

Název:

Městské divadlo Krnov – orchestřiště

Zakázkové číslo: 25-08-30
Profese: prostorová akustika
Dokument: technická zpráva
Stupeň projektové dokumentace: studie
Datum: září 2025
Revize: 00



Zpracoval: Ing. Anna Nejedlá

Kontroloval: Ing. Tomáš Hrádek

AVETON s.r.o.

Drahobejlova 1452/54, 190 00 Praha 9

tel.: +420 731 463 403

e-mail.: info@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.	ÚVOD	4
3.	KONCEPTUÁLNÍ NÁVRH ÚPRAV PROSTOROVÉ AKUSTIKY.....	4
4.	POŽADAVKY NA PROJEKČNÍ PRÁCE PROFESE PROSTOROVÁ AKUSTIKA	5
4.1.	POŽADAVKY NA AKUSTICKÉ PARAMETRY	5
4.2.	POŽADAVKY NA AKUSTICKÁ MĚŘENÍ.....	7
5.	ZÁVĚR.....	7

Přílohy:

Výkresová příloha:

PA.01 – Půdorys – rozmístění akustických prvků

PA.02 – Pohledy na stěny a řez

Tabulková příloha:

Tab1 – výkaz výměr a specifikace

1. ZÁKLADNÍ ÚDAJE

1.1. VÝCHOZÍ ÚDAJE A PODKLADY

- výkresová dokumentace
- ústní informace předané při jednáních se zástupcem objednatele

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 – srpen 2023
- [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] T. Cox, P. D'Antonio: Acoustic Absorbers and Diffusers: Theory, Design and Application, Spon Press, 2004
- [6] T. Cox, P. D'Antonio: Two Decades of Sound Diffuser Design and Development, Part 1: Applications and Design
- [7] T. Cox, P. D'Antonio: Two Decades of Sound Diffuser Design and Development, Part 2: Prediction, Measurement, and Characterization

2. Úvod

Jedná se o studii prostorové akustiky zabývající akustickými úpravami orchestřiště Městského divadla v Krnově v rámci jeho rekonstrukce po povodni. Cílem studie je návrh akustických úprav orchestřiště ve vazbě na jeho akustiku a zároveň na akustiku sálu jako celku. Podkladem pro projekční činnost a zpracování studie byly výkresové podklady a dále informace o využití orchestřiště a možnostech jeho úprav se zástupcem objednatele.

3. KONCEPTUÁLNÍ NÁVRH ÚPRAV PROSTOROVÉ AKUSTIKY

Zadáním studie bylo optimalizovat řešení prostorové akustiky orchestřiště v rámci plánovaných rekonstrukčních prací. Značná část orchestřiště je překryta plochou jeviště a jeho otevřenost směrem do sálu je relativně malá. Tato část však není součástí rekonstrukce a dle rozhodnutí zadavatele se do této části nezasahuje a rozsah zůstane zachováno ve stávajícím stavu. Níže popsané akustické úpravy mají zajistit v maximální možné míře frekvenčně vyrovnanou zvukovou odezvu orchestru a pomocí profilovaných obkladů směřovat zvukovou energii jednak vzájemně mezi hudebníky v rámci orchestřiště, ale zejména z orchestřiště směrem do sálu, a to jak do prostoru hlediště, tak i jeviště. Dle informací zadavatele v orchestřišti hrají menší i větší tělesa. V případě většího tělesa je potřeba, aby hudebníci byly co nejbližší otevřenému prostoru orchestřiště. Ideální rozsazení většinou určí dle obsazení a žánru dirigent. V případě menšího tělesa je žádoucí krajní otevřené části orchestřiště pod příkrovem oddělit pomocí difuzně odrazivých paravanů **PAR**, které zamezí ztrátám zvukové energie v těchto kapsách.

Akustické úpravy jsou uvažovány na většině plochy stěn orchestřiště a na části stropu, resp. překryté části orchestřiště. Jedná se o kombinaci prvků rozdílné akustické funkce. Uvažovány jsou širokopásmové absorbéry na stěnách **AO-P** a dále na stropě **AP-S**, které omezují odrazy zvukové energie a celkově snižují hlasitost orchestru, nízkofrekvenční absorbéry **AO-KP**, které zajišťují zkrácení doby dozvuku na nízkých kmitočtech a frekvenční vyrovnanost doby dozvuku a dále difuzní profilované obklady **AO-PR**, které zajišťují rozptyl a odpovídající distribuci zvukové energie. Přesné provedení, rozmístění a upřesněné množství výše uvedených akustických obkladů bude předmětem řešení projektové dokumentace.

