

**JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA**



Přístrojové vybavení divadelního sálu

Bakalářská práce

Pavel Sufčák

Vedoucí práce: Ing. Ladislav Ptáček

České Budějovice 2012

Bibliografické údaje

SUFČÁK, P. : [Přístrojové vybavení divadelního sálu, bakalářská práce] – 68 stran, České Budějovice, 2011: Jihočeská univerzita, Přírodovědecká fakulta, Ústav fyziky a biofyziky. Školitel a vedoucí bakalářské práce : Ing. Ladislav Ptáček.

SUFČÁK, P. : [The instrumentation of the theater hall, Bc. Thesis, in Czech] – 68 p, České Budějovice, Czech Republic, 2011: The University of South Bohemia, Faculty of Science, Department of Physics and Biophysics. Tutor and Supervisor : Ing. Ladislav Ptáček.

Abstract :

The goal of this bachelor thesis is to summarize technical equipment of the theater hall in Prachatice, make calculations of reverberation times of specific hall and come up with adjustments to improve acoustic characteristics of examined hall. Come up with electroacoustic improvements of installed technical devices in the hall and make a list of improvements for future.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské, a to v nezkrácené podobě - v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Přírodovědeckou fakultou elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

.....

Datum

.....

Podpis

Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Ladislavu Ptáčkovi za cenné rady a připomínky při vypracovávání. Dále děkuji panu Robertu Válkovi a Kulturním a informačním službám města Prachatic za umožnění vstupu a vypracování práce podle sálu divadla v Prachaticích. Panu Ing. Františku Dolejšimu děkuji za cenné rady a připomínky k prováděným výpočtům.

Pavel Sufčák

Obsah

ÚVOD	7
1 ZÁKLADY PROSTOROVÉ AKUSTIKY	8
1.1 <i>Rozdělení akustiky</i>	8
1.2 <i>Vlnová akustika</i>	8
1.3 <i>Geometrická akustika</i>	8
1.4 <i>Statistická akustika</i>	9
1.5 <i>Činitel zvukové pohltivosti</i>	9
1.6 <i>Dozvuk</i>	10
1.7 <i>Doba dozvuku</i>	10
1.7.1 <i>Sabinův vzorec pro dobu dozvuku</i>	10
1.7.2 <i>Eyringův vzorec pro dobu dozvuku</i>	10
1.7.3 <i>Millingtonův vzorec pro dobu dozvuku</i>	11
1.8 <i>Optimální doba dozvuku</i>	11
1.9 <i>Akustická pohltivost vybraných materiálů</i>	11
1.10 <i>Akustické úpravy</i>	13
1.10.1 <i>Akustické obklady z porézních látek</i>	13
1.10.2 <i>Akustické obklady na principu rezonance</i>	14
2 OBECNÝ OZVUČOVACÍ ŘETĚZEC	15
2.1 <i>Mixážní pult</i>	15
2.1.1 <i>Přenos audio signálů</i>	16
2.1.2 <i>Jeden kanál mixážního pultu</i>	21
2.1.3 <i>Cesta signálu mixážním pultem</i>	22
2.1.4 <i>Typy mixážních pultů</i>	23
2.2 <i>Mikrofony</i>	25
2.2.1 <i>Citlivost mikrofonu</i>	25
2.2.2 <i>Impedance mikrofonu</i>	26
2.2.3 <i>Směrová charakteristika</i>	26
2.2.4 <i>Frekvenční charakteristika</i>	27
2.2.5 <i>Dynamické mikrofony</i>	28
2.2.6 <i>Kondenzátorové mikrofony</i>	30
2.3 <i>Reproduktory</i>	31
2.3.1 <i>Konstrukce reproduktoru</i>	32
2.3.2 <i>Charakteristiky reproduktorů</i>	33
2.3.3 <i>Reproduktorové soustavy</i>	33
2.3.4 <i>Elektroakustické výhybky</i>	35
3 AKUSTIKA A OZVUČENÍ SÁLU DIVADLA V PRACHATICÍCH	38
3.1 <i>Popis sálu</i>	38
3.2 <i>Typy představení a návštěvnost</i>	38
3.3 <i>Přístrojové vybavení sálu</i>	40
3.3.1 <i>Mixážní pult</i>	40
3.3.2 <i>Koncové zesilovače</i>	41
3.3.3 <i>Efektový procesor</i>	42
3.3.4 <i>CD/MP3/Mini-disk přehrávač</i>	42

3.3.5	<i>Multifunkční procesor</i>	43
3.3.6	<i>Interkom</i>	45
3.3.7	<i>100V rozvod</i>	46
3.4	<i>Orientační výpočet doby dozvuku sálu</i>	48
3.4.1	<i>Výpočet objemu sálu</i>	48
3.4.2	<i>Výpočet ploch sálu</i>	48
3.4.3	<i>Stanovení optimální doby dozvuku</i>	48
3.4.4	<i>Výpočet doby dozvuku</i>	49
3.4.5	<i>Měření doby dozvuku</i>	51
3.5	<i>Návrhy vylepšení ozvučení</i>	51
3.5.1	<i>Návrh úpravy celistvé plochy</i>	51
3.5.2	<i>Návrh úpravy rozdělením ploch</i>	53
3.5.3	<i>Návrh vyrovnané doby dozvuku</i>	55
3.6	<i>Rušení a zemnění budovy</i>	56
3.7	<i>Návrh vylepšení technického zařízení a úprav</i>	59
3.7.1	<i>Mikrofony</i>	59
3.7.2	<i>Úprava na monitorových reproduktorech v režii</i>	60
3.7.3	<i>Stojany</i>	61
3.7.4	<i>Rezonance plechové konstrukce</i>	61
3.7.5	<i>Equalizéry pro odposlechové cesty</i>	62
3.7.6	<i>Efektivní procesor</i>	62
3.8	<i>3D model sálu</i>	63
3.8.1	<i>Google SketchUp 6</i>	63
4	ZÁVĚR	64
5	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	65
6	SEZNAM OBRÁZKŮ	66
7	PŘÍLOHY	68

Úvod

Tato práce pojednává o technickém zázemí nutném pro provoz divadel. Shrnuje základní zařízení používaná k ozvučení divadelních představení, koncertů, besed apod. V první teoretické části přibližuje základní principy prostorové akustiky a základní fyzikální principy, které souvisí s prostorovou akustikou. Dále shrnuje akustické vlastnosti materiálů používaných pro zlepšení akustických parametrů zkoumaných prostor a principy konstrukcí, kterými lze těchto zlepšení docílit. Ve druhé části popisuje fyzikální principy, konstrukci a vlastnosti základních elektronických zařízení využívaných k ozvučování. V poslední části zhodnocuje vybavení konkrétního sálu, a to sálu Městského divadla v Prachaticích, provozovaného Kulturními a informačními službami města Prachatice. Obsahuje návrhy využití současného vybavení a návrhy na případná zlepšení. Součástí této práce je také 3D model popisovaného sálu.

1 Základy prostorové akustiky

Teoretická kapitola představuje základní vhléd a fyzikální principy prostorové akustiky a dále postup při výpočtu nejdůležitějších parametrů pro akustické posouzení zkoumaných prostorů a vlastnosti materiálů používaných pro akustické úpravy.

1.1 Rozdělení akustiky

Akustika uzavřených prostor se zabývá šířením zvukových vln v uzavřených prostorech.

Metody pro řešení prostorové akustiky [1] :

- Vlnová akustika
- Geometrická akustika
- Statistická akustika

1.2 Vlnová akustika

Vlnová akustika je využitelná pouze pro prostory s pravidelnými tvary. Tato metoda není použitelná pro prostory obecného tvaru. Vlnová akustika pracuje s řešeními vlnových rovnic [1].

Příklad řešení vlnové rovnice:

$$f = \frac{c}{2} \sqrt{\left(\frac{n_x}{l_x}\right)^2 + \left(\frac{n_y}{l_y}\right)^2 + \left(\frac{n_z}{l_z}\right)^2}$$

kde c je rychlost šíření zvuku ve vzduchu a za n_x, n_y, n_z dosazujeme 0, 1, 2, 3, 4, ... Tato rovnice platí pro kvádr o stranách l_x, l_y, l_z [1]

1.3 Geometrická akustika

Geometrická akustika zjednodušuje chod akustické vlny pouze na paprsek generovaný zdrojem zvuku. Zabývá se situacemi, které mohou ovlivnit akustické vlastnosti uzavřeného prostoru. Taktéž se zabývá rozdíly mezi drahami a časy mezi odraženým a přímým zvukem. Geometrická akustika bere v potaz i odrazy vícenásobné [1].

1.4 Statistická akustika

Statistická akustika poskytuje nejlepší výsledky řešení akustiky uzavřených prostor. Vzhledem k tomu, že většina akusticky zkoumaných prostor není pravidelného tvaru, nelze vyjádřit odrazné vlastnosti vlnovou rovnicí jako u vlnové akustiky a taktéž ani podle geometrické akustiky.

„U statistické metody vycházíme z představy, že k vytvoření zvukového pole v určitém místě přispívají odrazy od stěn a jiných ploch (překážek) ” [1] .

Statistická akustika se řídí těmito třemi předpoklady :

- „ Ve všech bodech uzavřeného prostoru je objemová hustota zvukové energie stejná. Hustota zvukové energie je dána součtem energie přicházející přímo od zdroje zvuku a energie, která do daného bodu dospěje díky odrazům.” [1]
- „ V každém elementu uzavřeného prostoru je celková energie dána součtem středních hodnot všech energií, které do zvoleného bodu dospěly díky odrazům od stěn a překážek. Teorie se nezabývá okamžitými hodnotami energetických veličin, ale jejich středními hodnotami. Uvažujeme pouze nekoherentní (nezávislé) zdroje zvukové energie, neboť teorie nepřipouští vliv interferenčních jevů v daném prostoru.” [1]
- „ Všechny úhly dopadu zvukových vln v libovolném bodu prostoru jsou stejně pravděpodobné.” [1]

1.5 Činitel zvukové pohltivosti

Při dopadu zvukové vlny na stěnu dochází k odrazu a část energie se ve stěně pohltí nebo projde skrze ni. Statistická akustika považuje energii zvukové vlny která se od stěny neodrazí, jako pohlcenou [1].

Činitel zvukové pohltivosti stěny je definován tímto vzorcem:

$$\alpha = \frac{P_a}{P}$$

P_a je výkon pohlcený ve stěně a P je celkový výkon dopadající na stěnu. α může nabývat hodnot v intervalu od nuly do jedné. Maximální hodnoty α má například otevřené okno [1].

Pokud jsou stěny různě pohltivé pak platí tento vztah:

$$\alpha S = \alpha_1 S_1 + \alpha_2 S_2 + \dots + \alpha_n S_n = \sum_{i=1}^n \alpha_i S_i$$

α_i vyjadřují činitele pohltivosti a S_i plochy jednotlivých stěn [1].

1.6 Dozvuk

Jde o stav, ke kterému dochází v tzv. ustáleném stavu, při kterém zdroj zvukových vln dodává pohlcenou akustickou energii do uzavřeného prostoru, ve kterém dochází k pohlcování energie ve stěnách vzhledem k jejich činiteli pohltivosti. Při vypnutí zdroje zvuku klesá energie přímo vyzářeného zvuku téměř ihned, ale zvukové vlny, které se od stěn odrazily, budou doznívat pomaleji, dokud nebudou úplně pohlceny. Tato část energie zapříčiňuje jev zvaný dozvuk [2].

1.7 Doba dozvuku

Dobou dozvuku se nazývá časový interval mezi vypnutím zdroje zvuku a poklesu úrovně intenzity zvuku o 60 dB.

1.7.1 Sabinův vzorec pro dobu dozvuku

$$T = 0,164 \frac{V}{\alpha S}$$

V vyjadřuje objem místnosti, S obsah stěn, α je činitel zvukové pohltivosti

Tento vzorec platí pouze pro průměrný činitel zvukové pohltivosti $\alpha < 0,2$.

Pokud chceme zpřesnit výpočet, musíme vzorec upravit tak, aby uvažoval útlum zvukových vln v prostředích :

$$T_S = \frac{0,164 V}{\alpha S + 4mV}$$

kde činitel útlumu m může být v intervalu $0,001 \text{ m}^{-1}$ - $0,05 \text{ m}^{-1}$ a je závislý na frekvenci a vlhkosti vzduchu.

1.7.2 Eyringův vzorec pro dobu dozvuku

$$T_E = 0,164 \frac{V}{-\sum_{i=1}^n S_i \ln(1 - \alpha)}$$

Tento vzorec se využívá k výpočtům doby dozvuku v prostorech s průměrným činitelem pohltivosti vyšším než $\alpha < 0,2$.

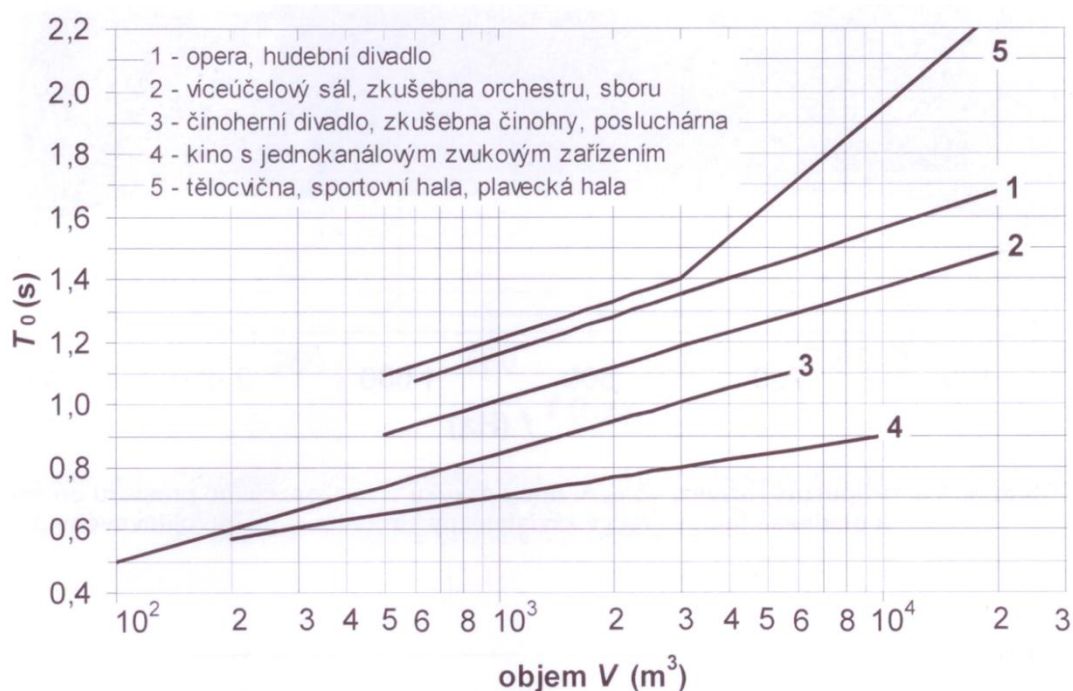
1.7.3 Millingtonův vzorec pro dobu dozvuku

$$T_E = 0,164 \frac{V}{-\sum_{i=1}^n S_i \ln(1 - \alpha_i)}$$

Tento vzorec je sice nejpřesnější, ale bohužel také výpočetně nejnáročnější.

Činitel zvukové pohltivosti α a doba dozvuku T jsou frekvenčně závislé, proto není lehké dosáhnout optimální doby dozvuku pro veškerá člověkem slyšitelná pásma. Lidské ucho reaguje na změnu doby dozvuku o zhruba 10 %. Pokud se vyžaduje pro prostory vyrovnaná doba dozvuku, měla by být tato tolerance brána v potaz [1].

1.8 Optimální doba dozvuku



Obrázek 1-1 Graf závislosti optimální doby dozvuku T_0 na objemu zkoumaných prostor. [10]

V grafu jsou uvedeny průběhy optimální doby dozvuku v závislosti na objemu. Tyto průběhy platí pro zvuk o frekvenci 1 kHz.

1.9 Akustická pohltivost vybraných materiálů

Pro výpočet doby dozvuku sálů je důležité mít představu, jaké materiály jsou použity na všech plochách zkoumaného prostoru. Nejdůležitějším parametrem z hlediska použitých materiálů je hodnota činitele pohltivosti zvuku. Jedná se o číslo,

jež vyjadřuje, jak se bude materiál chovat při dopadu zvukových vln. Zda bude odrazivý, nebo pohltivý.

konstrukce (tloušťka [mm] / odsazení [mm])	kmitočet/[Hz]					
	125	250	500	1000	2000	4000
Beton hutný	0,010	0,016	0,019	0,023	0,035	0,05
Beton vylehčený	0,20	0,22	0,23	0,25	0,21	0,26
Beton s olejovým nátěrem	0,01	0,014	0,016	0,017	0,018	0,02
Čalouněné křeslo zvuková pohltivost v m ² najeden kus	0,15	0,20	0,20	0,25	0,30	0,30
Čalouněné křeslo obsazené zvuková pohltivost v m ² najeden kus	0,25	0,30	0,40	0,45	0,45	0,40
Dřevěné křeslo zvuková pohltivost v m ² najeden kus	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04	0,05
Dřevěné křeslo obsazené zvuková pohltivost v m ² najeden kus	0,20	0,25	0,30	0,35	0,35	0,35
Dřevotřísková deska (20/50 až 150)	0,30	0,25	0,10	0,08	0,05	0,04
Dřevotřísková deska (odsazení = 0 mm)	0,08	0,08	0,09	0,10	0,10	0,10
Dřevovláknitá měkká deska (15/0)	0,10	0,15	0,55	0,52	0,50	0,45
Deska z pěnového polystyrénu (18 až 32/0)	0,02	0,02	0,03	0,08	0,14	0,29
Koberec bouclé (5/0)	0,08	0,10	0,10	0,21	0,43	0,78
Koberec kokosový (6/0)	0,17	0,06	0,11	0,19	0,37	0,80
Koberec plyšový (10/0)	0,13	0,11	0,15	0,30	0,63	0,90
Linoleum (-/0)	0,02	0,025	0,03	0,035	0,04	0,04
Okenní otvor zasklený	0,30	0,20	0,15	0,10	0,06	0,04
Omítka malovaná hlinkou (-/0)	0,02	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04
Omítka s olejovým nátěrem (-/0)	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02
Otvor jeviště s dekoracemi	0,20	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Publikum v hledišti (plocha obsazená publikem)	0,41	0,48	0,54	0,57	0,56	0,53
Překližka laťová (18/70)	0,27	0,08	0,11	0,09	0,09	0,20
Sádkartonová deska (9,5/100)	0,11	0,13	0,05	0,02	0,02	0,03
Vlysy dřevěné (-/0)	0,03	0,04	0,06	0,12	0,10	0,17
Vodní hladina	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
Zdivo cihelné režné (-/0)	0,024	0,025	0,032	0,042	0,049	0,07

Obrázek 1-2 Tabulka akustických pohltivostí stavebních materiálů [3]

1.10 Akustické úpravy

Akustické úpravy představují způsob jakým lze docílit optimální akustické pohody sálů, konferenčních místností, poslucháren, učeben, dílen, laboratoří, nahrávacích studií, atd.

