Obr. 2 - Příпустné rozmezí poměru dob dozvuku T/T_0 tělocvičny, sportovní nebo plavecké haly v závislosti na středním kmitočtu oktávového pásma

3.2. TEORETICKÝ VÝPOČET DOBY DOZVUKU

Pro výpočet doby dozvuku byl dle ČSN 73 0525 použit Eyringův vztah:

$$T_E = \frac{0,163 \cdot V}{-S \cdot \ln(1 - \alpha_s) + 4mV} \text{ [s]}$$

kde $V \text{ [m}^3\text{]}$ je objem místnosti

$S \text{ [m}^2\text{]}$ je celková plocha ohraničujících stěn místnosti

$\alpha_s \text{ [-]}$ je střední hodnota činitele zvukové pohltivosti

$m \text{ [-]}$ je činitel útlumu zvuku při šíření ve vzduchu

Střední hodnotu činitele zvukové pohltivosti vypočteme podle vztahu:

$$\alpha_s = \frac{\sum S_i \cdot \alpha_i}{S} \text{ [-]}$$

kde $S_i \text{ [m}^2\text{]}$ je dílčí pohltivá plocha

$\alpha_i \text{ [-]}$ je činitel zvukové pohltivosti dílčích ploch

$S \text{ [m}^2\text{]}$ je celková plocha ohraničujících stěn místnosti

Výpočet doby dozvuku byl proveden dle ČSN 73 0525 v oktávových pásmech se středními kmitočty 250 Hz až 2 kHz. Doba dozvuku sportovní haly je hodnocen v neobsazeném stavu. Výpočet vychází z hodnot doby dozvuku stávajícího stavu naměřených dne 8. 10. 2019.

Do výpočtu doby dozvuku byly započítány i zvukové pohltivosti prvků a konstrukcí, které nejsou definovány jako akustický obklad. Jejich vliv na akustické parametry ale nelze pominout.

Graf vypočtené doby dozvuku je uveden ve výpočetní příloze VP01.

3.3. ŘEŠENÍ PROSTOROVÉ AKUSTIKY

Tělocvična Mariánské Lázně

- Akustický podhled: Stávající podhled bude v celé ploše nahrazen novým akustickým podhledem. Ten bude kombinován ze dvou částí. Hlavní středovou plochu tvoří akustický minerální, mechanicky odolný podhled na bázi minerální vlny **AP-M** (více viz Tab1 – výkaz výměr a specifikace), který je pak ve zbytku plochy stropu doplněn SDK podhledem **AP-SDK** (více viz Tab1 – výkaz výměr a specifikace). Přesné rozmístění podhledových panelů – viz výkresová dokumentace.
- Akustické obklady stěn: Z důvodu eliminace třepotavé ozvěny, je na stěnách uvažováno s aplikací stěnového akustického obkladu s mechanickou odolností **AO** (více viz Tab1 – výkaz výměr a specifikace). Přesná plocha panelů **AO** – viz výkresová dokumentace.

4. ZÁVĚR

Studie prostorové akustiky tělocvičny v Mariánských Lázních stanovuje hodnotu optimální doby dozvuku. Dále studie obsahuje návrh akustických úprav včetně výpočtu doby dozvuku tak, aby byl splněn definovaný požadavek normy ČSN 73 0527. Výpočet doby dozvuku vychází ze vstupního měření doby dozvuku, které bylo provedeno 8.10.2019. Návrh akustických úprav spočívá v aplikaci kombinovaného celoplošného akustického podhledu a dále akustického obkladu na vybrané stěny. Předepsané akustické úpravy zajistí splnění stanoveného tolerančního pásma doby dozvuku a provozně akusticky vhodné prostředí.

V rámci samotné realizace je nutné provádět etapové měření doby dozvuku. Získané hodnoty jsou nutné pro ověření a případnou korekci teoretického výpočtu. Dále je nutné po dokončení realizace provést závěrečné měření doby dozvuku se zpracováním výsledků formou měřicího protokolu. Všechny výše uvedené akustické zkoušky jsou nutné pro úspěšné dokončení díla.

V případě jakýchkoliv změn v koncepci, umístění nebo typu akustických prvků, dispozičních změn či změn skladeb konstrukcí a povrchových úprav je nutné zajistit odsouhlasení těchto změn odpovědným akustikem.