Rozmístění akustických prvků je ve výkresové příloze PA.01 a PA.02 a jejich specifikace v tabulkové příloze Tab1.

4. POŽADAVKY NA PROJEKČNÍ PRÁCE PROFESE PROSTOROVÁ AKUSTIKA

Níže jsou uvedeny akustické parametry, které je nutné v rámci prací na projektové dokumentaci prostorové akustiky nejprve změřit v rámci podrobného vstupního akustického měření a porovnat s hodnotami optimálními v korelaci se subjektivním hodnocením uživatele, a dále tyto data podrobně analyzovat. Na základě těchto postupných kroků by měl být proveden návrh a zpracována projektová a navazující dílenská dokumentace.

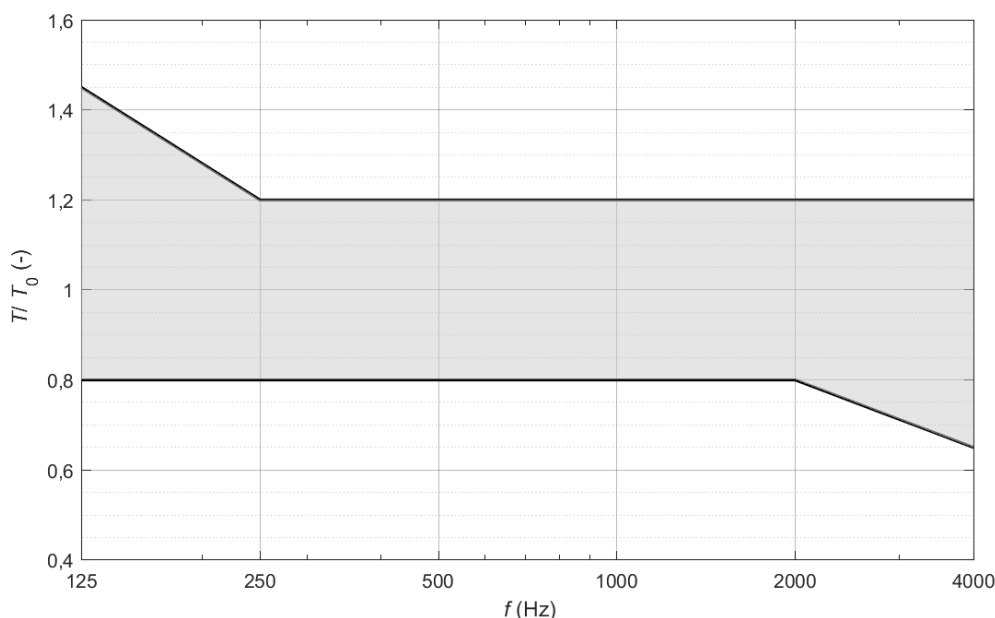
4.1. POŽADAVKY NA AKUSTICKÉ PARAMETRY

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. V případě prostor určených pro kulturní účely je hlavním cílem splnit stanovené toleranční pásmo frekvenčního průběhu doby dozvuku a dosáhnout odpovídajících akustických podmínek pro interpretaci hudby a mluveného slova.