Stavební materiály bývají většinou odrazivé, tzn. že činitel zvukové pohltivosti je menší než 0,1. Z tohoto důvodu se k akustickým úpravám používají materiály, které mají větší α na všech frekvencích. Úprav se nejčastěji dosahuje přeměnou akustické energie na tepelnou [1].

Způsoby, jakými lze dosáhnout této přeměny, jsou tři [1] :

- Tření v pórech
- Relaxační přeměna
- Nepružná deformace

Nejčastějšími materiály použitými k akustickým úpravám v divadelních sálech jsou materiály s mechanismem přeměny energie na základě tření v pórech, proto se o nich blíže zmíním.

1.10.1 Akustické obklady z porézních látek

Při dopadu na porézní materiál je přeměněná energie závislá na velikosti rychlosti dopadajících akustických vln [1].

Pokud umístíme porézní látku přímo na stěnu, kterou chceme upravit, činitel zvukové pohltivosti roste v závislosti na kmitočtu. Největší hodnoty dosáhne při této frekvenci:

$$f = \frac{c}{4d}$$

kde d je rovno tloušťce obkladu

Takto řešený obklad bohužel nedostatečně pohlcuje nízké kmitočty. V tomto řešení by musel materiál být v mnohem větší vrstvě, aby se dosáhlo požadovaného tlumení v oblasti nízkých frekvencí. Pokud však umístíme např. perforovanou dřevěnou desku do vzdálenosti $l = \lambda/4$ od stěny, dochází k tomu, že frekvence, pro které se l rovná lichým násobkům $\lambda/4$, je činitel pohltivosti největší, ale zároveň pro sudé násobky je minimální (v těchto násobcích je vlnový uzel). Pro tento případ platí předchozí rovnice s podmínkou, že místo tloušťky d dosazujeme velikost odsazení od stěny l [1].

1.10.2 Akustické obklady na principu rezonance

Většina těchto obkladů pracuje na principu Helmholtzových rezonátorů. Většinou se jedná o dřevěné desky s pravidelnými perforacemi, které se v určité vzdálenosti připevní na stěnu u níž chceme dosáhnout větší akustické pohltivosti [1].



Obrázek 1-3 Příklad akustického materiálu

Pro takto řešené akustické obložení platí, že maximální pohltivosti dosáhne při rezonanční frekvenci :

$$f_r = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\frac{\varepsilon}{ld}}$$

l je tloušťka desky, d je vzdálenost od stěny, ε je tzv. činitel děrování, pro který platí $\varepsilon = \frac{S_1}{S_0}$

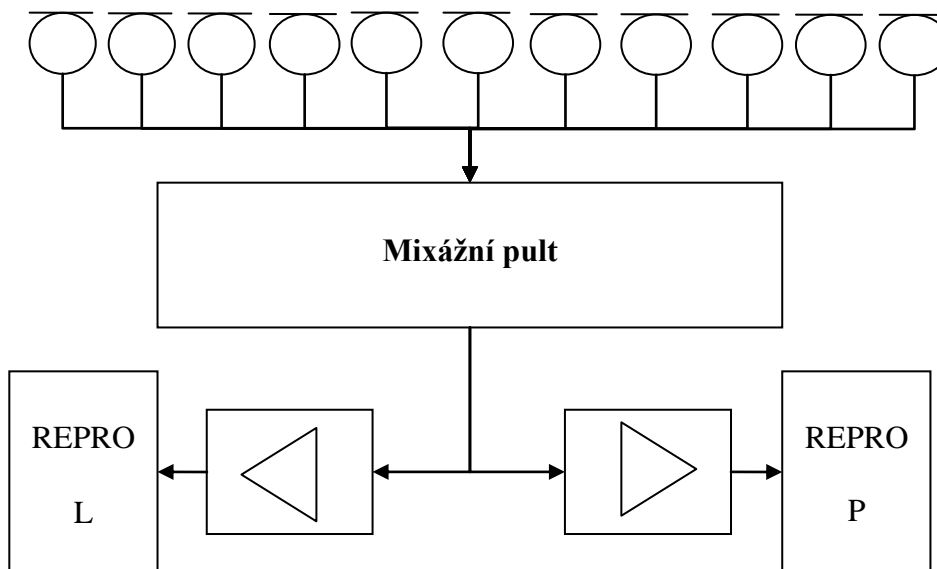
Tento vztah však platí pouze pro kolmý dopad akustických vln, pokud bychom jej chtěli použít pro akustické vlny dopadající ze všech směrů zvětší se výsledná frekvence přibližně 1,4x [1].

„Všechny obklady na rezonančním principu akumulují energii dopadající vlny, která dozívá na vlastním kmitočtu rezonátoru.” [1]

Z tohoto důvodu je vhodné vyplnit dutinu rezonátoru materiálem s velkou pohltivostí, například minerální vatou.

2 Obecný ozvučovací řetězec

Tato kapitola popisuje základní zařízení nutné pro ozvučení živých vystoupení. Popisuje mixážní pult a uspořádání jeho ovládacích prvků. Dává teoretický základ k pochopení základních principů mikrofonů a reproduktorů pro ozvučování živých vystoupení.



Obrázek 2-1 Schéma obecného ozvučovacího řetězce

Ozvučovací řetězec je souhrnem technických zařízení nutných pro ozvučování divadelních představení, koncertů, proslovů, prezentací, pořizování nahrávek apod.

2.1 Mixážní pult

Mixážní pult je zařízení schopné spojit více zdrojů audio signálů a tyto signály upravit pro požadovaný výstup. Úpravami je myšleno zesílení, regulace amplitudy a frekvenční korekce ve zpracovávaném signálu pro co nejlepší poslechový vjem. Vstupními zdroji signálu bývají nejčastěji mikrofony, které pracují na principu změny akustického tlaku. Způsoby přeměny zvuku na elektrický signál se budou věnovat v další kapitole. Dalšími zdroji signálu mohou být např. snímače elektrických kytar, CD přehrávače, MP3 přehrávače, klávesy a výstup zvukové karty PC nebo notebooku.

2.1.1 Přenos audio signálů

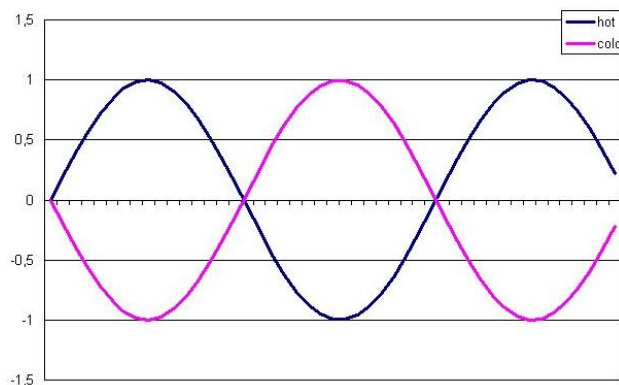
K propojení zdrojů signálu s mixážním pultem se využívá audio kabelů. Tyto audio kabely mohou být buď symetrické nebo nesymetrické.

Jako ukončení kabelů se využívá několik typů konektorů. Nejčastěji se využívá konektoru XLR, který je slangově mezi zvukaři nazýván jako „kanon“. Tyto konektory jsou standardně používány k propojení mikrofonů.



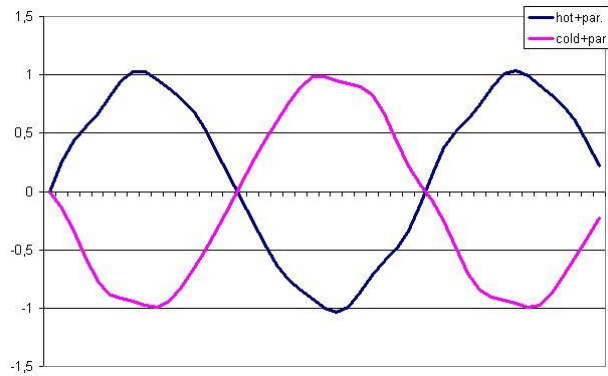
Obrázek 2-2 Obrázek XLR konektorů male a female (samec a samice).

Žíla označená číslem 1 představuje zem (stínění kabelu), číslo 2 je signál neinvertovaný, tzv. „hot“ a číslo 3 invertovaný a fázově posunutý signál zvaný „cold“.



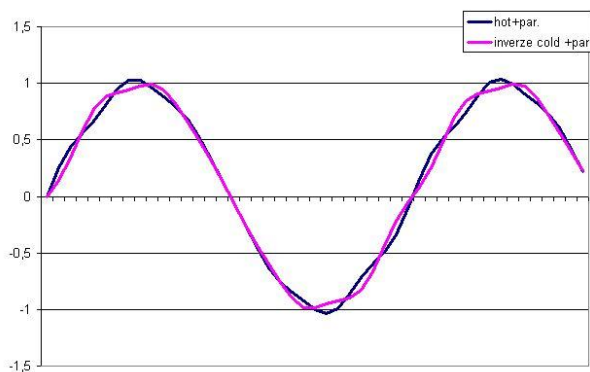
Obrázek 2-3 Průběh signálů hot a cold nezatížených rušením [11]

Na signálové cestě často dochází k indukčním nežádoucího rušení, které ani kvalitní stínění neodruší.



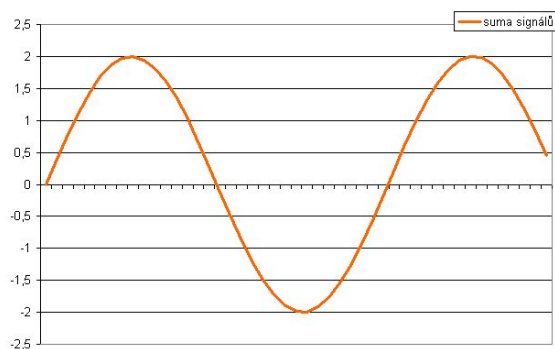
Obrázek 2-4 Průběh signálů hot a cold zatížených rušením [11]

Symetrický vstup mixážního pultu obsahuje obvody, které mají za úkol přivedený signál „cold” fázově posunout o 180°. Tato část se provádí invertujícím zapojením operačního zesilovače.



Obrázek 2-5 Průběh signálů hot a invertovaného cold [11]

Následně se provede součet signálů „hot” a „cold” ve sčítacím zesilovači. Vznikne tak signál s 2x větší amplitudou ale bez nežádoucího rušení.



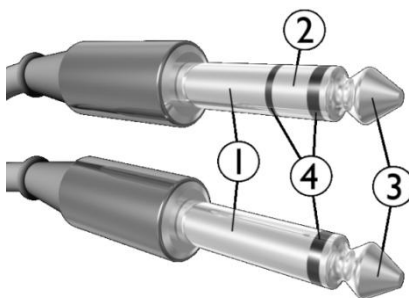
Obrázek 2-6 Součet signálů hot a cold [11]

Dalším možným propojením je konektor typu JACK 6,3 mm nebo 3,5 mm varianta.



Obrázek 2-7 Redukce z XLR konektoru na JACK 6,3mm

Konektory JACK jsou nejčastěji využívány ve variantách TRS a TS. TRS označuje anglickou zkratku Tip-Ring-Sleeve. Na Tip je přiváděn signál „hot“, na Ring signál „cold“ a Sleeve slouží k uzemnění. Varianta TS je totéž co TRS s tím rozdílem, že signál je přiváděn nesymetricky a obsahuje pouze Tip a Sleeve.



Obrázek 2-8 Rozdíl mezi TRS a TS.

- 1) Sleeve (zem)
- 2) Ring („cold“)
- 3) Tip („hot“)
- 4) izolační kroužky

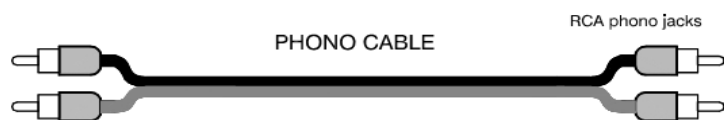
Pro propojení se používá ještě konektor typu CINCH (RCA konektor)



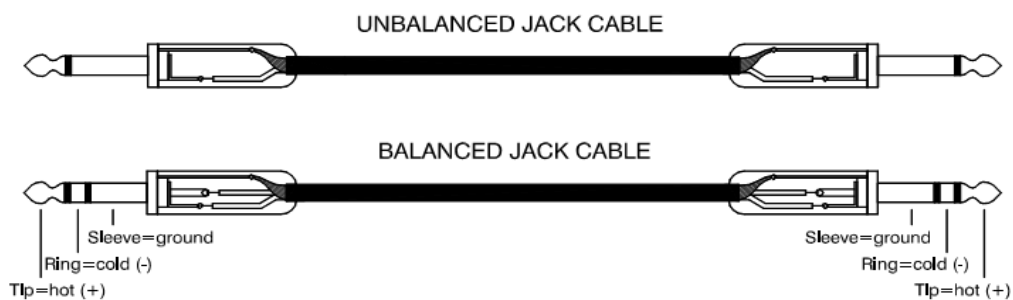
Obrázek 2-9 RCA konektory

Tento konektor je monofonní, proto se často vyskytuje v páru. Oproti JACK konektorům má nevýhodu právě v tom, že musí být použito více kabelů pro stereofonním vedení signálu.

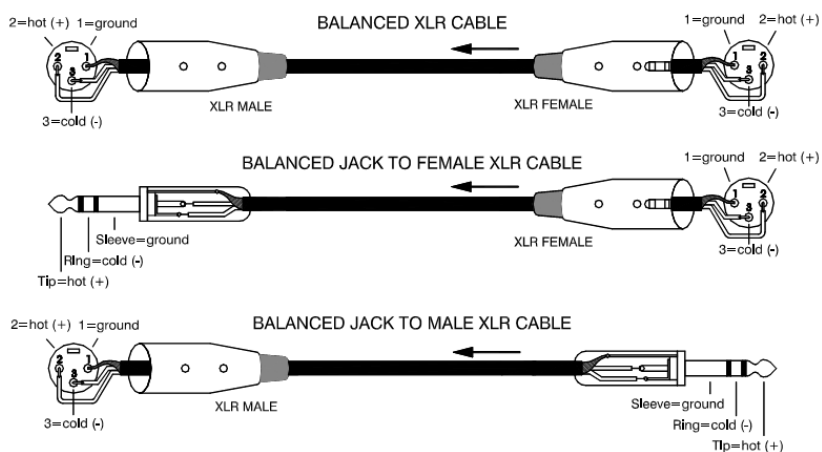
Zapojení jednotlivých typů konektorů a jejich kombinace :



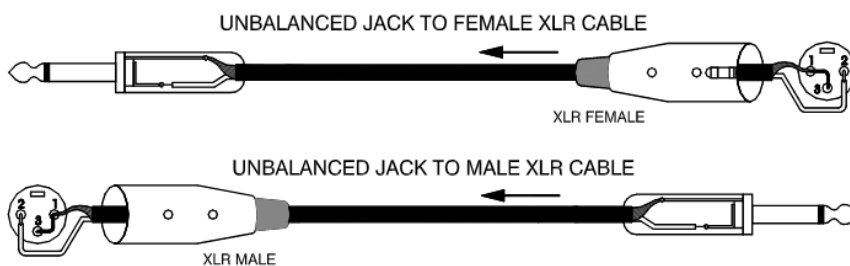
Obrázek 2-10 Vedení zakončené RCA konektory [6]



Obrázek 2-11 Vedení zakončené TRS a TR jack konektory (symetrické a nesymetrické) [6]



Obrázek 2-12 Vedení zakončené XLR konektory a kombinace XLR a TRS jack konektory (symetrické) [6]



Obrázek 2-13 Vedení zakončené kombinacemi XLR a TR konektory (nesymetrické) [6]

U nesymetricky zapojených XLR konektorů je nutné provést na konektoru úpravy.

Tyto úpravy spočívají ve vodivém propojení kontaktů označených 1 a 3. Z úprav vyplývá, že signál je veden na hrot (tip) TR jack konektoru a na konektoru XLR na kontakt označený číslem 2 („hot“).

Existuje ještě jeden druh propojení, kombinovaný JACK a XLR konektor (speakON konektor), který kombinuje tyto dva konektory. Používá se k propojení výkonových zesilovačů s reproduktorovými soustavami.



Obrázek 2-14 Male a female speakON konektory značky Neutrik

2.1.2 Jeden kanál mixážního pultu

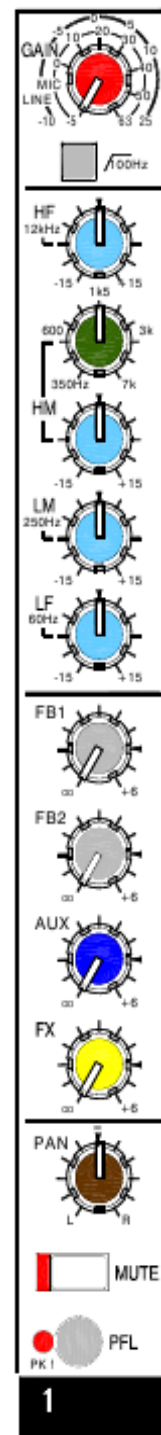
Na obrázku je znázorněn jeden kanál mixážního pultu PA20 od výrobce Allen&Heath. [6]

První oblast s potenciometrem označeným GAIN má za úkol nastavení zisku předzesilovače. Poslechu PFL (pre-fader listening) zobrazuje pomocí LED diod úroveň signálu, v závislosti na této indikaci se nastavuje vstupní zesílení na pracovní úroveň, nejčastěji tak aby, se signál pohyboval v okolí 0 dB se špičkami maximálně +6 dB. Tlačítko u této oblasti provádí „oříznutí“ subbassových frekvencí nižších než 100 Hz, které například u zpěvových mikrofonů mohou způsobovat šum, avšak například při ozvučování bassové kytary nebo bassového bubnu se tato funkce neuplatňuje, jelikož tyto nástroje částečně pracují na těchto frekvencích.

Druhá oblast má funkci equalizéru tzn. obsahuje obvody kmitočtové filtrace, pomocí nichž lze korigovat signál na zvolených frekvencích.

Třetí oblast se využívá pro ovládání signálu vyvedeného k odposlechovým reproduktorům pro umělce na podiu nebo jevišti. FB1 a FB2 ovládají jednotlivé odposlechové cesty. AUX ovládá všechny monitorové cesty a FX ovládá signál zpracovaný v externím efektovém procesoru.

Poslední znázorněná oblast obsahuje potenciometr, který určuje pozici signálu ve stereobázi, pokud je například potenciometr v poloze, jak je znázorněn na obrázku, bude signál přiváděn do obou reproduktorů. Tlačítko MUTE umožňuje odpojit celý tento kanál od výstupu. Využívá se například při přestávkách, aby nemuselo dojít ke změně předem nastavených faderů. Tlačítko PFL znamená pre-fader listen. Zvukař většinou má k mixážnímu pultu připojena sluchátka a toto tlačítko mu umožňuje poslech před úpravou hlasitosti na tzv. FADERU.