Výpočet doby dozvuku

název prostoru: **Mariánské lázně - tělocvična**

Cílová doba dozvuku	$T_0 = 1,30$	s	základní parametry prostoru:		
toleranční pásmo	řeč				
	hudba				
	hudba a řeč	1			
objem prostoru	$V = 2\,021,9$	m^3	výška	6	m
plocha prostoru	$S = 1\,130,0$	m^2	délka	23,9	m
			šířka	14,1	m

materiály	činitel zvukové pohltivosti k oktávovým pásmech						plochy
popis, základní charakteristika	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	[m^2]
vzduch, 50% relativní vlhkost	6,60E-05	2,50E-04	6,83E-04	1,10E-03	2,70E-03	9,40E-03	–
měření	2,46E-01	1,85E-01	1,21E-01	1,11E-01	1,08E-01	1,06E-01	1130
strop							
AP-M	0,35	0,7	0,9	0,9	0,9	0,9	207,4
AP-SDK	0,1	0,06	0,04	0,04	0,04	0,04	127,3
Původní podhled	0,3	0,35	0,35	0,3	0,3	0,25	-334,7
stěny							
odrazivé plochy	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	-38,7
AO	0,2	0,7	0,9	0,9	0,9	0,9	38,7

celková plocha	1130,0
----------------	--------

celková ekvivalentní pohltivá plocha [-]	269,7	271,8	249,9	258,8	268,2	337,6
toleranční pásmo [s]	dolní mez	1,04	1,04	1,04	1,04	0,85
	horní mez	1,89	1,56	1,56	1,56	1,56
vypočtená doba dozvuku dle řešení [s]	1,08	1,07	1,18	1,14	1,11	0,89