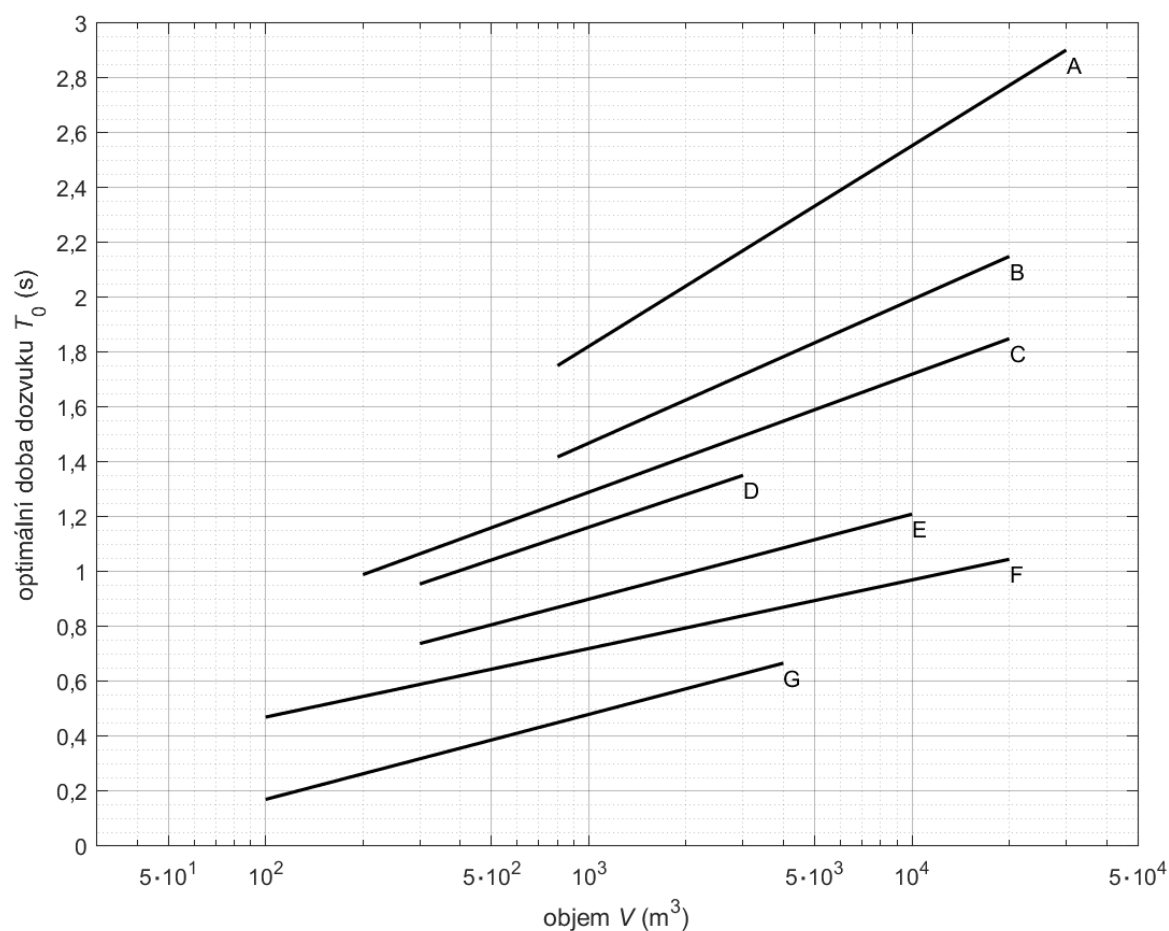
Dále je nutné vhodnou konfigurací akustických prvků zabránit nežádoucím odrazům zvuku a podpořit odrazy žádoucí (cílená distribuce zvukového signálu). Zejména u akusticky pohltivých materiálů je velmi důležité jejich vhodné umístění tak, aby byly potlačeny silné odrazy zvuku.

Protože akustika orchestřiště a vlastního divadelního sálu jsou neoddělitelně spjaty, bude v rámci navazující projekční činnosti nutné se rovněž **dobou dozvuku EDT, T_{20} a T_{30}** divadelního sálu zabývat. Na základě vstupního akustického měření budou analyzovány naměřené akustické parametry včetně hodnot doby dozvuku, které budou porovnány s doporučením normy ČSN 73 0527 (viz Obr. 1).

Frekvenční průběh doby dozvuku divadelního sálu by měl probíhat v rozsahu od 125 Hz do 4 kHz uvnitř tolerančního pásma dle ČSN 73 0527 (viz obr. 2). Jedná se o frekvenční průběh určený pro přednes hudby a řeči.



Obr. 2 – Přípustné toleranční pásmo poměru dob dozvuku T/T_0 obsazeného prostoru určeného k přednesu hudby a řeči v závislosti na středním kmitočtu oktávového pásma



Prostor	Křivka průběhu pro stanovení optimální doby dozvuku T_0 (s)	Toleranční pásmo
Sály s převládající varhanní hudbou	A	hudba
Sály s převládající orchestrální hudbou	B	hudba
Sály s převládající komorní hudbou Operní sály	C	hudba
Hudební zkušebny pro akustickou produkci (orchestr, sbor)	D	hudba a řeč
Činoherní divadla, Víceúčelové sály s převládajícím mluveným slovem bez ozvučení, Činoherní zkušebny	E	řeč
Hudební zkušebny pro ozvučenou produkci Víceúčelové sály s převládající ozvučenou produkcí Elektroakusticky ozvučené prostory	F	hudba a řeč
Kina a další prostory s vícekanálovým zvukovým systémem	G	hudba a řeč

Obr. 1 – Graf pro stanovení hodnoty optimální doby dozvuku
v závislosti na objemu – kulturní prostory

4.2. POŽADAVKY NA AKUSTICKÁ MĚŘENÍ

V rámci navazujících projekčních prací je nutné provést komplexní akustické měření pomocí všesměrového zdroje zvuku.

Měření slouží jako podklad pro projekční činnost a provedení navazujících analýz.