Fader, taktéž slangově nazývaný jako „klika“ nebo „šavle“, je tahový potenciometr, kterým se nastavuje úroveň signálu jednotlivých kanálů do výstupu (hlasitost jednotlivých kanálů), a to včetně provedených korekcí provedených v equalizéru. Na mixážním pultu je umístěn tzv. MASTER, fader, který ovládá výslednou směs signálů najednou, tzn. pokud je již mixážní pult nastaven, úroveň výstupního signálu (hlasitost) se ovládá většinou pouze tímto potenciometrem. Tento prvek může být pouze jeden nebo zdvojený pro levý a pravý výstupní kanál. Existují ještě kanály díky kterým lze spojit více vstupních kanálů a ovládat je pouze jediným faderem, tento fader se nazývá skupina (group) nebo také slangově „grupy“. Tyto skupiny se například využívají při ozvučení bicí které bývají často snímány 5-ti nebo dokonce až 8-mi mikrofony. Stupnice značená u faderů má logaritmický charakter a je značena v dB (decibel).

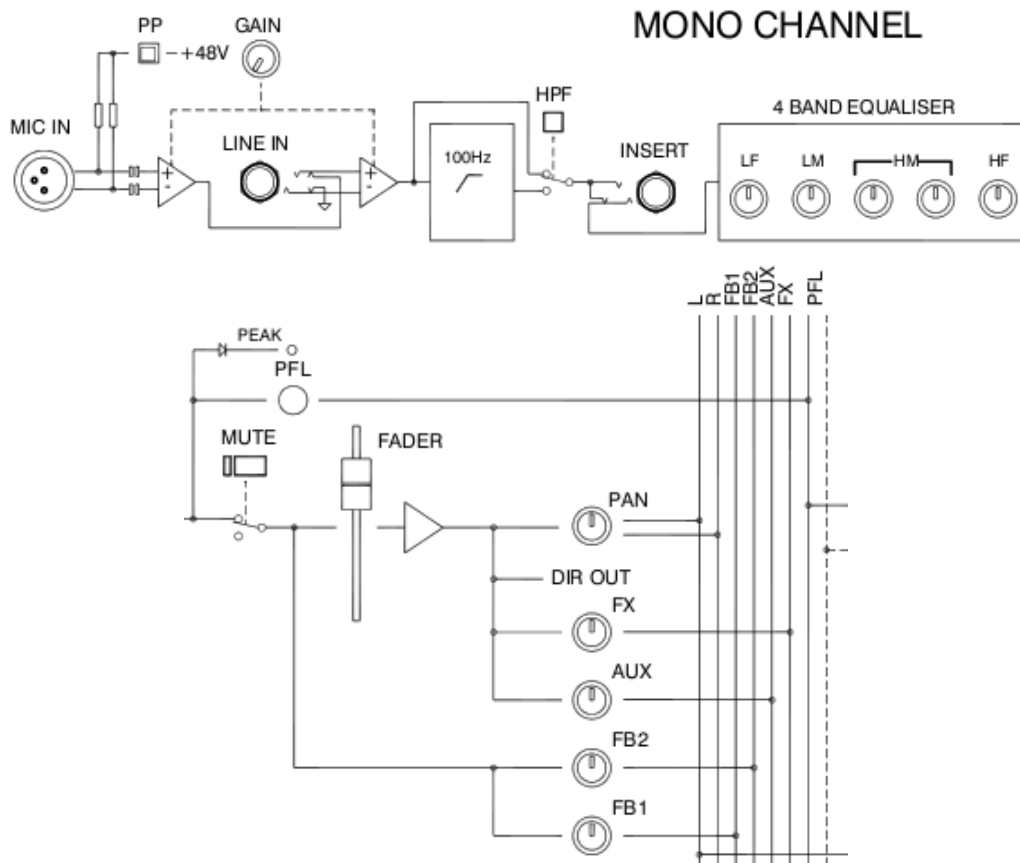


2.1.3 Cesta signálu mixážním pultem

Na obrázku je znázorněn upravený blokový diagram pro vstupní část analogového mixážního pultu PA20.

- MIC IN - označuje vstupní konektor pro XLR kabel od vstupního zařízení
- PP (Phantom power) - tzv. fantomové napájení. Některá zařízení vyžadují dodatečné napájení. Kondenzátorové mikrofony vyžadují toto napájení jak vyplývá z názvu protože obsahují kondenzátor, tento kondenzátor musí být pod napětím. Změny akustického tlaku pohybují deskami kondenzátoru, což způsobí změnu náboje. Fantomové napětí má hodnotu 48 V.
- GAIN - nastavuje úroveň zesílení vstupních zesilovačů.
- LINE IN - linkový vstup, pomocí kterého lze na kanál připojit například zvukovou kartu počítače, přímý vstup elektrické kytary.
- HPF (high-pass filter) - filtr horní propust provede oříznutí subbasových frekvencí
- 4 BAND Equaliser - interní equalizér mixážního pultu.
- PEAK - LED dioda indukuje přebuzení kanálu.
- MUTE - odpojuje signál od faderu a výstupních sběrnic.

- PFL (pre-fader listen) - tzv. poslech před faderem, umožňuje poslech signálu, který prošel korekcemi před úpravou hlasitosti na faderu.
- FADER - tahový potenciometr, který ovládá úroveň signálu posílaného na výstupní sběrnice.
- PAN - určuje pozici signálu ve stereobázi



Obrázek 2-15 Blokové schéma cesty signálu mono kanálu mixážního pultu PA20 [6]

2.1.4 Typy mixážních pultů

Mixážní pulty existují ve více variantách technologického provedení, přičemž jednotlivé mixážní pulty se hodí pro jiné účely.

Mixážní pulty lze dělit takto :

- Analogové
- Digitální
- Speciální

Analogové mixážní pulty jsou nejvyužívanější z těchto zařízení. Analogová mixáž zpracovává jednotlivé signály spojitě. Signály od jednotlivých zdrojů jsou následně

odeslány na sběrnice kde dochází k jejich smíchání. Nejdůležitějším prvkem, který zásadně ovlivňuje pořizovací cenu a kvalitu těchto mixážních pultů jsou použité předzesilovače. Nevýhodou těchto pultů jsou větší rozměry oproti mixážním pultům digitálním.

Existují analogové mixážní pulty s motorizovanými fadery. Tyto fadery jsou osazeny motorem ale je tedy řídit podle nastavených parametrů nebo zvukařem. Pozice faderů po nastavení všech vstupních signálů lze uložit. Pokud dojde ke změně v nastavení faderů zásahem zvukaře, fadery se po krátké prodlevě vrátí do předem nastavené polohy. Dále lze nastavit korekce v polohách faderů a uložit jejich novou pozici. Tuto funkci lze také podle potřeby vyřadit z činnosti [13].

Digitální mixážní pulty Principem činnosti digitálních mixážních pultů je převod vstupního signálu na A/D převodníku na digitální, jeho digitální zpracování a následný zpětný převod na D/A převodníku na signál spojitý, který je odeslán pomocí sběrnice ke koncovým zesilovačům a následně k reproduktorům. Digitální mixážní pulty mají oproti analogovým variantám mnoho výhod. Digitální mixážní pulty mohou obsahovat více zařízení usnadňující úpravy signálu. Těmito zařízeními mohou být efektové procesory, kompresory, virtualizéry a grafické equalizéry, které je u analogových mixážních pultů nutné většinou připojit externě. Existují i analogové pulty s interními efektovými procesory například PA20 firmy Allen&Heath.

Digitální mixážní pulty mohou obsahovat VCA (voltage controled amplifier), tedy napěťově řízené zesilovače. Vstupní signál tak napěťově ovládá zesílení jednotlivých vstupních kanálů [14].

Tohoto řešení lze využít například pro zeslabení zdrojů zvuku, pokud tyto zdroje právě nevysílají přednastavenou úroveň signálu. Docházet k tomu může například při ozvučování více konferenčních mikrofonů. Pokud mluví pouze jeden z konferenciérů, další jsou ztlumeny, aby nedocházelo k přeslechům.

Digitální mixážní pulty mají možnost celé nastavení včetně korekcí a jiných úprav uložit do obsažené paměti a zpětně podle potřeby vyvolat [9].

Kvalita a pořizovací cena těchto mixážních pultů se odvíjí od vlastností použitých A/D a D/A převodníků. Tyto pulty se také dají ovládat pomocí připojeného PC nebo notebooku s ovládacím softwarem.

Speciální mixážní pulty zahrnují více variant. Například DJ pulty pro diskotéky, které disponují omezeným počtem vstupů a slouží k reprodukci hudby většinou ze záznamových nosičů jako jsou vinylové desky nebo CD. Dalšími typy mohou být mixážní pulty používané u bicí sestavy. Na velkých jevištích lze pomocí monitorových mixážních pultů ovládat příposlechové reproduktory pro účinkující.

2.2 Mikrofony

Mikrofony jsou nejčastějším zdrojem signálu při ozvučování. Obsahují elektroakustické měniče, které převádějí zvukové vlny na elektrický signál.

Existují tyto varianty mikrofonů :

- Dynamické (kapitola 2.2.5)
- Kondenzátorové (kapitola 2.2.6)
- Páskové

Základem těchto mikrofonů je pásek z hliníkové folie umístěný v magnetickém poli permanentního magnetu. Pásek tvoří membránu, která pohybem vyvolaným akustickým tlakem vyvolá indukci elektrického napětí [5].

- Piezoelektrické

Piezoelektrický mikrofon využívá krystalů piezoelektrického materiálu. Mechanickým namáháním a deformacemi krystalů lze na povrchu snímat elektrické napětí. Tyto mikrofony neobsahují membránu vůbec, nebo je spojena s krystalem [5].

V ozvučovací technice se nejčastěji používají mikrofony dynamické a kondenzátorové, proto je blíže popíšu.

Významnými výrobci profesionálních mikrofonů jsou společnosti Shure, Sennheiser, AKG, Beyér, Audio-technika, Rode, Neumann, Brüel & Kjær atd.

Důležitými parametry mikrofonů jsou impedance, směrová charakteristika, frekvenční charakteristika a citlivost.

2.2.1 Citlivost mikrofonu

Citlivost mikrofonu vyjadřuje závislost úrovně signálu převedeného pomocí elektroakustického měniče a dopadajícího akustického tlaku. Hodnota citlivosti je závislá na směru dopadajících akustických vln a na frekvenci. Jednotky jsou $\text{mV}\cdot\text{Pa}^{-1}$ nebo také $\text{mV}\cdot\text{bar}^{-1}$. Citlivost je udávána při frekvenci 1 kHz [5].

2.2.2 Impedance mikrofonu

Impedance mikrofonu je frekvenčně závislá, proto se u mikrofonů uvádí nejčastěji pro frekvenci 1 kHz. Mikrofony se konstruují jako vysokoimpedanční nebo nízkoimpedanční. Vysokoimpedanční mikrofony se nehodí pro profesionální aplikace z toho důvodu, že jsou náchylnější k rušení. Hodnota této impedance je často v rozmezí 5 - 10 k Ω . Nízkoimpedanční mikrofony jsou mnohem lépe přizpůsobeny k připojení k mixážnímu pultu. Jejich impedance bývá nejčastěji v rozmezí 150 - 600 Ω [4].

2.2.3 Směrová charakteristika

Popisuje, z jakých směrů je mikrofon schopen snímat zvuk, z toho také vyplývá, k jakému zdroji zvuku lze tento mikrofon použít. Pro zvukaře je také důležitým vodítkem pro omezení zpětné vazby například od monitorovacích reproduktorů. Směrová charakteristika je uváděna v dokumentaci každého mikrofonu.

Existuje několik základních typů těchto charakteristik :

- Kulová charakteristika

Kulová charakteristika je všesměrová, což znamená, že mikrofon s touto charakteristikou je použitelný pro snímání zdrojů zvuku jako například doprovodný zpěv, kdy na jeden mikrofon zpívá více účinkujících.

- Kardiovídní charakteristika

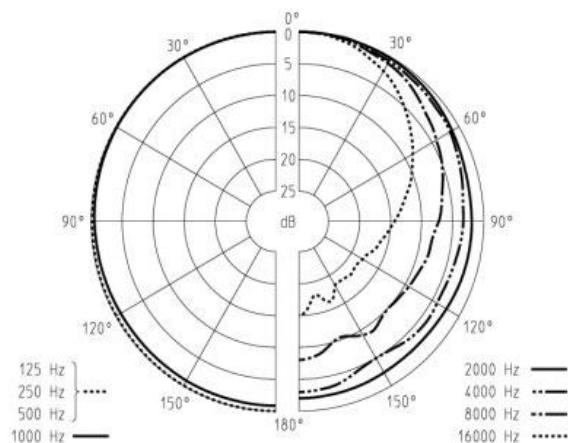
Kardiovídní charakteristika (ledvinová) snímá zvuk pouze zepředu a částečně ze stran. Používá se pro zpěvové mikrofony. Tento tvar také omezuje vznik zpětné vazby, například od odposlechových reproduktorů.

- Hyperkardiovídní charakteristika

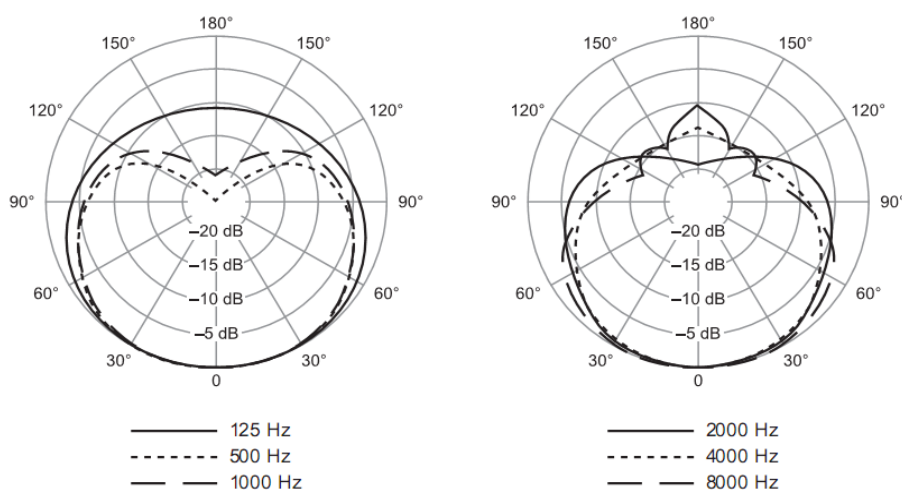
Tvar hyperkardiovídní charakteristiky se od kardiovídní liší tvarem. Tato charakteristika je více směrová.

- Osmičková charakteristika

Osmičková charakteristika snímá zvuk zepředu a zezadu. Využití má při nahrávání stereo zvuku bez nutnosti použití dvou mikrofonů.



Obrázek 2-16 Kulová charakteristika mikrofonu Sennhaiser MKH 20-P48

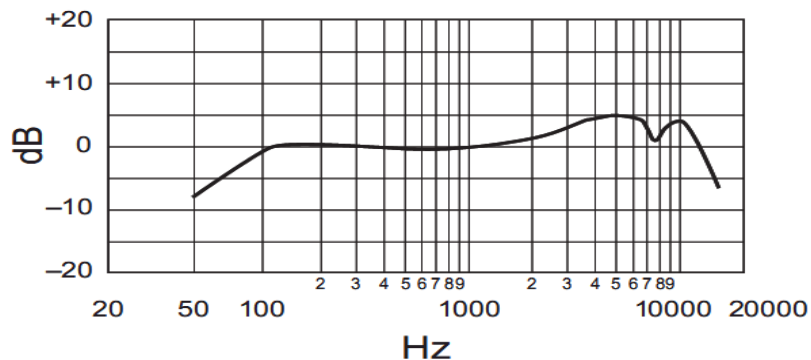


Obrázek 2-17 Kardioidní charakteristika mikrofonu Shure SM58

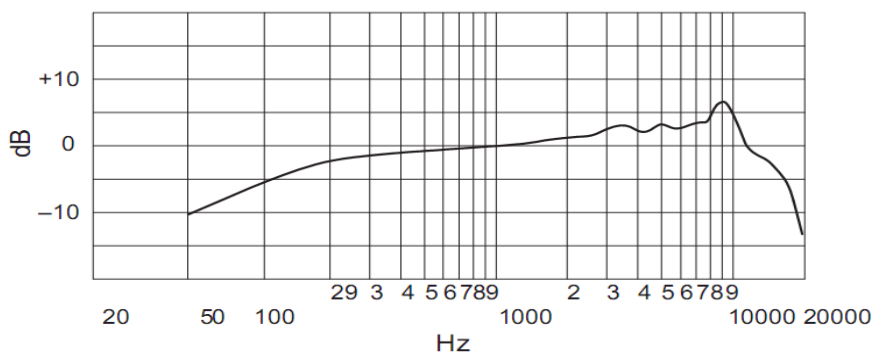
Existují mikrofony, u kterých lze směrovou charakteristiku podle potřeby měnit. Změnit se dají dvěma způsoby. Prvním způsobem je výměna celé mikrofonní vložky a druhým jsou mikrofony s přepínatelnou charakteristikou [4].

2.2.4 Frekvenční charakteristika

Frekvenční charakteristika je grafickým znázorněním toho, jak je schopen snímat mikrofon zvuk v závislosti na jeho frekvenci. Frekvence zobrazované v tomto grafu odpovídají většinou slyšitelnému spektru (20Hz - 20kHz). V praxi může vést k rozhodnutí, k jakému zdroji zvuku mikrofon přiřadit, abychom zajistili jejich nejlepší snímání.



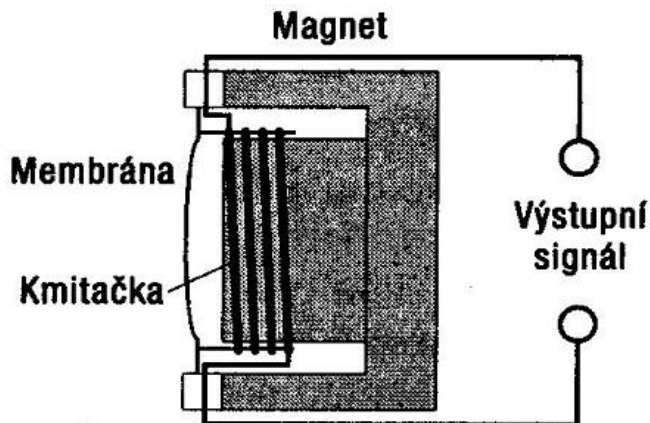
Obrázek 2-18 Frekvenční charakteristika dynamického mikrofonu Shure SM58



Obrázek 2-19 Frekvenční charakteristika kondenzátorového mikrofonu Shure SM86

2.2.5 Dynamické mikrofony

Dynamické mikrofony pracují na principu pohybu tzv. „kmitací“ cívky uvnitř magnetického pole magneticky tvrdého materiálu (permanentní magnet). Cívka má připevněnu membránu, na kterou dopadají akustické vlny. Pohyb této cívky v magnetickém poli magnetu indukuje na vodiči, ze kterého je navinuta, signál úměrný dopadající energii zvukových vln.