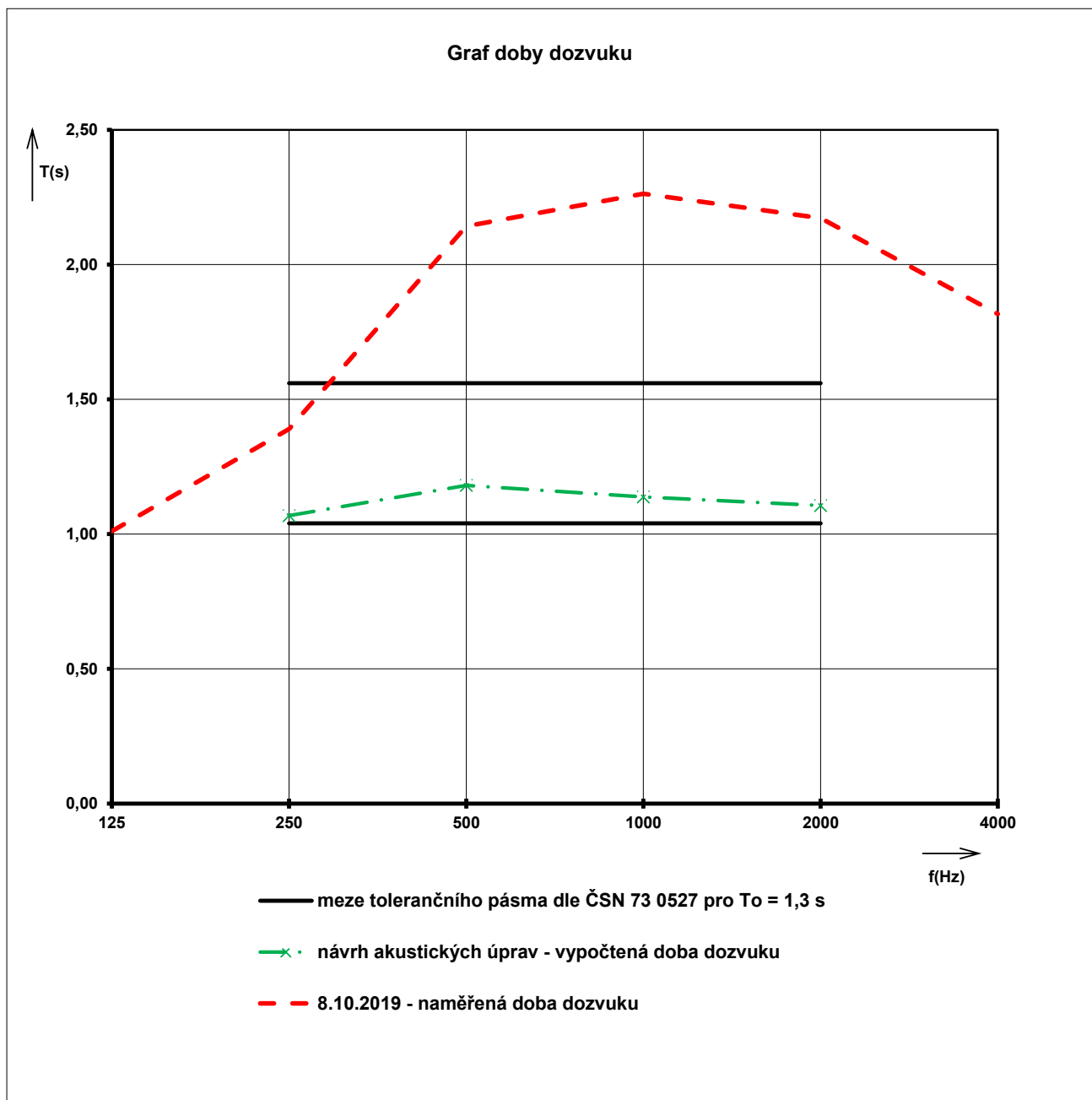
Graf změřené doby dozvuku

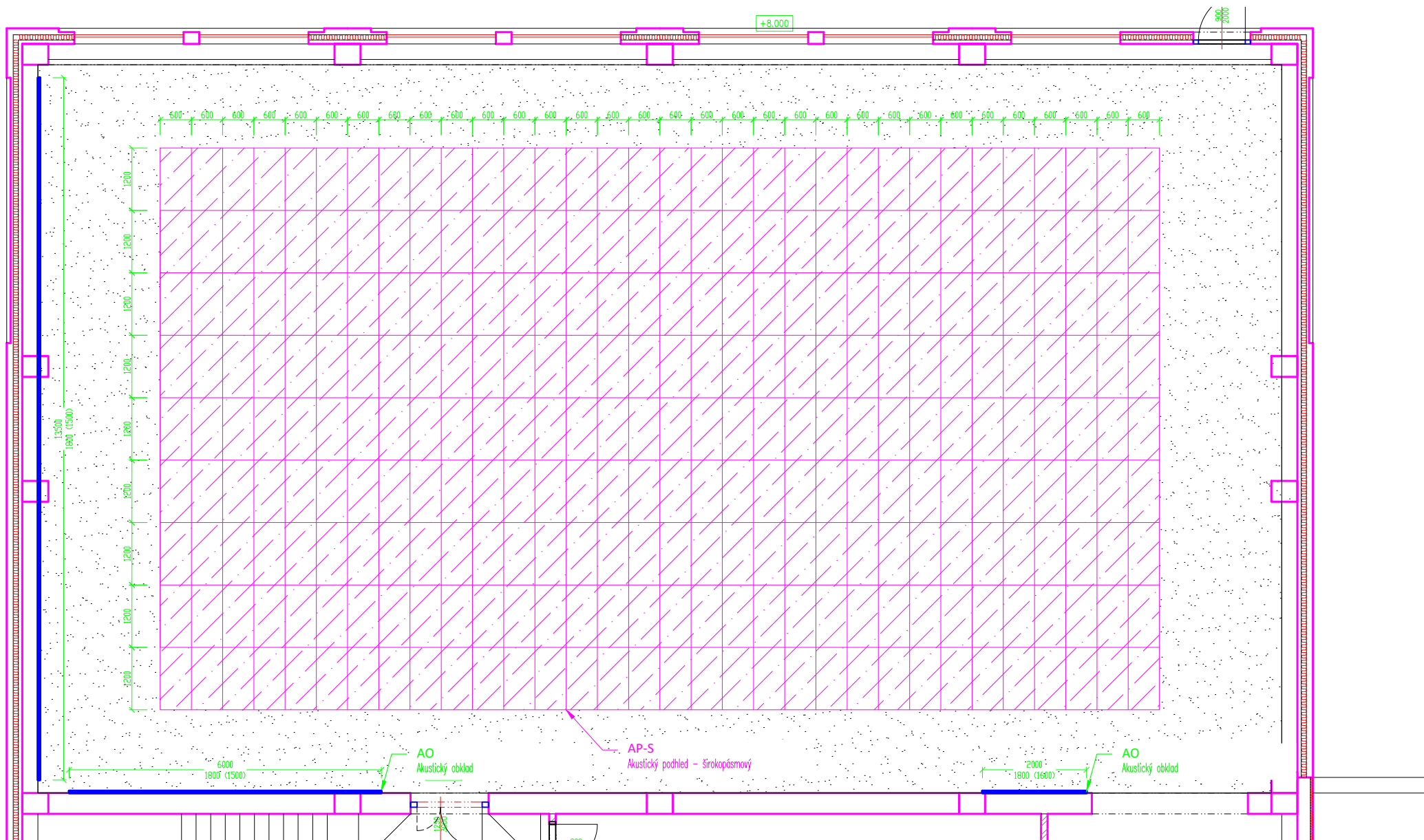
název prostoru: **Mariánské lázně - tělocvična**

objem prostoru $V = 2021,9 \text{ m}^3$

plocha prostoru $S = 1130,0 \text{ m}^2$

frekvence [Hz]		125	250	500	1000	2000	4000
8.10.2019 - naměřená doba dozvuku		1,01	1,39	2,14	2,26	2,17	1,82
návrh akustických úprav - vypočtená doba dozvuku			1,07	1,18	1,14	1,11	
toleranční pásmo [s]	dolní mez		1,04	1,04	1,04	1,04	
	horní mez		1,56	1,56	1,56	1,56	





LEGENDA AKUST. PRVKŮ:



AP-M - Akustický podhled-minerální



AP-SDK - Akustický podhled - SDK



AO - akustický obklad

projektant části:

AVETON®
akustika

AVETON s.r.o.

Krátkého 212/2; 190 00, Praha 9
T: +420 608 840 676
E: rohrich@aveton.cz

Zpracoval:

zodpovědný projektant:

Ing. arch. J. Antoř, Ing. D.Röhrich
Ing. Tomáš Hrádek

akce:

stupeň:

měřítko:

datum:

19_06_27-Tělocvična Mariánské Lázně

DVZ

1:100

12/2019

část:

číslo přílohy:

název přílohy:

Prostorová akustika

PA.01

Detaily akust. prvků