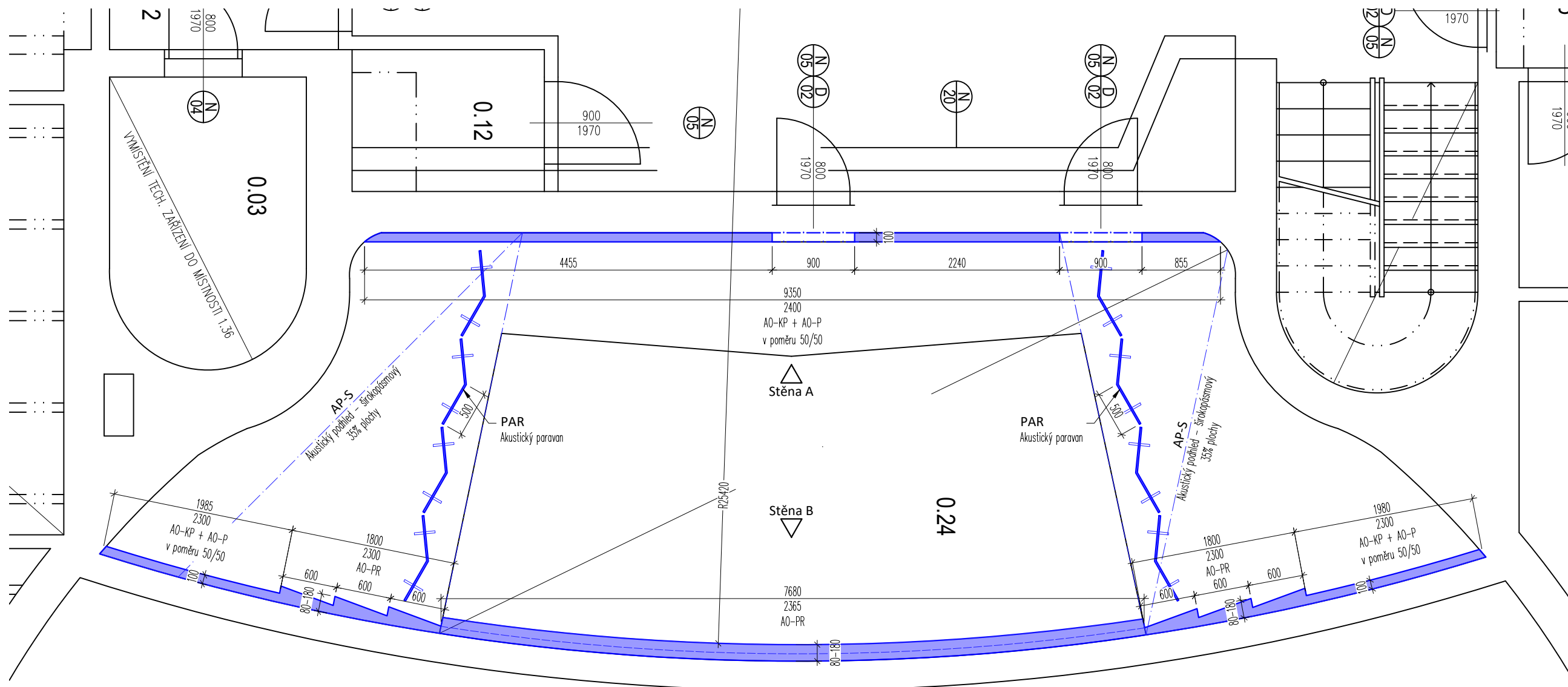
Měření bude zaměřeno na tyto akustické parametry:

- *EDT* – Early Decay Time
- T_{20} – doba dozvuku T_{20}
- T_{30} – doba dozvuku T_{30}

5. ZÁVĚR

Tato studie řeší prostorovou akustiku orchestřiště v rámci jeho rekonstrukce po povodních. Akustické úpravy jsou ve studii definovány koncepčním způsobem. Jejich finální podoba bude zpracována v rámci projektové a dílenské dokumentace, která by měla vzniknout na základě detailního vstupního měření akustických parametrů a následných analýz. Tyto kroky jsou velmi důležité, protože jakýkoliv zásah do geometrie a povrchových úprav stěn orchestřiště a jeho obkladů má vliv na celý divadelní sál. Zejména je nutné sledovat vzájemnou dynamickou vyváženost zvuku orchestru a sólistů, distribuci zvukové energie z orchestřiště směrem do sálu a v neposlední řadě akustické parametry v orchestřišti jako takovém pro zajištění co nejlepší zvukové vyrovnanosti pro hudebníky.

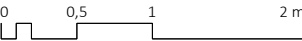
V případě jakýchkoliv změn v geometrické koncepci a v rozsahu akustických obkladů je nutné zajistit odsouhlasení těchto změn odpovědným akustikem.