Obrázek 2-20 Konstrukce dynamického mikrofonu [4]

Dynamické mikrofony mají oproti ostatním typům mikrofونů velkou odolnost proti mechanickému poškození a také snášejí velké množství akustického tlaku na membránu. Nevyžadují oproti kondenzátorovým mikrofونům fantomové napájení.

Nevýhodou tohoto systému je malá úroveň signálu vytvářená měničem a vyžadují velké zesílení. Tyto mikrofony je vhodné využít u hlasitých zdrojů zvuku snímaných z malých vzdáleností [4].

Mikrofon Shure SM58 patří mezi nejoblíbenější mikrofony pro živé ozvučování na trhu. Tento model je legendárním zpěvovým mikrofونem.



Obrázek 2-21 Vložka mikrofону Shure SM58



Obrázek 2-22 Celé tělo mikronu SM58

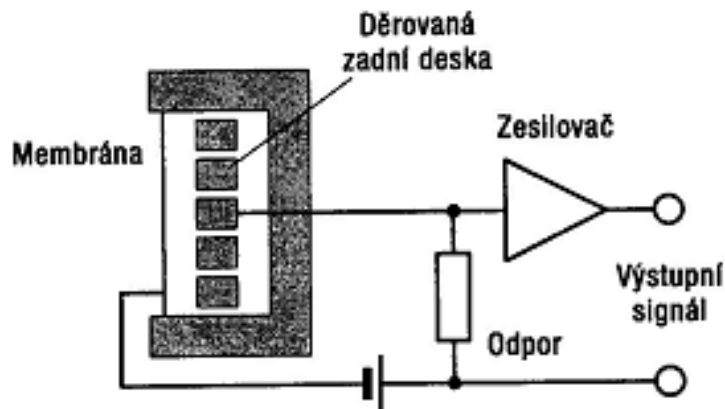
Dalším velice často využívaným mikrofونem je Shure SM57, který velmi vhodný ke snímání elektrické kytary, basskytary nebo Snare bubnu (česky nazývaným virbl) bicí soupravy.



Obrázek 2-23 Mikrofon Shure SM57

2.2.6 Kondenzátorové mikrofony

Základ těchto mikrofonů tvoří pevná elektroda kondenzátoru a plastická membrána, na níž je napařena kovová vrstva. Dopadem zvukových vln na membránu se mění vzdálenost desek kondenzátoru, což se projeví změnou náboje. Na obě desky je připojen rezistor, na němž lze tyto změny zaznamenat a následně zesílit.



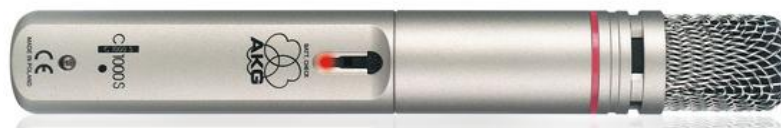
Obrázek 2-24 Konstrukce kondenzátorového mikrofonu [4]

Kondenzátorové mikrofony jsou nejcitlivějšími mikrofony a jsou schopny zaznamenat zvuky, které by dynamickými mikrofony nebylo možné snímat. Oproti dynamickým mikrofonům jsou konstrukčně složitější, jsou náchylnější k mechanickému poškození a mají vyšší pořizovací cenu [4].

Kondenzátorové mikrofony vyžadují napájení phantomovým napětím (nejčastěji +48 V).

Tyto mikrofony je vhodné používat pokud je nutné snímat více zvukových zdrojů najednou. Příkladem mohou být tzv. over-heady u bicí, sborový zpěv. Umělci hrající na dechové nástroje často využívají tzv. štěnice, které se umísťují k hrdlu nástrojů (

saxofony, pozoun, trubka, lesní roh, klarinet). Vhodným mikrofonem pro over-head je mikrofon AKG C1000S.



Obrázek 2-25 Mikrofon AKG C1000S



Obrázek 2-26 Mikrofon Shure SM81

Kondenzátorový mikrofon Shure SM81 vhodný pro ozvučování téměř všech nástrojů.

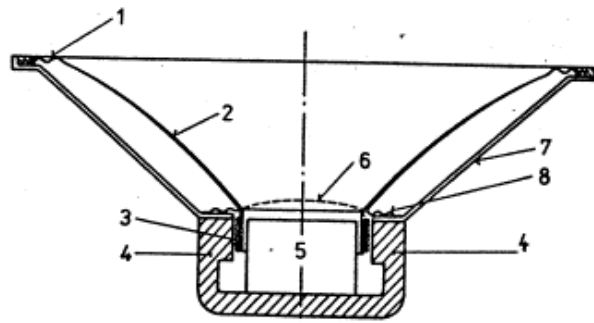
2.3 Reprodukory

Reproduktor je zařízení, které převádí elektrický signál na zvukové vlny. Elektroakustický měnič přivedený signál převede na pohyb membrány reproduktoru, tento pohyb způsobuje zhutňování a zředňování částic vzduchu a vzniká zvuk.

Reprodukory nejčastěji pracují na principu dynamického měniče podobně jako u dynamických mikrofonů. Rozdílem je, že převáděnou veličinou je elektrický signál přivedený na cívku reproduktoru.

Reprodukory jsou klíčovým zařízením v ozvučovacím řetězci. Bez reproduktorů by nebylo možné reprodukovat snímaný zvuk včetně zvuku snímaného v nahrávacím studiu, kde je celkový signál z mixážního pultu místo okamžitého vyzáření pomocí reproduktorů ukládán na záznamové médium. V současnosti se k tomuto účelu využívají různé zvukové karty jako např. karty PCI, USB, FireWire, PCMCIA nebo profesionální zvukové karty. V minulosti se využívalo především záznamu na vícestopém magnetofonu.

2.3.1 Konstrukce reproduktoru



Obrázek 2-27 Konstrukce reproduktoru

- 1 - Okraje membrány
- 2 - Membrána
- 3 - Kmitací cívka
- 4 - Magnetický obvod permanentního magnetu
- 5 - Trn
- 6 - Uzavření
- 7 - Koš
- 8 - Středící membrána

Membrána, jejíž pohyb způsobuje kmitání vzduchu, určuje vlastnosti reproduktoru. Je nejčastěji vyráběna z lakovaného papíru. Dalšími možnými provedeními jsou plastové, kovové nebo kombinace více materiálů (kov a papír). Kvalitnější reproduktory mohou mít membránu tvořenou hedvábím, kevlarom nebo uhlíkovými vlákny, což se odráží v jejich ceně.

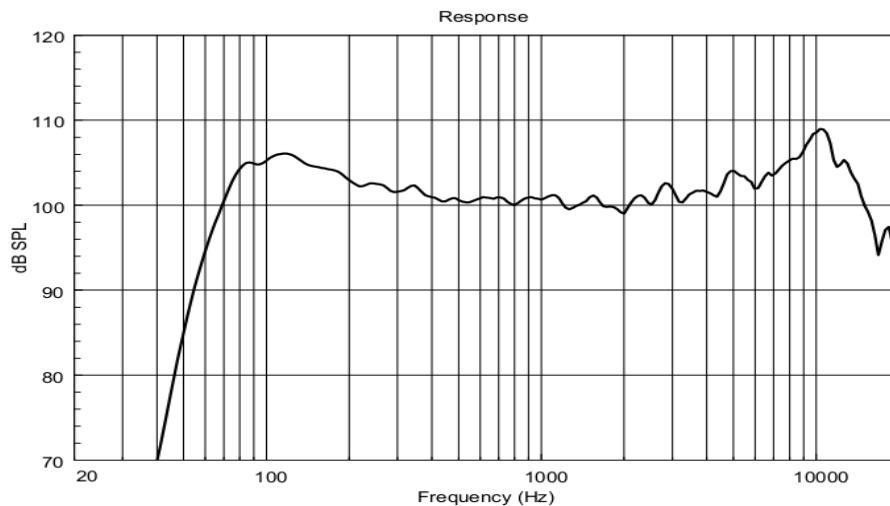
Kmitací cívka je umístěna ve vzduchové mezeře magnetického obvodu kde obklopuje trn, který ji spolu se středící membránou udržuje v takové pozici, aby kmitala pouze v ose reproduktoru. Tato cívka je připojena k membráně. Koš reproduktoru zaručuje mechanické ukotvení magnetického obvodu a membrány [5].

2.3.2 Charakteristiky reproduktorů

Několik základních parametrů určující vlastnosti reproduktorů :

- Frekvenční charakteristika
- Impedance

Frekvenční charakteristika popisuje chování reproduktoru v závislosti na frekvenci. Akustický tlak generovaný reproduktorem není stejný na všech frekvencích slyšitelného pásma. Z tohoto důvodu se také využívá takzvané dělené reprodukce, kde se využívá více reproduktorů tak, aby pokryly celé pásmo slyšitelných frekvencí, pokud možno stejným akustickým tlakem.



Obrázek 2-28 Frekvenční charakteristika reproduktoru TTL33 WP od firmy RCF

Impedance reproduktoru se udává z důvodu impedančního přizpůsobení používaných koncových zesilovačů. Její hodnota bývá 4,8 nebo 16 Ω .

2.3.3 Reproduktorové soustavy

Reproduktorové soustavy jsou 2-3 reproduktory umístěné v jedné ozvučnici. Použitím těchto soustav vykrýváme nedostatky jednotlivých reproduktorů na určitých frekvencích. Jednotlivé reproduktory se nehodí pro reprodukci akustického signálu v celém pásmu slyšitelných frekvencí. Každý reproduktor svou konstrukcí a frekvenční charakteristikou má využití pro jiná pásma frekvencí. Například hlubokotónové reproduktory budou svojí charakteristikou vhodné pro reprodukci spodních frekvencí slyšitelného pásma. U frekvenční charakteristiky reproduktoru v kapitole 2.3.2, která popisuje soustavu dvou reproduktorů, je patrné, že na frekvencích 70-400 Hz a na frekvencích 5-10 kHz dochází ke zdvihu vyzařovaného akustického tlaku. Existují

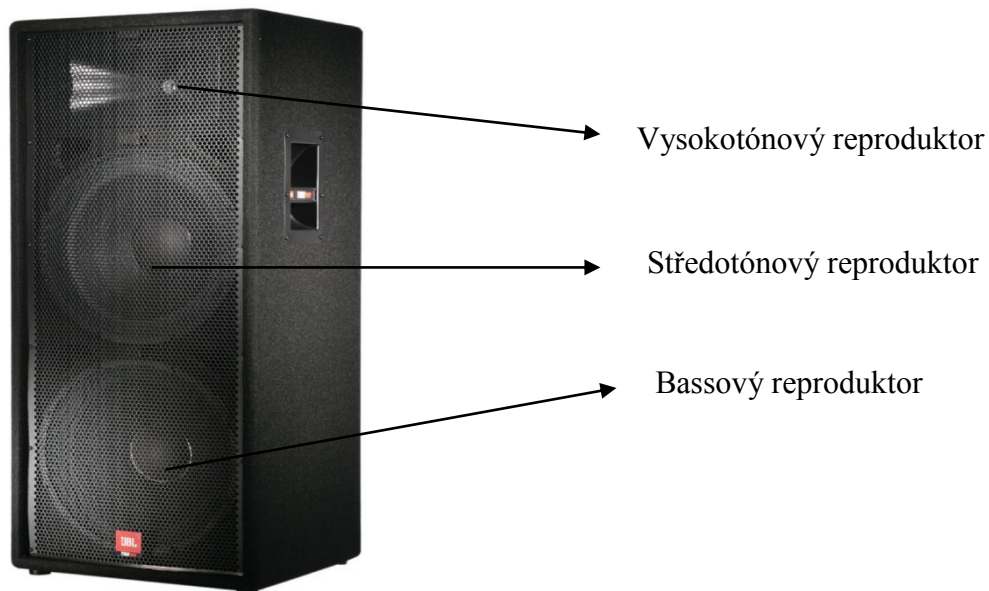
širokopásmové reproduktory, které vyzářují celé pásmo slyšitelných frekvencí, ale to je spíše kompromis za cenu horší kvality reprodukce.

Reproduktorové soustavy bývají tvořeny těmito reproduktory :

- Vysokotónové reproduktory
- Středotónové reproduktory
- Hlubokotónové reproduktory

Jednotlivé skupiny reproduktorů se mezi sebou liší především svou velikostí.

Pro bassové frekvence (nízké frekvence) se využívá reproduktorů s velkou membránou, pro „výšky“ se používají reproduktory malých rozměrů [5].



Obrázek 2-29 Reproduktorová soustava JBL JRX125

Frekvenční rozložení jednotlivých reproduktorů v soustavě závisí většinou na konkrétně použitých reproduktorech. Zhruba by se frekvence jednotlivých reproduktorů dali rozdělit takto [7] :

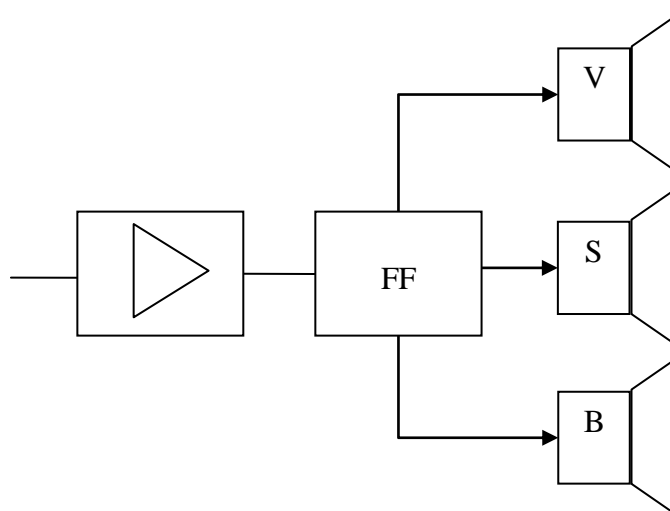
- Basové frekvence : 20 Hz - 300-400 Hz
- Středové frekvence : 300-400 Hz - 3-4 kHz
- Výškové frekvence : 3-4 kHz - 20 kHz

V praxi se často využívá soustav, kde jeden reproduktor je v samostatné ozvučnici a je čistě basový. Basové reproduktory často využívají ozvučnice typu bass-reflex, které zlepšují vyzářování basových frekvencí. Signál se odráží od zadní stěny ozvučnice a ven projde skrze otvor který je ve fázi s přímým vyzářeným signálem [5].


Pro střední a vysoké frekvence se využívá soustav se dvěma různě frekvenčně posunutými reproduktory pro pásmo středů a středovýšek a samostatný výškový reproduktor.

2.3.4 Elektroakustické výhybky

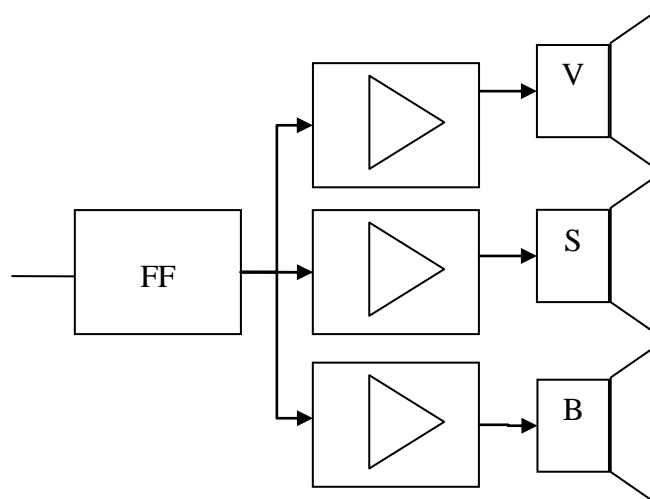
Elektroakustické výhybky jsou elektronické obvody, konkrétně frekvenční filtry, pomocí nichž se nastavuje pásmo frekvencí signál k jednotlivým reproduktorům.




Obrázek 2-30 Reproduktorová soustava s pasivními výhybkami - převzato a upraveno z [5]

 - koncový zesilovač, FF - frekvenční filtr, V - vysokotónový reproduktor, S - středotónový reproduktor, B - bassový reproduktor

U tohoto zapojení je zesílen celkový výstupní signál z mixážního pultu v koncovém zesilovači a poté je pomocí výhybek rozdělen na jednotlivá frekvenční pásma, na kterých reproduktory pracují [5].

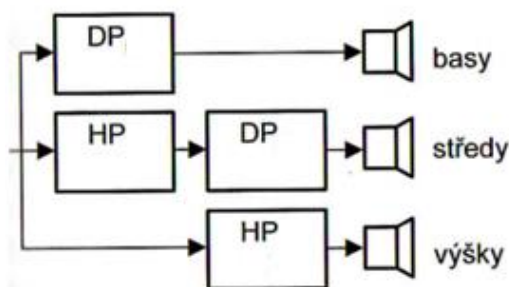


Obrázek 2-31 Reproduktorová soustava s aktivními výhybkami - převzato a upraveno z [5]

 - koncový zesilovač, FF - frekvenční filtr, V - vysokotónový reproduktor, S - středotónový reproduktor, B - bassový reproduktor

U tohoto zapojení je vstupní signál nejprve rozdělen pomocí výhybek na jednotlivá frekvenční pásma a poté jsou jednotlivá pásma zesílena samostatně [5].

Vícepásmové výhybky rozdělují signál frekvenčně mezi jednotlivé reproduktory. Při použití tří reproduktorů jsou výhybky nastaveny tak, aby dělily frekvenční pásmo podle rozsahů frekvencí pro bassové, středové a výškové frekvence [7].



Obrázek 2-32 Blokové schéma zapojení třípásmové výhybky [7]

DP - filtr dolní propust, HP - filtr horní propust

Pasivní výhybky jsou tvořeny pasivními elektronickými prvky, a to rezistory, cívkami a kondenzátory. Zapojení těchto tří prvků tvoří RLC obvody, hovoříme tedy o pasivních RLC výhybkách.

	$L = R / (2\pi F_0)$ $C = 1 / (R2\pi F_0)$
	$L = R / (\pi F_0)$ $C = 1 / (R4\pi F_0)$
	$L_1 = 3R / (4\pi F_0) \quad C_1 = 1 / (R3\pi F_0)$ $C_2 = 2 / (R3\pi F_0) \quad L_2 = 3R / (8\pi F_0)$ $L_3 = R / (4\pi F_0) \quad C_3 = 1 / (R\pi F_0)$

Obrázek 2-33 Tabulka pasivních elektroakustických výhybek a návrhové vzorce [7]

Aktivní výhybky využívají zapojení operačních zesilovačů. Jedním z parametrů operačních zesilovačů je šíře přenášeného frekvenčního pásma. Vhodným návrhem lze tedy vytvořit aktivní výhybku s operačním zesilovačem, kde šíře přenášeného pásma bude nastavena tak, aby přenášela frekvenční pásmo reproduktorů, ke kterým je připojena [7].