Legenda půdorys

— Akustické obklady v půdorysu

- POZNÁMKA:
1. Veškeré kóty jsou pouze orientační, skutečné rozměry je nutno ověřit na stavbě před samotnou realizací. V případě, že budou difference významné, je nutné upozornit na ně architekta projektu.
 2. Tato dokumentace neslouží jako výrobní dokumentace. Tu si musí dodavatel části vyhotovit a nechat odsouhlasit zástupcem investora a architektem projektu. Ve výrobní dokumentaci akustického obkladu stěn i stropu bude provedena koordinace s koncovými prvky všech profesí, budou zapracovány zejména pozice zásovek, vypínačů, výdechů VZT apod. a provedeny výřezy pro zabudování těchto prvků do obkladů.



projektant části:



AVETON s.r.o.
Drahobejlova 1452/54, 190 00 Praha 9
T: +420 731 46 34 03 E: hradek@aveton.cz

Zpracoval:

odpovědný projektant:

Ing. Anna Nejedlá

Ing. Tomáš Hrádek

akce:

stupeň:

měřítko:

datum:

25-08-30_Městské divadlo Krnov - orchestřiště

studie

1:50

09/2025

část:

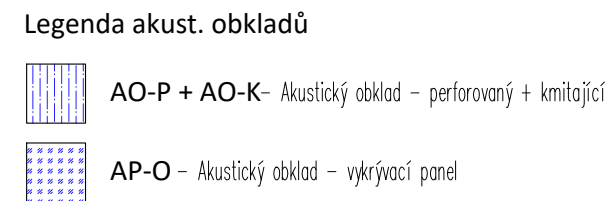
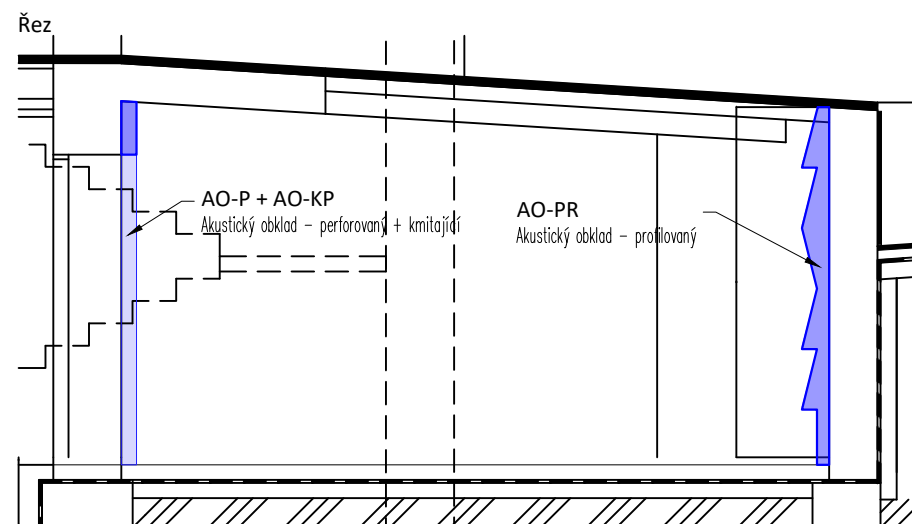
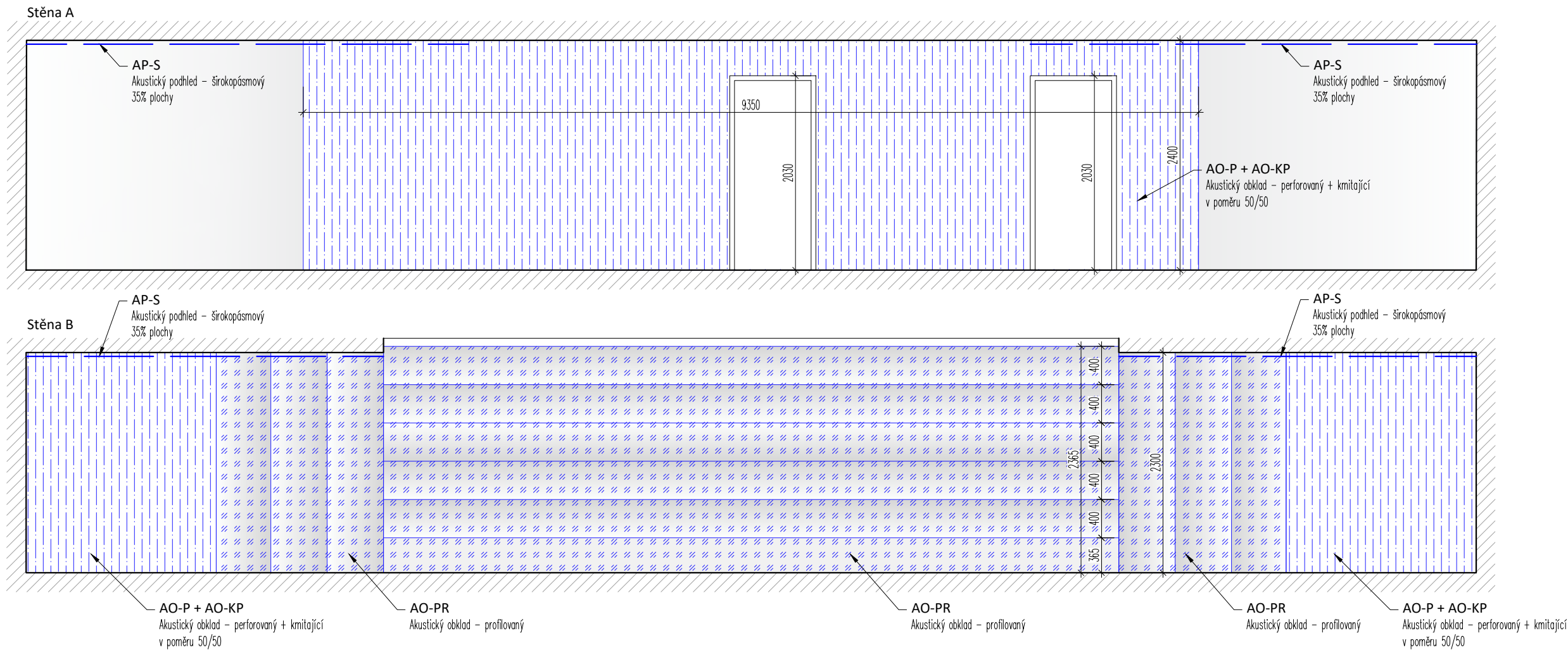
číslo přílohy:

název přílohy:

Prostorová akustika

PA.01

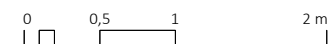
Půdorys - rozmístění akust. prvků



POZNÁMKA:

1. Veškeré kóty jsou pouze orientační, skutečné rozměry je nutno ověřit na stavbě před samotnou realizací. V případě, že budou difference významné, je nutné upozornit na ně architekta projektu.

2. Tato dokumentace neslouží jako výrobní dokumentace. Tu si musí dodavatel části vyhotovit a nechat odsouhlasit zástupcem investora a architektem projektu. Ve výrobní dokumentaci akustického obkladu stěn i stropu bude provedena koordinace s koncovými prvky všech profesí, budou zapracovány zejména pozice zároveň, výpínačů, výdechů VZT apod. a provedeny výřezy pro zabudování těchto prvků do obkladů.



projektant části:

AVETON
AKUSTIKA
AV TECHNICA
DESIGN

AVETON s.r.o.
Drahobejlova 1452/54, 190 00 Praha 9
T: +420 731 46 34 03 E: hradek@aveton.cz

Zpracoval: **Ing. Anna Nejedlá**
odpovědný projektant: **Ing. Tomáš Hrádek**

akce: **25-08-30_Městské divadlo Krnov - orchestřiště**
stupeň: **studie**
měřítko: **1:50**
datum: **09/2025**

část: **Prostorová akustika**
číslo přílohy: **PA.02**
název přílohy: **Pohledy na stěny a řez**