Existují také aktivní výhybky s přeladitelným dělicím kmitočtem. Tyto výhybky bývají součástí moderních koncových zesilovačů [7]. Vstupním signálem těchto zesilovačů je u profesionálního ozvučení výstupní signál z mixážního pultu. Tento signál je pomocí těchto výhybek rozdělen na pásma k jednotlivým reproduktorům a následně výkonově zesílen.

3 Akustika a ozvučení sálu divadla v Prachaticích

3.1 Popis sálu

Sál Městského divadla v Prachaticích sousedí s budovou staré radnice na Prachatickém náměstí. Jako stálá divadelní scéna bylo vybudováno v roce 1876. Od té doby prošel sál několika rekonstrukcemi. Poslední rekonstrukce s rozsáhlou změnou interiéru sálu proběhla v období květen 2009 - květen 2010.



Obrázek 3-1 Budova Městského divadla v Prachaticích

O provozování sálu se starají Kulturní a informační služby města Prachatice.

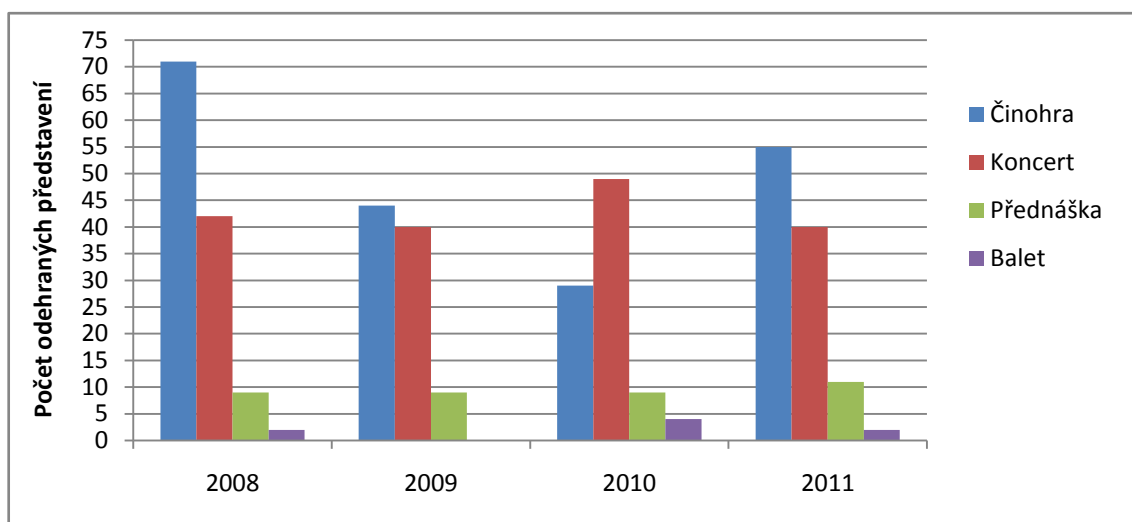
Sál je využíván nejčastěji k činoherním představením jak profesionálních, tak amatérských divadelních souborů, ke koncertům menších hudebních těles, k besedám a kulturním akcím pořádaných městem Prachatice.

3.2 Typy představení a návštěvnost

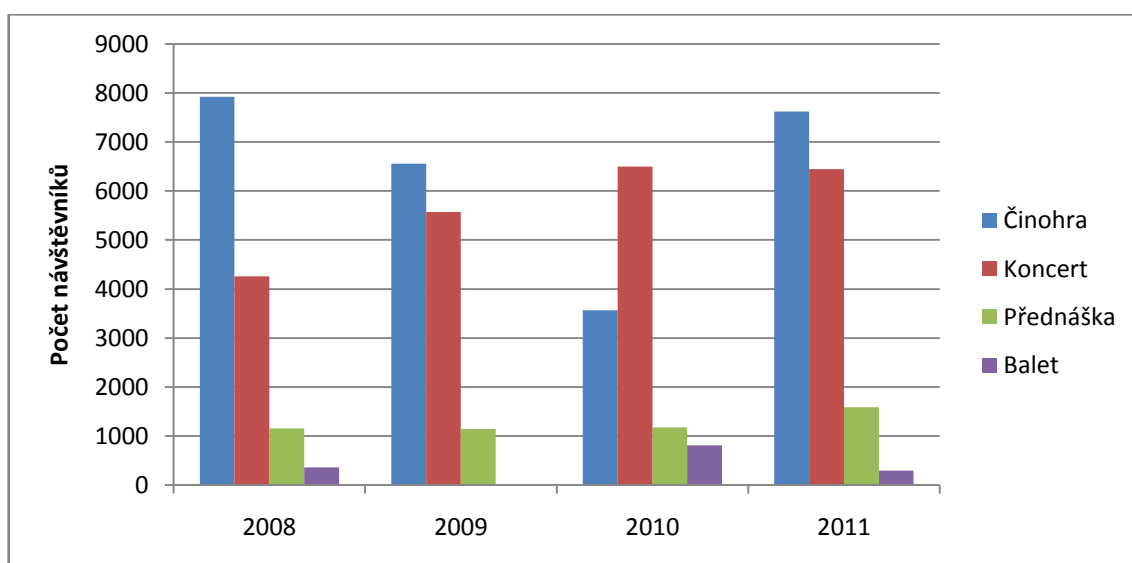
	Rok 2008		Rok 2009		Rok 2010		Rok 2011	
	Akce	Návštěvnost	Akce	Návštěvnost	Akce	Návštěvnost	Akce	Návštěvnost
Činohra	71	7920	44	6559	29	3565	55	7622
Koncert	42	4256	40	5572	49	6499	40	6446
Přednáška	9	1158	9	1141	9	1175	11	1587
Balet	2	356	0	0	4	807	2	291
Celkem	124	13690	93	13272	91	12046	108	15946

Obrázek 3-2 Tabulka počtů odehraných představení a návštěvnosti

Tato tabulka shrnuje porovnání počtů odehraných představení a počty návštěvníků v období 2008 - 2011. Data pocházejí z výroční zprávy Kulturních a informačních služeb města Prachatic. Bohužel zpráva shrnuje počty odehraných představení jak v Městském divadle v Prachaticích, tak ve víceúčelovém sále Národního domu. Činoherní představení se většinou odehrává v sále divadla, výjimkou by mohly být divadelní představení pro děti, které se hrají jako doprovodné akce při větších kulturních akcích pořádaných městem. Koncerty a přednášky se odehrávají v obou sálech a není možné je oddělit. V období květen 2009 - květen 2010 probíhala v sále divadla rekonstrukce což, se odrazilo v návštěvnosti a počtu odehraných představení.



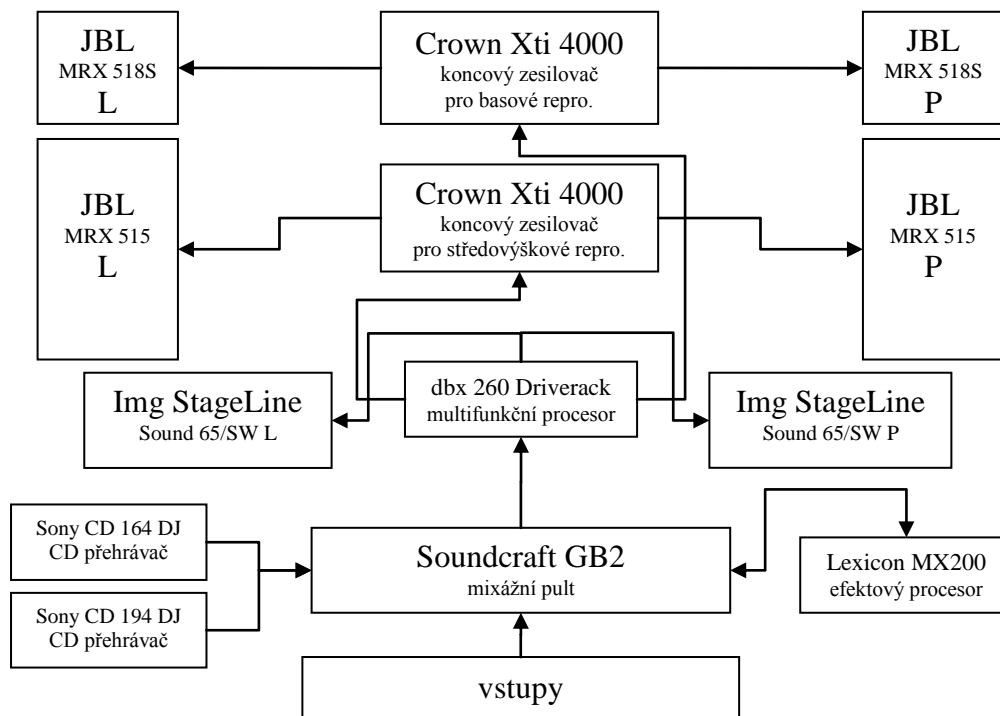
Obrázek 3-3 Graf odehraných představení v období 2008 - 2011



Obrázek 3-4 Graf počtů návštěvníků v období 2008 - 2011

3.3 Přístrojové vybavení sálu

Účelem této kapitoly je shrnout veškerá zařízení instalovaná v popisovaném sále.



Obrázek 3-5 Blokové schéma ozvučovacího řetězce sálu

3.3.1 Mixážní pult

V současnosti je sál vybaven mixážním pultem od společnosti Soundcraft, modelem GB2. Tento mixážní pult tvoří :

- 24 vstupních monofonních kanálů
- 2 stereo kanály - používané například pro snímání kláves nebo pro externí efektní jednotky
- 4 skupiny (groups)
- funkce Talkback
- 100 Hz horní propust (high pass filter) - funkce oříznutí subbassových frekvencí
- přepínatelné phantomové napájení všech kanálů
- možnost snímání externím záznamovým zařízením



Obrázek 3-6 Mixážní pult Soundcraft GB2

Tento mixážní pult je zcela vhodný pro ozvučení menších divadelních sálů. Počet vstupů zcela vyhovuje ozvučování menších hudebních těles a dává prostor například pro ozvučení bicí soupravy více mikrofony. Větší počet mikrofonů zlepšuje snímání tohoto nástroje. Velkou výhodou pro zvukaře je využití skupin, kde lze přiřadit více vstupních kanálů pouze jednomu potenciometru. Například u bicí toto považují za velkou výhodu, stejně tak u dechových nástrojů a zpěvů. Výsledné ovládání tak spočívá pouze v nastavování pouze těchto faderů a výstupních master faderů ovlivňujících celkovou úroveň výstupního signálu mixážního pultu. Další výhodou tohoto mixážního pultu je možnost připojit Talkback mikrofon, který umožňuje komunikaci mezi zvukařem a účinkujícími. Dále možnost využít na každém vstupním kanálu filtry horní propusti a phantomového napětí. Některé levnější mixážní pulty disponují pouze omezenými počty takto vybavených kanálů, případně je neobsahují vůbec a je nutné u těchto pultů využít externích zařízení. V sále divadla v Prachaticích příležitostně probíhají i akce pořádané vedením města. Tento mixážní pult je schopen pomocí výstupu nahrávání a záznamového zařízení pořídit nahrávku těchto akcí.

3.3.2 Koncové zesilovače

Hlavním cílem koncových zesilovačů je výkonově zesílit předem zpracovaný a smíchaný výstupní signál z mixážního pultu. Mixážní pult pracuje s nízkými úrovněmi signálu, které by nebyly reproduktory schopné reprodukovat s požadovanou úrovní hlasitosti. V sále jsou instalovány dva koncové zesilovače Crown XTi 4000 pro basové a středovýškové reproduktory. Série XTi se řadí mezi velmi kvalitní koncové

zesilovače. Série Xti obsahuje modely 1000, 2000, 4000 a 6000. Všechny tyto modely se liší pouze výstupním výkonem.



Obrázek 3-7 Koncový zesilovač Crown XTi 4000

Výhodou tohoto zesilovače je vybavenost. Je vybavený množstvím funkcí, které by za jiných okolností vyžadovaly použití externích zařízení. Obsahuje nastavitelné výhybky (crossovery), equalizér a kompresor/limiter. Další výhodou je vytvoření přednastavení pro více účelů a uložení těchto nastavení do paměti (presety). Velkou výhodou je, že tyto koncové zesilovače lze řídit softwarově. V divadelním prostředí by bylo velmi nežádoucí rušit představení manuálním nastavováním koncových zesilovačů. Z tohoto důvodu jsou koncové zesilovače umístěny v režii sálu a řízeny pomocí zařízení dbx 260.

3.3.3 Efektový procesor

Efektový procesor je zařízení, jehož pomocí lze digitálně upravit signál a docílit tak různých efektů. V sále je instalován efektový procesor firmy Lexicon MX 200. Tento procesor obsahuje dva nezávislé procesory které mohou pracovat samostatně nebo mohou signál měnit oba najednou. Oba procesory lze kdykoliv vyřadit z činnosti pomocí tlačítka bypass. Navíc nabízí ovládání pomocí softwaru na připojeném PC takže lze ovládání centralizovat. Přes PC lze ovládat i koncové zesilovače pomocí síťového rozhraní TCP. Lexicon MX200 umožňuje propojení pomocí sběrnice USB.



Obrázek 3-8 Efektový procesor Lexicon MX 200

3.3.4 CD/MP3/Mini-disk přehrávač

V režii je umístěn CD přehrávač a CD/MP3 přehrávač od společnosti Monacor Int. s označeními CD 164 DJ a CD 194 DJ. Výhodou těchto zařízení je možnost vyhledání příslušné pasáže reprodukované skladby pomocí otočného potenciometru.

Pokud například v divadelní hře je potřeba podkreslit dialog melodií, lze si začátek přehrávání nastavit podle potřeb režiséra, pokud není nosič předem sestříhán. Lze zde také vytvořit smyčku která bude hrát předem vybranou pasáž opakovaně.



Obrázek 3-9 CD přehrávač Img Stage Line CD 164 DJ

Model CD 194 DJ je oproti druhému modelu schopen přehrávání i skladeb ve formátu MP3.



Obrázek 3-10 MP3 přehrávač Img Stage Line CD 194 DJ

V divadelních provozech je stále využíváno záznamových médií tzv. mini-disců. Z tohoto důvodu je v režii umístěna dvojice mini-disc přehrávačů Sony MDS JB930 a MDS JE640.



Obrázek 3-11 Minidisc přehrávač Sony MDS JB 930



Obrázek 3-12 Minidisc přehrávač Sony MDS JE 640

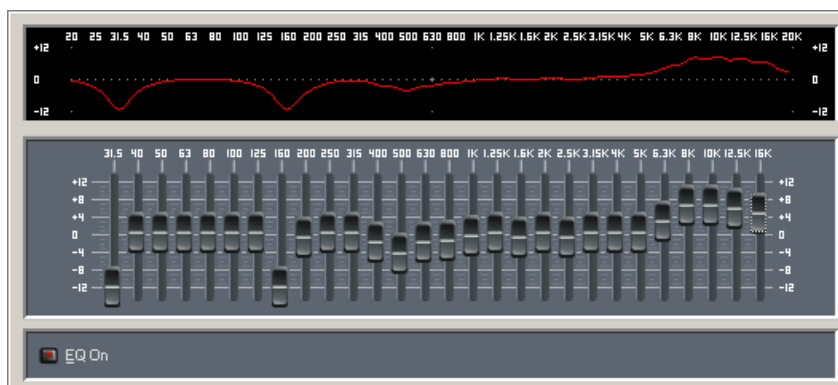
3.3.5 Multifunkční procesor

Toto zařízení je digitální systém kterým lze pomocí upravené sběrnice RS 232 řídit koncové zesilovače a připojené reproduktorové soustavy. Dále obsahuje obvod pro potlačení zpětné vazby, kompresor, zpožďovací obvod, grafický a parametrický equalizér, aktivní výhybky a virtualizér. Nastavení pro daný sál lze uložit do integrované paměti a v případě potřeby vyvolat. Veškeré funkce lze také řídit pomocí PC.

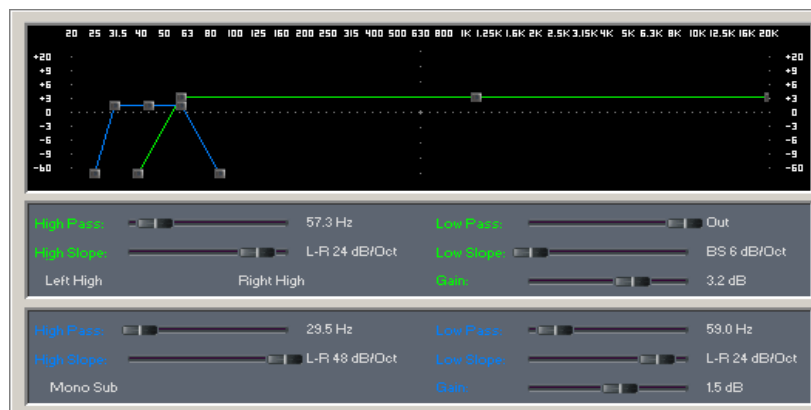


Obrázek 3-13 Multifunkční procesor dbx Driverack 260

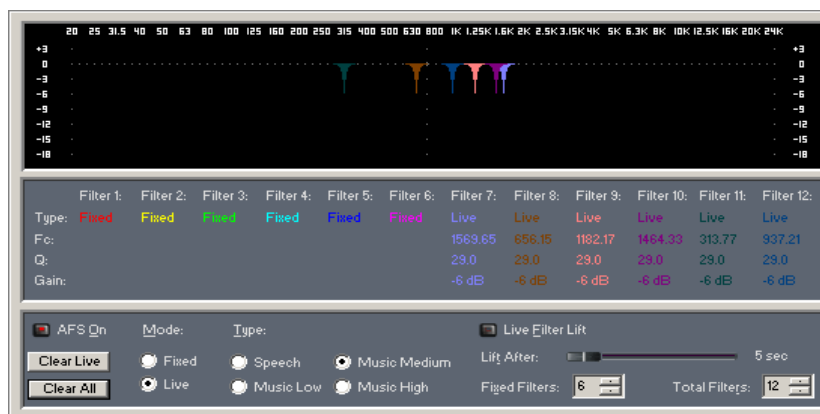
Toto zařízení je výborným řešením centralizace ovládání koncových zesilovačů a reproduktorů. Je vhodné zejména k použití s výkonovými zesilovači firmy Crown a reproduktorovými soustavami firmy JBL, které jsou použity sále Prachatického divadla. Z blokovém schématu aktuálního zapojení zařízení v sále je patrné, že toto zařízení je připojeno přímo k mixážnímu pultu a na výstupy jsou připojeny koncové zesilovače. Při ovládání pomocí software DriveWare v2.6.2 jsou připojená zařízení automaticky rozpoznána. Toto zařízení je schopné po vložení údajů o připojených koncových zesilovačích a reproduktorových soustavách navrhnout nastavení koncových zesilovačů tak, aby nedocházelo ke zkreslení a přetížení reproduktorů. Umožňuje řízení šesti sad reproduktorů.