Akce: Městské divadlo Krnov - orchestríště

Dokument: Specifikace prvků prostorové akustiky

Profese: Prostorová akustika

Čís. položky	kód položky	Název položky		Měrná jednotka	Jednotková cena v Kč	Celková cena v Kč	Technické specifikace, technické a uživatelské standardy stavby, podrobný popis položky
Akustické úpravy stropů							
1	AP-S	D+M - akustický podhled - širokopásmový	7,5	m ²		0,-	jedná se o širokopásmově pohltivý kontaktně lepený akustický podhled s maximem pohltivosti na středních a vysokých kmitočtech; tloušťka jednotlivých panelů je 40 mm; jádro panelů je vyrobeno ze skelné vlny vysoké hustoty; panely jsou uvažovány v základním formátu 1200x1200 mm; pohledovou plochu tvoří povrch s možností údržby formou denního stírání prachu/vysávání a týdenního čištění za mokra; hrany panelů jsou rovné a bíle zatřené; zadní strana je pokryta sklovláčenou tkaninou; požadované hodnoty činitele zvukové pohltivosti v oktávových pásmech při uvažované aplikaci jsou: 125Hz - $\alpha \approx 0,20$; 250 Hz - $\alpha \approx 0,65$; 500 Hz - $\alpha \approx 0,9$; 1 kHz - $\alpha \approx 0,90$; 2 kHz - $\alpha \approx 0,90$; 4 kHz - $\alpha \approx 0,90$; plošná hmotnost prvku cca 5 kg/m ² ; povrchová úprava: barva dle výběru architekta z předloženého vzorníku; požadavky PBŘ: třída reakce na oheň A2-s1,d0
Akustické úpravy stěn							
2	AO-P	D+M - akustický obklad - perforovaný	14,0	m ²		0,-	jedná se o širokopásmově pohltivý akustický obklad s maximem činitele zvukové pohltivosti na středních kmitočtech; prvek je z lícové strany tvořen deskovým materiálem na bázi dřeva o tl. cca 19 mm; čelní deska je pomocí skrytých kotevnic prvků kotvena do vyrovnávacímu nosnému rastru s možností 3D rektifikace; deska je z rubové strany navrtána kruhovými otvory o průměru 8 mm do hloubky 14 mm s roztečí otvorů 16 mm; z lícové strany je deska prořezána lineárními drážkami šířky 3 mm, hloubky 6 mm a osově vzdálenosti 16 mm; rubová strana čelní desky je celoplošně čalouněna průzvučnou textilií černé barvy; dále je na rubovou stranu desek přisazena absorpční vložka o tl. 40 mm a objemové hmotnosti 20–30 kg/m ³ balená v polyethylenové folii s retardanty hoření o tloušťce $\leq 20 \mu\text{m}$; třída reakce na oheň absorpční vložky vč. folie je A2-s1,d0; celková skladebná tloušťka obkladu je cca 100 mm; požadované hodnoty činitele zvukové pohltivosti v oktávových pásmech při uvažované aplikaci jsou: 125 Hz - $\alpha \approx 0,40$; 250 Hz - $\alpha \approx 0,80$; 500 Hz - $\alpha \approx 0,85$; 1 kHz - $\alpha \approx 0,70$; 2 kHz - $\alpha \approx 0,55$; 4 kHz - $\alpha \approx 0,45$; součástí položky jsou rovněž ukončovací a napojovací prvky, obložky a sokly; povrchová úprava desek: HPL dle výběru architekta z předloženého vzorníku; požadavky PBŘ: třída reakce na oheň B-s1,d0, index šíření plamene $i_s = 0 \text{ mm/min}$
3	AO-KP	D+M - akustický obklad - kmitající panel	14,0	m ²		0,-	jedná se o nízkofrekvenčně pohltivý akustický prvek s uzavřeným objemem a lícovou kmitající plochou; prvek je zhotoven z materiálu na bázi dřeva; kotvení pomocí skrytých kotevnic prvků; kmitající plocha prvku je tvořena tenkou deskou s návrhovou rezonanční frekvencí $f_{rez} = 100\text{--}130 \text{ Hz}$; uchycení kmitající desky ke zbytku konstrukce pružně přes pryžové podložky; vnitřní objem je zatlumen absorpční vložkou o tl. 40 mm a objemové hmotnosti 20–30 kg/m ³ balenou v polyethylenové folii s retardanty hoření o tloušťce $\leq 20 \mu\text{m}$; třída reakce na oheň absorpční vložky vč. folie je A2-s1,d0; celková skladebná tloušťka prvku je cca 100 mm; požadované hodnoty činitele zvukové pohltivosti v oktávových pásmech při uvažované aplikaci jsou: 125 Hz - $\alpha \approx 0,55$; 250 Hz - $\alpha \approx 0,25$; 500 Hz - $\alpha \approx 0,12$; 1 kHz - $\alpha \approx 0,12$; 2 kHz - $\alpha \approx 0,10$; 4 kHz - $\alpha \approx 0,10$; tímto prvkem nelze vést žádné koncové prvky - kmitající deska musí zůstat nenarušená; povrchová úprava pohledové kmitací plochy: HPL dle výběru architekta z předloženého vzorníku; požadavky PBŘ: třída reakce na oheň B-s1,d0, index šíření plamene $i_s = 0$