Obrázek 3-14 Řízení equalizéru pomocí software

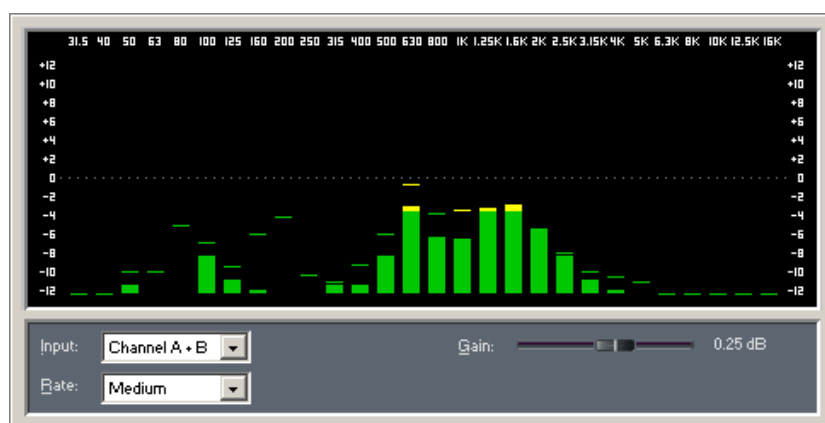


Obrázek 3-15 Řízení výhybek pomocí software



Obrázek 3-16 Automatické potlačení zpětné vazby

Zařízení dbx 260 obsahuje obvod automatického potlačení zpětné vazby. Tato funkce je velmi výhodná. Pokud detekuje zpětnou vazbu, tak na konkrétní frekvenci sníží úroveň signálu a setrvá tak po nastavenou dobu. Poté vrátí úroveň na původní hodnotu.



Obrázek 3-17 Zobrazení výstupního signálu závislého na frekvenci

3.3.6 Interkom

Interkom je zařízení sloužící v divadelním provozu hlavně k dorozumívání mezi účinkujícími a ostatními členy personálu před a během představení. V režii sálu je umístěn modul interkomu axcent MS-100. K tomuto zařízení je možné připojit až 14 modulů BP 100, ke kterým lze připojit pomocí XLR kabelu mikrofon a sluchátka. Tento modul je konstruován jako přenosný. Tohoto řešení se využívá proto, že při divadelním provozu by některé bezdrátové technologie mohly způsobovat rušení ostatních zařízení. Drátový systém je v tomto ohledu mnohem spolehlivější.



Obrázek 3-18 modul interkomu axcent MS-100



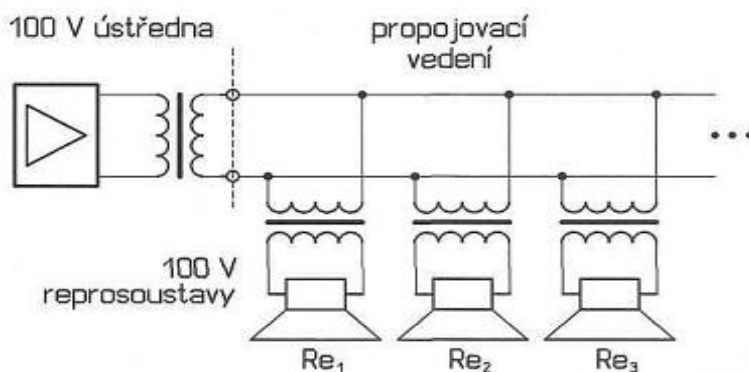
Obrázek 3-19 modul přenosné stanice axcent BP 100

Interkom je velmi výhodným zařízením využívaným v divadelních provozech. V sále v Prachaticích jej lze využít k informování účinkujících, v jaké fázi se představení nachází, a umožňuje jim přizpůsobit dobu strávenou v šatnách tak, aby nedocházelo k prodlevám v nástupech na scénu. Inspicient má k dispozici jeden modul přenosné stanice a může tak řídit představení. U některých představení řídí režisér představení z režie sálu.

3.3.7 100V rozvod

100 V rozvody jsou používány pro ozvučování prostorů, kde je nutné vést signál na větší vzdálenosti. Příkladem takových prostor jsou například obchodní domy, supermarkety, plavecké stadiony, školní rozhlas, posluchárny, nádraží atd..

Na delším vedení vznikají ztráty a jsou závislé na proudu protékajícím tímto vedením. Signál nízkých úrovní například od mixážního pultu je transformován v ústředně na úroveň 100V. Takto transformovaný signál je veden rozvodem. Na tento rozvod jsou pomocí dalších 100V transformátorů připojeny reproduktory [8].

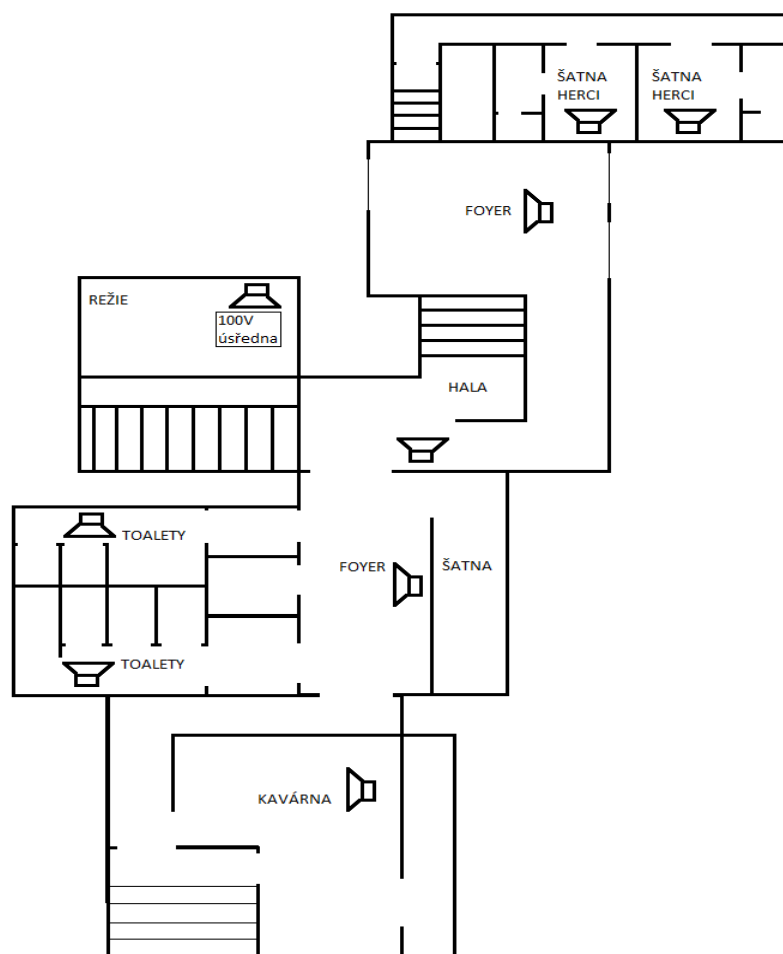


Obrázek 3-20 Princip 100V rozvodu [8]

100V ústředna Monacor PA 1240 je schopná řídit 5 sad reproduktorů. Hlavním úkolem je možnost reprodukovat do předsálí hlášení před představením. V divadle jsou tyto soustavy rozmístěny, tak aby hlášení bylo slyšet v celém objektu. Přesněji kavárna, pánské a dámské toalety, šatny, předsálí v přízemí a na balkoně. Tímto zařízením se také může v případě požáru vyvolat poplach v budově.



Obrázek 3-21 100V ústředna Monacor PA 1240



Obrázek 3-22 Zjednodušený půdorys prostor s umístěním 100V reproduktorů

Okruh v šatnách herců lze využít pro přenos signálu z podia prostřednictvím všesměrového mikrofону umístěného nad portálem jeviště. Takto přenášené audio společně s interkomem velice zlepšuje komunikaci mezi režisérem a účinkujícími.

V ostatních okruzích lze reprodukovat před začátkem představení a během pauzy hudební kulisu. Na těchto okruzích se také vysílají hlášení o začátku představení případně další upozornění pro diváky.

3.4 Orientační výpočet doby dozvuku sálu

Doba dozvuku je jedním z důležitých parametrů k zhodnocení akustiky sálů. Požadavky na dobu dozvuku sálů shrnuje norma ČSN 73 0527 - Projektování v oboru prostorové akustiky.

Postup řešení akustiky podle normy ČSN 73 0527 je takovýto [10] :

- Výpočet objemu uzavřeného prostoru
- Výpočet ploch uzavřeného prostoru
- Stanovení optimální doby dozvuku
- Výpočet doby dozvuku
- Měření doby dozvuku

3.4.1 Výpočet objemu sálu

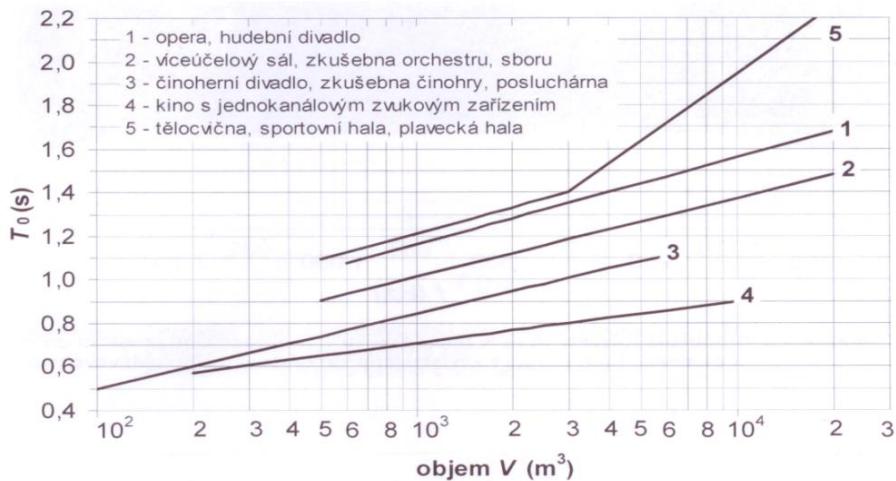
Výpočet objemu sálu jsem provedl součtem dílčích objemů kvádrů, pomocí kterých jsem rozdělil sál. Výsledný objem sálu jsem stanovil na $V = 721 \text{ [m}^3\text{]}$.

3.4.2 Výpočet ploch sálu

Výpočty ploch sálu uvádím v příloze v tabulce pro orientační výpočet doby dozvuku.

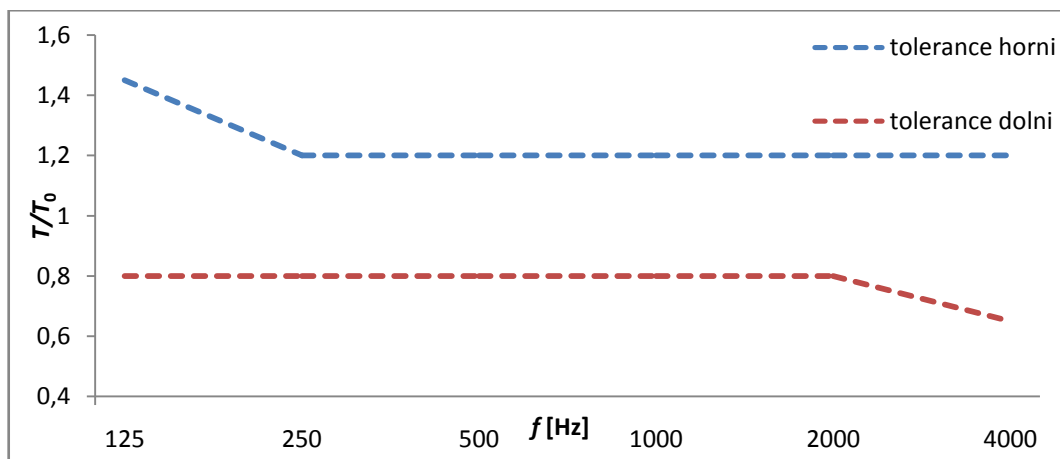
3.4.3 Stanovení optimální doby dozvuku

Norma ČSN 73 0527 obsahuje graf s průběhy optimální doby dozvuku v závislosti na objemu sálu. Pro zkoumaný sál platí křivka označená číslem 3 - činoherní divadlo. Při objemu $V = 721 \text{ [m}^3\text{]}$ je tato hodnota $T_0 = 0,8 \text{ [s]}$.



Obrázek 3-23 Graf závislosti optimální doby dozvuku na objemu sálu. [10]

Dále norma stanovuje rozmezí přípustných hodnot poměru dob dozvuku vypočtených ku optimální době dozvuku T/T_0 .



Obrázek 3-24 Graf přípustného rozmezí poměru dob dozvuku T/T_0 [10]

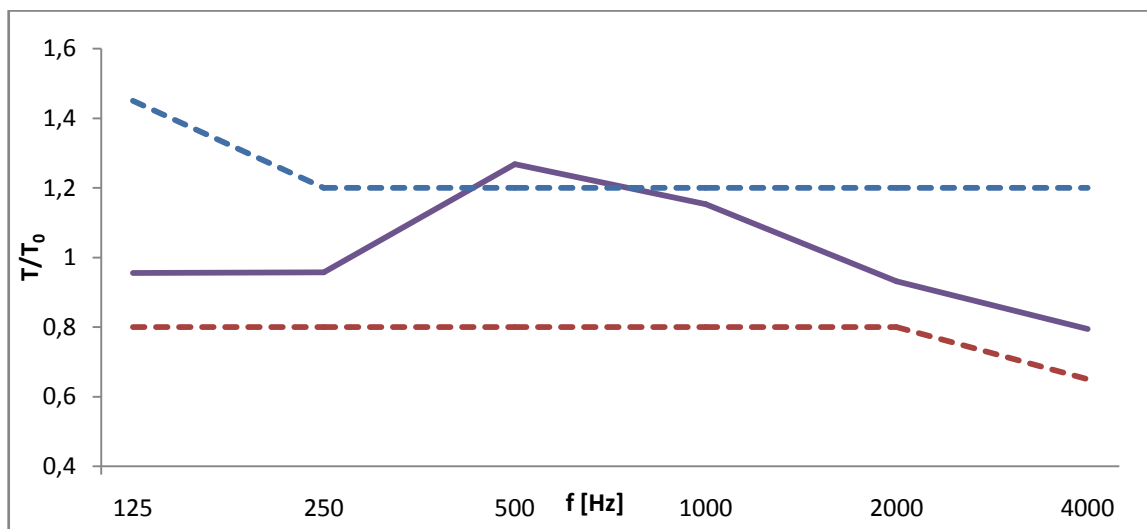
Tento graf platí pro prostory určené pro reprodukci hudby a řeči.

3.4.4 Výpočet doby dozvuku

Výpočet doby dozvuku sálu jsem provedl pomocí Sabinova vzorce pro dobu dozvuku a to z toho důvodu, že průměrný činitel pohltivosti je na všech zkoumaných frekvencích $< 0,2$. Tento výpočet není zcela přesný z toho důvodu, že nebylo možné zjistit přesnou akustickou pohltivost veškerých použitých materiálů. Pro výpočet jsem využil tabulku obecných činitelů pohltivosti stavebních materiálů uvedenou v kapitole 1.9.

		f [Hz]	125		250		500		1000		2000		4000	
Plocha	Materiál	S [m ²]	α	$\alpha \cdot S$	α	$\alpha \cdot S$	α	$\alpha \cdot S$	α	$\alpha \cdot S$	α	$\alpha \cdot S$	α	$\alpha \cdot S$
Podlaha	koberec	102,53	0,13	13,33	0,11	11,28	0,15	15,38	0,30	30,76	0,63	64,59	0,90	92,28
Stěna přízemí vpravo	dřevěný obklad	30,18	0,30	9,05	0,25	7,55	0,10	3,02	0,08	2,41	0,05	1,51	0,04	1,21
Stěna přízemí vlevo	dřevěný obklad	30,18	0,30	9,05	0,25	7,55	0,10	3,02	0,08	2,41	0,05	1,51	0,04	1,21
Strop	sádrokarton	55,32	0,11	6,09	0,13	7,19	0,05	2,77	0,02	1,11	0,02	1,11	0,03	1,66
Balkon	omítka - olej. nátěr	19,05	0,01	0,19	0,01	0,19	0,02	0,38	0,02	0,38	0,02	0,38	0,02	0,38
Stěna zadní	dřevěný obklad	16,92	0,30	5,07	0,25	4,23	0,10	1,69	0,08	1,35	0,05	0,85	0,04	0,68
Okno režie	sklo	2,05	0,30	0,61	0,20	0,41	0,15	0,31	0,10	0,20	0,06	0,12	0,04	0,08
Podium čelní strana	dřevo - latě	5,60	0,27	1,51	0,08	0,45	0,11	0,62	0,09	0,50	0,09	0,50	0,20	1,12
Podium boční stěna - vpravo	omítka - hlínka	10,55	0,02	0,21	0,02	0,21	0,02	0,21	0,03	0,32	0,04	0,42	0,04	0,42
Podium boční stěna - vlevo	omítka - hlínka	10,55	0,02	0,21	0,02	0,21	0,02	0,21	0,03	0,32	0,04	0,42	0,04	0,42
Difuzor	sádrokarton	20,13	0,01	0,22	0,13	2,62	0,05	1,01	0,02	0,40	0,02	0,40	0,03	0,60
Stěna balkon vlevo	dřevěný obklad	56,58	0,30	16,97	0,25	14,15	0,10	5,66	0,08	4,53	0,05	2,83	0,04	2,26
Stěna balkon vpravo	dřevěný obklad	56,58	0,30	16,97	0,25	14,15	0,10	5,66	0,08	4,53	0,05	2,83	0,04	2,26
Balkon podlaha	beton - olej. nátěr	47,41	0,01	0,47	0,01	0,66	0,02	0,76	0,02	0,81	0,02	0,85	0,02	0,95
Stěna balkon vzadu	dřevěný obklad	32,67	0,30	9,80	0,25	8,17	0,10	3,27	0,08	2,61	0,05	1,63	0,04	1,31
Strop	sádrokarton	101,77	0,11	11,19	0,13	13,23	0,05	5,09	0,02	2,04	0,02	2,04	0,03	3,05
Podium podlaha	dřevo - latě	17,19	0,27	4,64	0,08	1,38	0,11	1,89	0,09	1,55	0,09	1,55	0,20	3,44
Otvor jeviště		22,08	0,20	4,42	0,30	6,62	0,30	6,62	0,30	6,62	0,30	6,62	0,30	6,62
Sedadla - prizemi	čalounění	66,00	0,15	9,90	0,20	13,20	0,20	13,20	0,25	16,50	0,30	19,80	0,30	19,80
Sedadla - balkon	čalounění	13,00	0,15	1,95	0,20	2,60	0,20	2,60	0,25	3,25	0,30	3,90	0,30	3,90
Publikum	plně obsazeno	80,00	0,41	32,80	0,48	38,40	0,54	43,20	0,57	45,60	0,56	44,80	0,53	42,40
Součet		796,34		154,68		154,43		116,55		128,20		158,67		186,06
prumerne α			0,19		0,17		0,12		0,12		0,13		0,15	
$T_0 = 0,8$ [s]			T_s [s]	0,76		0,77		1,01		0,92		0,75		0,64

Obrázek 3-25 Tabulka výpočtu doby dozvuku



Obrázek 3-26 Graf vypočteného poměru dob dozvuku T/T_0

Z grafu je patrné, že vypočtená orientační doba dozvuku nesplňuje normou dané rozmezí na frekvenci 500 Hz. Tento výpočet je pouze orientační a z hlediska nemožnosti zjistit přesné pohltivosti všech materiálů použitých v sále nemusí plně odpovídat skutečnosti. K přesným zjištěním akustických parametrů se využívá simulací a měření, které zpřesňují výpočty akustických parametrů. K simulacím se využívá 3D modelů v softwarech, které simulují akustiku prostředí. Tyto softwary a jejich licence se pohybují v rámci tisíců dolarů.