4	AO-PR	D+M - akustický obklad - profilovaný	26,5	m ²		0,-	jedná se o difuzně-reflexní akustické panely z plného deskového materiálu zajišťující distribuci zvukového signálu v rámci vlastního orchestřiště a zároveň směrem z orchestřiště do sálu; profilovaná lícová plocha prvku je tvořena plnou deskou z materiálu na bázi dřeva o tl. cca 19 mm; čelní deska je pomocí skrytých kotevních prvků kotvena k vyrovnávacímu nosnému rastru s možností 3D rektifikace; jednotlivé naklopené segmenty mají šířku 400 a 600 mm; na rubovou stranu desek je přisazena absorpční vložka o tl. 40 mm a objemové hmotnosti 20–30 kg/m ³ balená v polyethylenové folii s retardanty hoření o tloušťce ≤ 20 µm; třída reakce na oheň absorpční vložky vč. folie je A2-s1,d0; celková skladebná tloušťka obkladu je cca 80 - 180 mm; požadované hodnoty činitele zvukové pohltivosti v oktavových pásmech při uvažované aplikaci jsou: 125 Hz - α ≈ 0,12; 250 Hz - α ≈ 0,08; 500 Hz - α ≈ 0,05; 1 kHz - α ≈ 0,05; 2 kHz - α ≈ 0,05; 4 kHz - α ≈ 0,05; součástí položky jsou rovněž ukončovací a napojovací prvky, obložky a sokly; povrchová úprava desek: HPL dle výběru architekta z předloženého vzorníku; požadavky PBŘ: třída reakce na oheň B-s1,d0, index šíření plamene i _s = 0 mm/min
5	PAR	D+M - akustické paravany	8,0	ks		0,-	jedná se o reflexní, mobilní paravany tvořené kovový podstavcem s brzděnými kolečky na stabilizačních nohách včetně nutného stabilizačního zatížení; lícovou plochu paravanů tvoří profilované panely tvořené plnou deskou z materiálu na bázi dřeva o tl. cca 19 mm zajišťující odraz zvukového signálu; tyto lícové desky jsou pomocí skrytých kotevních prvků kotveny k rámové kovové konstrukci; rozměr paravanů jsou: výška 2 000 mm; šířka 1 000 mm, celková váha včetně podstavce cca 120 kg; povrchová úprava lícových desek: HPL dle výběru architekta z předloženého vzorníku; povrchová úprava kovových částí: barva RAL/NCS dle výběru architekta; požadavky PBŘ: třída reakce na oheň B-s1,d0, index šíření plamene i _s = 0 mm/min
VRN, lešení, přesun hmot							
6	LES	lešení	1,0	kpl		0,-	lešení nutné pro montáž akustických podhledů a obkladů
7	PH	doprava a přesun hmot	1,0	kpl		0,-	
Akustická měření a projekční činnost							
8	DD	projektová a dílenská dokumentace	1,0	kpl		0,-	projektová dokumentace a dílenská dokumentace profese prostorová akustika; jedná se zejména o dopracování studie prostorové akustiky; dále zpracování dílenských detailů provedení akustických prvků; tato bude předložena k odsouhlasení generálnímu projektantovi, projektantovi akustiky a zástupci investora
9	MZP	měření činitele zvukové pohltivosti	1,0	ks		0,-	jedná se o měření činitele zvukové pohltivosti v dozvukové místnosti dle normy ČSN EN ISO 354; měřeny budou vzorky AO-P v kombinaci s AO-KP; součástí měření je také vyhodnocení a protokolární zpracování výsledků s příslušnými závěry v komplexní vazbě na akustiku; součástí položky je zároveň zhotovení vzorků a jejich doprava do zkušební laboratoře; případné opakované měření (nad rámec výkazu výměr) je automatickou součástí díla a nelze jej považovat za vícepráci
10	MPPA-VS	měření parametrů prostorové akustiky - vstupní	1,0	ks		0,-	jedná se o vstupní měření parametrů prostorové akustiky dle normy ČSN EN ISO 3382-1 akusticky náročného prostoru orchestřiště spojeného se sálem; součástí měření je také vyhodnocení a zpracování výsledků s příslušnými závěry v komplexní vazbě na projektovou a dílenskou dokumentaci
11	MPPA-E	měření parametrů prostorové akustiky - etapové	1,0	ks		0,-	jedná se o etapové měření parametrů prostorové akustiky dle normy ČSN EN ISO 3382-1 akusticky náročného prostoru orchestřiště spojeného se sálem s definovanými požadavky na cílovou dobu dozvuku; součástí měření je také vyhodnocení a protokolární zpracování výsledků s příslušnými závěry v komplexní vazbě na akustiku prostoru jako celku
12	MPPA-Z	měření parametrů prostorové akustiky - závěrečné	1,0	ks		0,-	jedná se o závěrečné měření parametrů prostorové akustiky dle normy ČSN EN ISO 3382-1 akusticky náročného prostoru orchestřiště spojeného se sálem s definovanými požadavky na cílovou dobu dozvuku; součástí měření je také vyhodnocení a protokolární zpracování výsledků
celková cena bez DPH						0,-	