Příkladem takového softwaru je program EASE (Enhanced Acoustic Simulator for Engineers) [16].

3.4.5 Měření doby dozvuku

Měření doby dozvuku by vyžadovalo pořízení popřípadě zapůjčení speciální měřicí aparatury a měřících mikrofونů. Z tohoto důvodu a v rozsahu této práce nebylo možné měření provést.

3.5 Návrhy vylepšení ozvučení

3.5.1 Návrh úpravy celistvé plochy

Z výpočtu doby dozvuku je patrné, že na frekvenci 500 Hz výpočet nesplňuje normou dané rozmezí. Vylepšení akustických vlastností lze docílit akustickými úpravami. V tomto případě jsem vyhledal akustický materiál společnosti Soning. Úpravou vnější plochy balkonu akustickým materiálem SONIT D30 dojde k vyrovnání doby dozvuku a bude vyhovovat přípustným mezím.

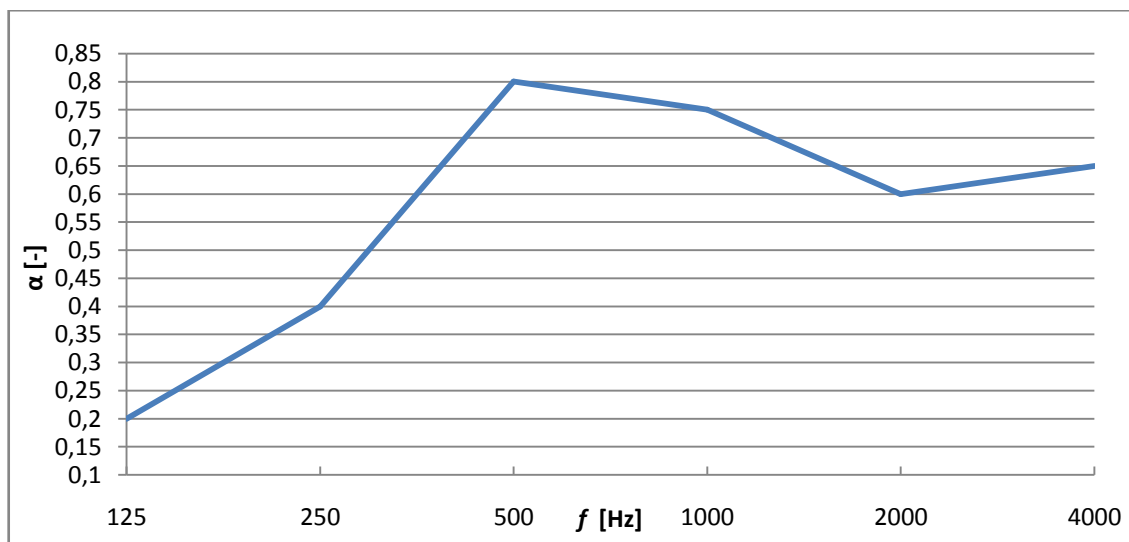
		f [Hz]	125		250		500		1000		2000		4000	
Plocha	Materiál	S [m ²]	α	$\alpha.S$	α	$\alpha.S$	α	$\alpha.S$	α	$\alpha.S$	α	$\alpha.S$	α	$\alpha.S$
Podlaha	koberec	102,53	0,130	13,33	0,110	11,28	0,150	15,38	0,300	30,76	0,630	64,59	0,900	92,28
Stěna přízemí vpravo	dřevěný obklad	30,18	0,300	9,05	0,250	7,55	0,100	3,02	0,080	2,41	0,050	1,51	0,040	1,21
Stěna přízemí vlevo	dřevěný obklad	30,18	0,300	9,05	0,250	7,55	0,100	3,02	0,080	2,41	0,050	1,51	0,040	1,21
Strop	sádkartón	55,32	0,110	6,09	0,130	7,19	0,050	2,77	0,020	1,11	0,020	1,11	0,030	1,66
Balkon	SONIT D30	19,05	0,200	3,81	0,400	7,62	0,800	15,24	0,750	14,29	0,600	11,43	0,650	12,38
Stěna zadní	dřevěný obklad	16,92	0,300	5,07	0,250	4,23	0,100	1,69	0,080	1,35	0,050	0,85	0,040	0,68
Okno režeie	sklo	2,05	0,300	0,61	0,200	0,41	0,150	0,31	0,100	0,20	0,060	0,12	0,040	0,08
Podium čelní strana	dřevo - latě	5,60	0,270	1,51	0,080	0,45	0,110	0,62	0,090	0,50	0,090	0,50	0,200	1,12
Podium boční stěna - vpravo	omítka - hlinka	10,55	0,020	0,21	0,020	0,21	0,020	0,21	0,030	0,32	0,040	0,42	0,040	0,42
Podium boční stěna - vlevo	omítka - hlinka	10,55	0,020	0,21	0,020	0,21	0,020	0,21	0,030	0,32	0,040	0,42	0,040	0,42
Difuzor	sádkartón	20,13	0,011	0,22	0,130	2,62	0,050	1,01	0,020	0,40	0,020	0,40	0,030	0,60

Stěna balkon vlevo	dřevěný obklad	56,58	0,300	16,97	0,250	14,15	0,100	5,66	0,080	4,53	0,050	2,83	0,040	2,26
Stěna balkon vpravo	dřevěný obklad	56,58	0,300	16,97	0,250	14,15	0,100	5,66	0,080	4,53	0,050	2,83	0,040	2,26
Balkon podlaha	beton - olej. nátěr	47,41	0,010	0,47	0,014	0,66	0,016	0,76	0,017	0,81	0,018	0,85	0,020	0,95
Stěna balkon vzadu	dřevěný obklad	32,67	0,300	9,80	0,250	8,17	0,100	3,27	0,080	2,61	0,050	1,63	0,040	1,31
Strop	sádkokarton	101,77	0,110	11,19	0,130	13,23	0,050	5,09	0,020	2,04	0,020	2,04	0,030	3,05
Podium podlaha	dřevo - latě	17,19	0,270	4,64	0,080	1,38	0,110	1,89	0,090	1,55	0,090	1,55	0,200	3,44
Otvor jeviště		22,08	0,200	4,42	0,300	6,62	0,300	6,62	0,300	6,62	0,300	6,62	0,300	6,62
Sedadla - prizemi	čalounění	66	0,15	9,90	0,2	13,20	0,2	13,20	0,25	16,50	0,3	19,80	0,3	19,80
Sedadla - balkon	čalounění	13	0,15	1,95	0,2	2,60	0,2	2,60	0,25	3,25	0,3	3,90	0,3	3,90
Publikum	plně obsazeno	80	0,41	32,80	0,48	38,40	0,54	43,20	0,57	45,60	0,56	44,80	0,53	42,40
Součet		796,34		158,3		161,9		131,4		142,1		169,7		198,1
prumerne α			0,198		0,190		0,160		0,158		0,161		0,183	
$T_0 = 0,8$ [s]			T_s [s]	0,747		0,731		0,9		0,832		0,697		0,597

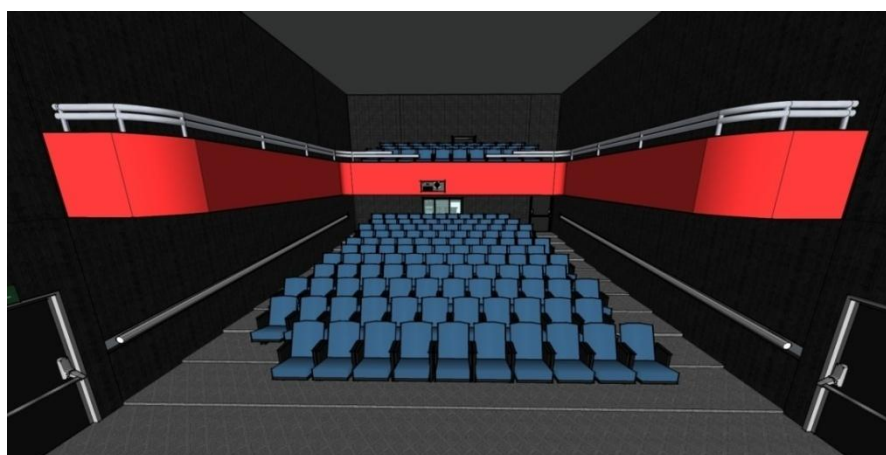
Obrázek 3-27 Tabulka výpočtu doby dozvuku po úpravě materiálem Soning D30



Obrázek 3-28 Akustický stěnový obklad SONIT D30 [15]

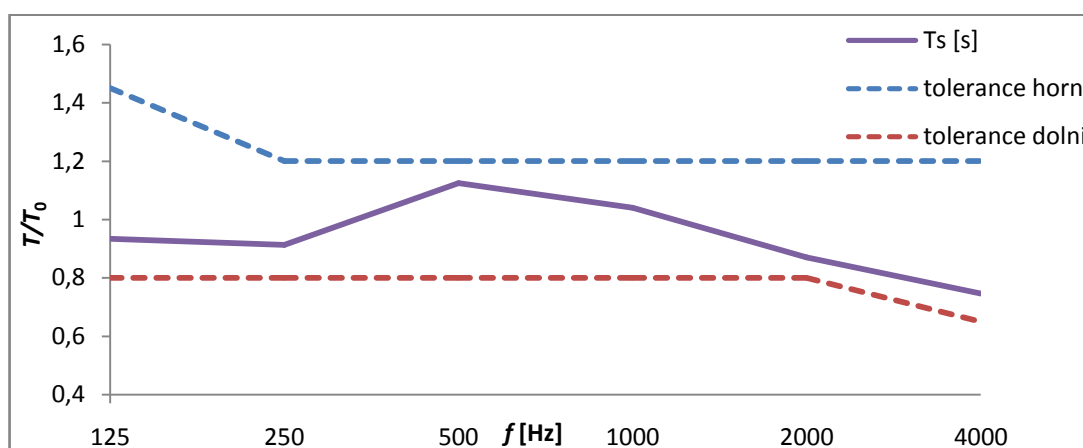


Obrázek 3-29 Závislost činitele pohltivosti materiálu SONIT D30 [15]



Obrázek 3-30 Zobrazení plochy vhodné pro akustickou úpravu (označena červeně)

Po osazení vyznačené plochy tímto materiálem se doba dozvuku změní takto :



Obrázek 3-31 Graf vypočteného poměru dob dozvuku T/T_0 po úpravě materiálem SONIT D30

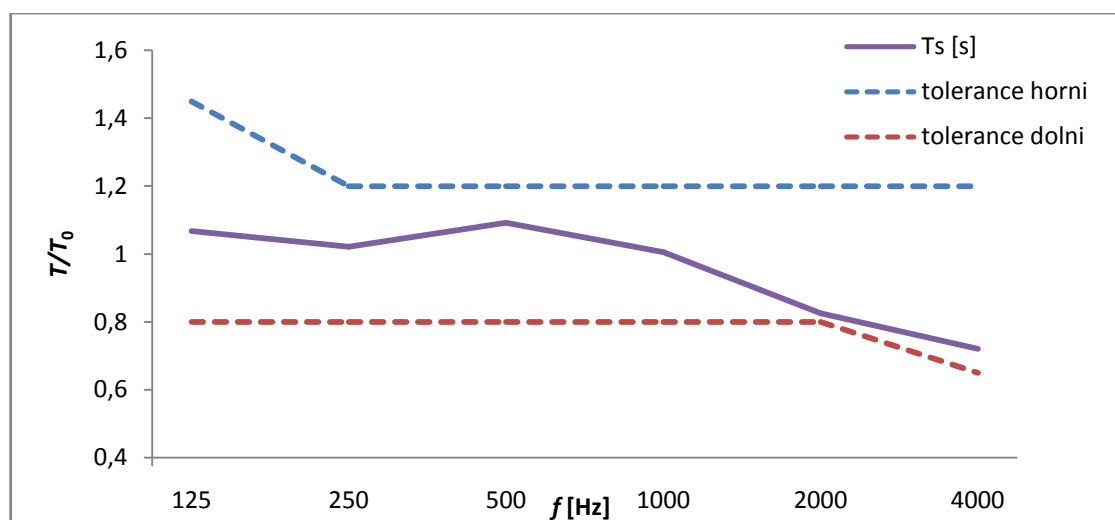
Takto upravený sál vyhovuje normě ČSN 73 0527 z hlediska doby dozvuku a docílí se tak vyrovnanějšího průběhu doby dozvuku.

3.5.2 Návrh úpravy rozdělením ploch

V tomto návrhu je oproti předchozí úpravě, kde byla znázorněna úprava celistvé plochy čela balkonové konstrukce, plocha rozdělena na dvě s využitím dvou materiálů. Rozdělení celkové upravované plochy je v tabulce vyjádřeno v procentech původní plochy. Cílem je dosáhnout vyrovnané doby dozvuku tak aby se blížila ideálnímu průběhu.

		f [Hz]		125		250		500		1000		2000		4000		
Plocha	Materiál	S [m ²]	%	α	$\alpha.S$	α	$\alpha.S$	α	$\alpha.S$	α	$\alpha.S$	α	$\alpha.S$	α	$\alpha.S$	
Podlaha	koberec	102,53		0,13	13,33	0,11	11,28	0,15	15,38	0,30	30,76	0,63	64,59	0,90	92,28	
Stěna přízemí vpravo	dřevěný obklad	20,18	67%	0,30	6,05	0,25	5,05	0,10	2,02	0,08	1,61	0,05	1,01	0,04	0,81	
Stěna přízemí vpravo	dřevotříška	10,00	33%	0,08	0,80	0,08	0,80	0,09	0,90	0,10	1,00	0,10	1,00	0,10	1,00	
Stěna přízemí vlevo	dřevěný obklad	20,18	67%	0,30	6,05	0,25	5,05	0,10	2,02	0,08	1,61	0,05	1,01	0,04	0,81	
Stěna přízemí vlevo	dřevotříška	10,00	33%	0,08	0,80	0,08	0,80	0,09	0,90	0,10	1,00	0,10	1,00	0,10	1,00	
Strop	sádrokarton	55,32		0,11	6,09	0,13	7,19	0,05	2,77	0,02	1,11	0,02	1,11	0,03	1,66	
Balkon	omítka - olej. nátěr	19,05		0,01	0,19	0,01	0,19	0,02	0,38	0,02	0,38	0,02	0,38	0,02	0,38	
Stěna zadní	dřevěný obklad	16,92		0,30	5,07	0,25	4,23	0,10	1,69	0,08	1,35	0,05	0,85	0,04	0,68	
Okno režie	sklo	2,05		0,30	0,61	0,20	0,41	0,15	0,31	0,10	0,20	0,06	0,12	0,04	0,08	
Podium čelní strana	dřevo - latě	5,60		0,27	1,51	0,08	0,45	0,11	0,62	0,09	0,50	0,09	0,50	0,20	1,12	
Podium boční stěna - vpravo	omítka - hlínka	10,55		0,02	0,21	0,02	0,21	0,02	0,21	0,03	0,32	0,04	0,42	0,04	0,42	
Podium boční stěna - vlevo	omítka - hlínka	10,55		0,02	0,21	0,02	0,21	0,02	0,21	0,03	0,32	0,04	0,42	0,04	0,42	
Difuzor	sádrokarton	20,13		0,01	0,22	0,13	2,62	0,05	1,01	0,02	0,40	0,02	0,40	0,03	0,60	
Stěna balkon vlevo	dřevěný obklad	34,58	61%	0,30	10,37	0,25	8,65	0,10	3,46	0,08	2,77	0,05	1,73	0,04	1,38	
Stěna balkon vlevo	dřevovláknitá deska	22,00	39%	0,10	2,20	0,15	3,30	0,55	12,10	0,52	11,44	0,50	11,00	0,45	9,90	
Stěna balkon vpravo	dřevěný obklad	34,58	61%	0,30	10,37	0,25	8,65	0,10	3,46	0,08	2,77	0,05	1,73	0,04	1,38	
Stěna balkon vpravo	dřevovláknitá deska	22,00	39%	0,10	2,20	0,15	3,30	0,55	12,10	0,52	11,44	0,50	11,00	0,45	9,90	
Balkon podlaha	beton - olej. nátěr	47,41		0,01	0,47	0,01	0,66	0,02	0,76	0,02	0,81	0,02	0,85	0,02	0,95	
Stěna balkon vzadu	dřevěný obklad	16,37	50%	0,30	4,91	0,25	4,09	0,10	1,64	0,08	1,31	0,05	0,82	0,04	0,65	
Stěna balkon vzadu	sádrokarton	16,30	50%	0,11	1,79	0,13	2,12	0,05	0,82	0,02	0,33	0,02	0,33	0,03	0,49	
Strop	sádrokarton	101,77		0,11	11,19	0,13	13,23	0,05	5,09	0,02	2,04	0,02	2,04	0,03	3,05	
Podium podlaha	dřevo - latě	17,19		0,27	4,64	0,08	1,38	0,11	1,89	0,09	1,55	0,09	1,55	0,20	3,44	
Otvor jeviště		22,08		0,20	4,42	0,30	6,62	0,30	6,62	0,30	6,62	0,30	6,62	0,30	6,62	
Sedadla - prizemi	čalounění	66,00		0,15	9,90	0,20	13,20	0,20	13,20	0,25	16,50	0,30	19,80	0,30	19,80	
Sedadla - balkon	čalounění	13,00		0,15	1,95	0,20	2,60	0,20	2,60	0,25	3,25	0,30	3,90	0,30	3,90	
Publikum	plně obsazeno	80,00		0,41	32,80	0,48	38,40	0,54	43,20	0,57	45,60	0,56	44,80	0,53	42,40	
	Součet	796,34			138,39		144,67		135,34		146,98		178,98		205,13	
	prumerne α			0,17		0,16		0,15		0,15		0,15		0,17		
				T_s [s]		0,85		0,82		0,87		0,80		0,66		0,58

Obrázek 3-32 Tabulka úprav rozdělením ploch



Obrázek 3-33 Graf doby dozvuku po úpravě rozdělením ploch

Takto upravený sál se blíží ideálu. Ideálního tvaru by dosahoval při mírném snížení odrazivosti na frekvenci 500 Hz a zvýšením odrazivosti na frekvenci 2000 Hz.

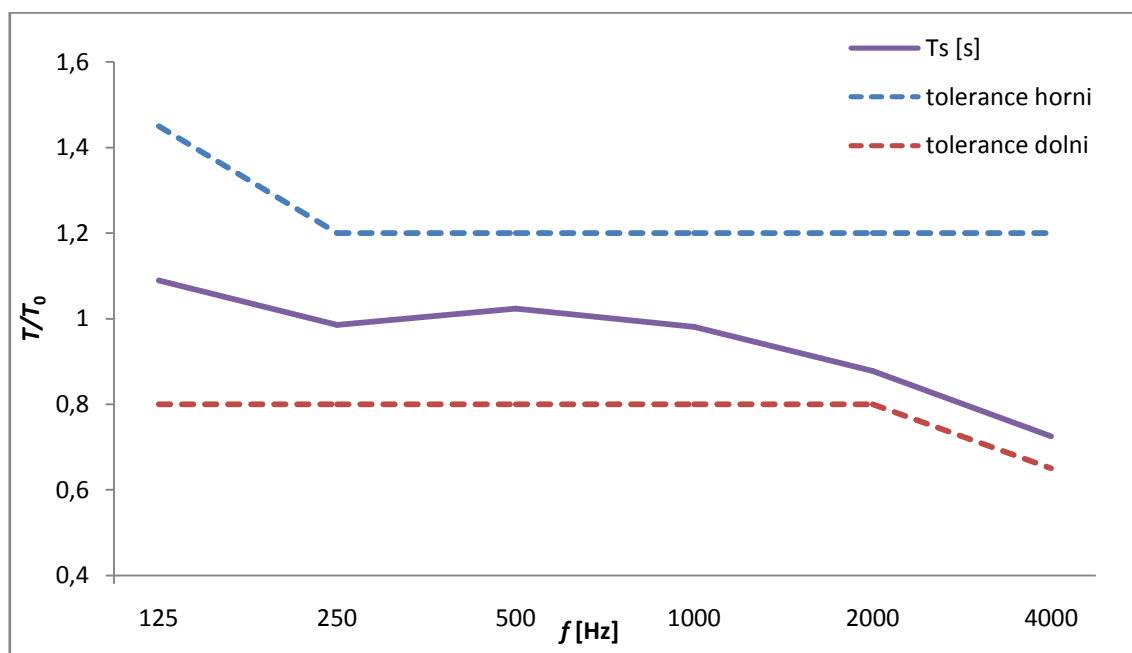
3.5.3 Návrh vyrovnané doby dozvuku

V těchto úpravách se uvažuje změna podlahové krytiny z plyšového koberec na koberec bouclé. Dále na stěnách v přízemí změna dřevotřískových desek na materiál SONIT D30.

		f [Hz]		125		250		500		1000		2000		4000	
Plocha	Materiál	S [m ²]	%	α	$\alpha \cdot S$	α	$\alpha \cdot S$	α	$\alpha \cdot S$	α	$\alpha \cdot S$	α	$\alpha \cdot S$	α	$\alpha \cdot S$
Podlaha	koberec bouclé	102,53		0,08	8,20	0,10	10,25	0,10	10,25	0,21	21,53	0,43	44,09	0,78	79,97
Stěna přízemí vpravo	dřevěný obklad	20,18	67%	0,30	6,05	0,25	5,05	0,10	2,02	0,08	1,61	0,05	1,01	0,04	0,81
Stěna přízemí vpravo	SONIT D30	10,00	33%	0,20	2,00	0,40	4,00	0,80	8,00	0,75	7,50	0,60	6,00	0,65	6,50
Stěna přízemí vlevo	dřevěný obklad	20,18	67%	0,30	6,05	0,25	5,05	0,10	2,02	0,08	1,61	0,05	1,01	0,04	0,81
Stěna přízemí vlevo	SONIT D30	10,00	33%	0,20	2,00	0,40	4,00	0,80	8,00	0,75	7,50	0,60	6,00	0,65	6,50
Strop	sádrokarton	55,32		0,11	6,09	0,13	7,19	0,05	2,77	0,02	1,11	0,02	1,11	0,03	1,66
Balkon	omítka - olej. nátěr	19,05		0,01	0,19	0,01	0,19	0,02	0,38	0,02	0,38	0,02	0,38	0,02	0,38
Stěna zadní	dřevěný obklad	16,92		0,30	5,07	0,25	4,23	0,10	1,69	0,08	1,35	0,05	0,85	0,04	0,68
Okno režie	sklo	2,05		0,30	0,61	0,20	0,41	0,15	0,31	0,10	0,20	0,06	0,12	0,04	0,08
Podium čelní strana	dřevo - latě	5,60		0,27	1,51	0,08	0,45	0,11	0,62	0,09	0,50	0,09	0,50	0,20	1,12
Podium boční stěna - vpravo	omítka - hlínka	10,55		0,02	0,21	0,02	0,21	0,02	0,21	0,03	0,32	0,04	0,42	0,04	0,42
Podium boční stěna - vpravo	omítka - hlínka	10,55		0,02	0,21	0,02	0,21	0,02	0,21	0,03	0,32	0,04	0,42	0,04	0,42
Difuzor	sádrokarton	20,13		0,01	0,22	0,13	2,62	0,05	1,01	0,02	0,40	0,02	0,40	0,03	0,60
Stěna balkon vlevo	dřevěný obklad	34,58	61%	0,30	10,37	0,25	8,65	0,10	3,46	0,08	2,77	0,05	1,73	0,04	1,38
Stěna balkon vlevo	dřevovláknitá deska	22,00	39%	0,10	2,20	0,15	3,30	0,55	12,10	0,52	11,44	0,50	11,00	0,45	9,90
Stěna balkon vpravo	dřevěný obklad	34,58	61%	0,30	10,37	0,25	8,65	0,10	3,46	0,08	2,77	0,05	1,73	0,04	1,38
Stěna balkon vpravo	dřevovláknitá deska	22,00	39%	0,10	2,20	0,15	3,30	0,55	12,10	0,52	11,44	0,50	11,00	0,45	9,90

Balkon podlaha	beton - olej. nátěr	47,41		0,01	0,47	0,01	0,66	0,02	0,76	0,02	0,81	0,02	0,85	0,02	0,95	
Stěna balkon vzadu	dřevěný obklad	16,37	50%	0,30	4,91	0,25	4,09	0,10	1,64	0,08	1,31	0,05	0,82	0,04	0,65	
Stěna balkon vzadu	sádrokarton	16,30	50%	0,11	1,79	0,13	2,12	0,05	0,82	0,02	0,33	0,02	0,33	0,03	0,49	
Strop	sádrokarton	101,77		0,11	11,19	0,13	13,23	0,05	5,09	0,02	2,04	0,02	2,04	0,03	3,05	
Podium podlaha	dřevo - latě	17,19		0,27	4,64	0,08	1,38	0,11	1,89	0,09	1,55	0,09	1,55	0,20	3,44	
Otvor jeviště		22,08		0,20	4,42	0,30	6,62	0,30	6,62	0,30	6,62	0,30	6,62	0,30	6,62	
Sedadla - prizemi	čalounění	66,00		0,15	9,90	0,20	13,20	0,20	13,20	0,25	16,50	0,30	19,80	0,30	19,80	
Sedadla - balkon	čalounění	13,00		0,15	1,95	0,20	2,60	0,20	2,60	0,25	3,25	0,30	3,90	0,30	3,90	
Publikum	plně obsazeno	80,00		0,41	32,80	0,48	38,40	0,54	43,20	0,57	45,60	0,56	44,80	0,53	42,40	
	Součet	796,34			135,66		150,05		144,41		150,76		168,48		203,83	
	prumerne α			0,18		0,19		0,20		0,19		0,19		0,21		
				T_s [s]		0,87		0,79		0,82		0,78		0,70		0,58

Obrázek 3-34 Tabulka úprav na ideální průběh doby dozvuku



Obrázek 3-35 Graf doby dozvuku po úpravě na

Tyto úpravy se nejvíce blíží ideálnímu průběhu doby dozvuku v rámci možných stavebních úprav.

3.6 Rušení a zemnění budovy

Při ozvučování může docházet k tomu, že do vedení může proniknout nežádoucí signál. Nejčastěji síťový brum (50 Hz). Takto rušený signál je reprodukován reproduktory.

Tento problém vzniká nejčastěji po připojení přístrojů které, využívají nesymetrického vedení signálu (kytarový zesilovač, klávesy apod..). Způsobují jej tzv. zemní smyčky. Zemní smyčky vznikají, když jsou přístroje uzemněné síťovou přípojkou a jejich zemnění jsou na různých potenciálech. Vytvoří se obvod, kterým může protékat elektrický proud. Vlivem různých potenciálů protékají proudy propojovacími vodiči. Tyto proudy se projeví jako brum [4].

Ochranou proti zemním smyčkám je zajištění, aby všechny síťové zásuvky měly zemnění spojené v hlavním rozvaděči. Nedojde tak k rozdílu potenciálů zemních bodů [4].

Po rekonstrukci sálu Městského divadla v Prachaticích se neprojeví žádné problémy se zemněním budovy. Oproti stavu před rekonstrukcí, kdy audio kabeláž byla provedena nesymetricky, je veškerá kabeláž nová a provedena symetricky. Nedochozí tak k indukčním nežádoucího rušení na vedení. Odpadlo také rušení od vysokoúrovňového signálu od osvětlovacího řetězce. Veškeré osvětlovací vodiče jsou vedeny v trubkách a separátně od vedení audio signálů tak, aby nedocházelo k indukčním nežádoucího signálu.

Často se v provozu stává, že účinkující využívají nástrojů, pracují na nesymetrickém vedení. Z tohoto důvodu může docházet ke vzniku šumu a brumu. V tomto případě se využívá takzvaných Direct Boxů (DI-box, DI unit).

DI-box je zařízení, které impedančně přizpůsobuje signál nesymetrický z výstupů zařízení (typicky 50 k Ω) a převádí jej na symetrický nízkoimpedanční signál (100 - 200 Ω) vhodný pro připojení k mixážnímu pultu [17].

Existují dvě varianty :

- Pasivní DI-boxy

Pasivní DI-boxy jsou levnější variantou, ale jejich funkce závisí na připojených impedancích [18].

- Aktivní DI-boxy

Aktivní DI-boxy pracují na vstupu s velmi vysokou impedancí, což omezuje vliv rušení signálu. Tyto zařízení vyžadují napájení a to buď phantomovým napájením z mixážního pultu, nebo obsahují baterie [18].

V současné době kromě zařízení v předchozích kapitolách jsou další zařízení pronajímány externí firmou. Z tohoto důvodu bych alespoň co se týče DI-boxů doporučil koupit 3-4 DI-boxů v případě, že se při koncertech používá více zařízení, které využívají nesymetrického výstupu. Například dvoje klávesy, elektrická kytara a bassová kytara.

Jako vhodnější variantu bych volil DI boxy od firmy ART ProAudio, které jsou všeobecně dobře hodnocené v komunitě zvukařů. Konkrétně bych volil modely Xdirect a DUAL Xdirect. Tato varianta je cenově vyšší. Pořizovací cena se pohybuje v rozmezí 2000 - 3000 Kč.

Model Xdirect je aktivní jednobaný DI-box vhodný pro snímání kytarových zesilovačů. Model DUAL Xdirect se od prvního typu liší pouze zdvojením zařízení a je tedy vhodný pro stereo snímání kláves.



Obrázek 3-36 DI-boxy Xdirect a DUAL Xdirect

Levnější variantou jsou DI-boxy značky Behringer. DI100 obsahuje pouze jeden kanál a je vhodný pro propojení elektrické a basové kytary. DI20 je dvoukanálový a je vhodný pro stereo propojení kláves, tedy levý a pravý kanál do oddělených kanálů. U DI100 by to vyžadovalo dva DI-boxy.



Obrázek 3-37 DI-boxy ULTRA-DI DI20 a DI100

Pořizovací cena těchto DI-boxů se pohybuje v rozmezí 400 - 600 Kč.

3.7 Návrh vylepšení technického zařízení a úprav

3.7.1 Mikrofony

Divadlo v současné době disponuje pouze bezdrátovými konferenčními mikrofony. Z tohoto důvodu bych doporučil dovybavit sál sadou drátových mikrofonů.

- 4x dynamický mikrofon (zpěvový)

Jako vhodný zpěvový mikrofon by mohl být použit Shure SM58 nebo Sennheiser e840.

- 3x dynamický mikrofon (nástrojový)

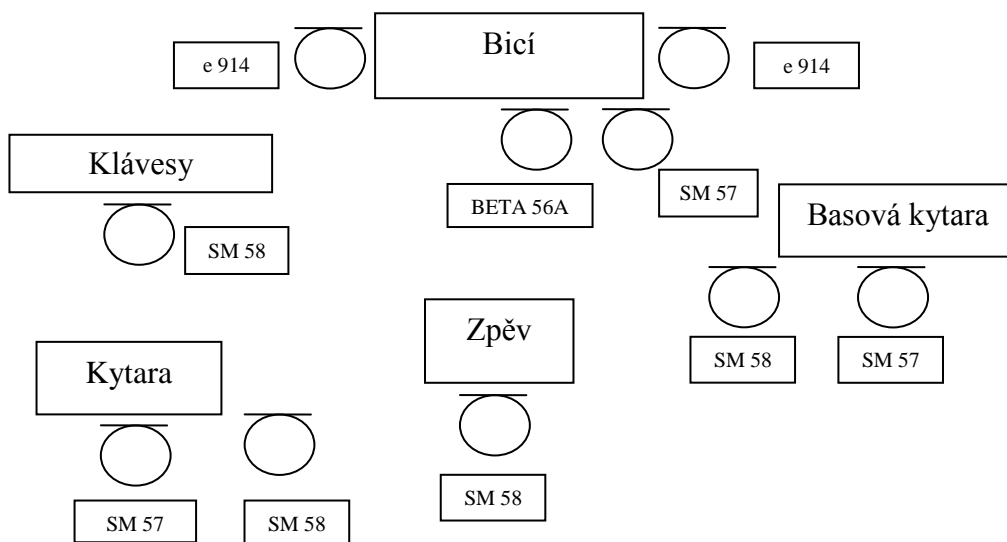
Pro využití při snímání kytarového zesilovače pomocí mikrofonu a k snímání snare bubnu. Vhodným typem je Shure SM57

- 4x kondenzátorový mikrofon (nástrojový)

Pro využití k snímání over head a dvou nástrojů popřípadě sborového zpěvu. Vhodnou variantou je Sennheiser e 914.

- 1x dynamický mikrofon (pro basový buben)

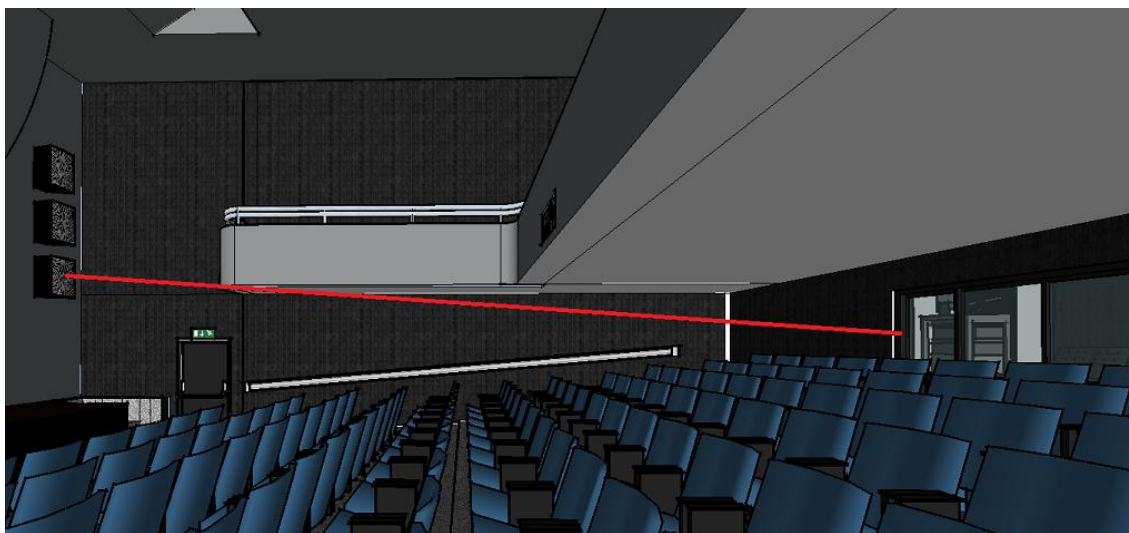
Pro snímání basového bubnu je vhodný mikrofon Shure BETA 56A nebo PG 52.



Obrázek 3-38 Typické rozmístění mikrofonů

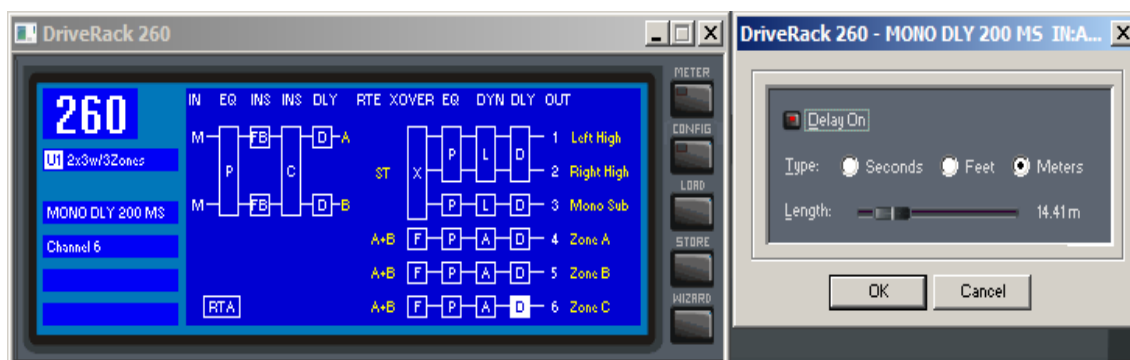
3.7.2 Úprava na monitorových reproduktorech v režii

Při řízení představení z režie je zvuk přicházející z hlediště značně utlumen jak vzdáleností, tak diváky a znesnadňuje zvukaři, popřípadě režisérovi představení, poslech přímého zvuku z podia. Z tohoto důvodu jsou v režii umístěny odposlechové reproduktory. Tyto reproduktory by měly být oproti přímému zvuku z reproduktorových soustav zpožděny.



Obrázek 3-39 Odposlechové monitory - vzdálenost (označena červeně)

Tato vzdálenost je zhruba 14 m. Změnou nastavení zařízení dbx 260 lze tuto prodlevu odstranit.



Obrázek 3-40 Odposlechové monitory - nastavení prodlevy

3.7.3 Stojany

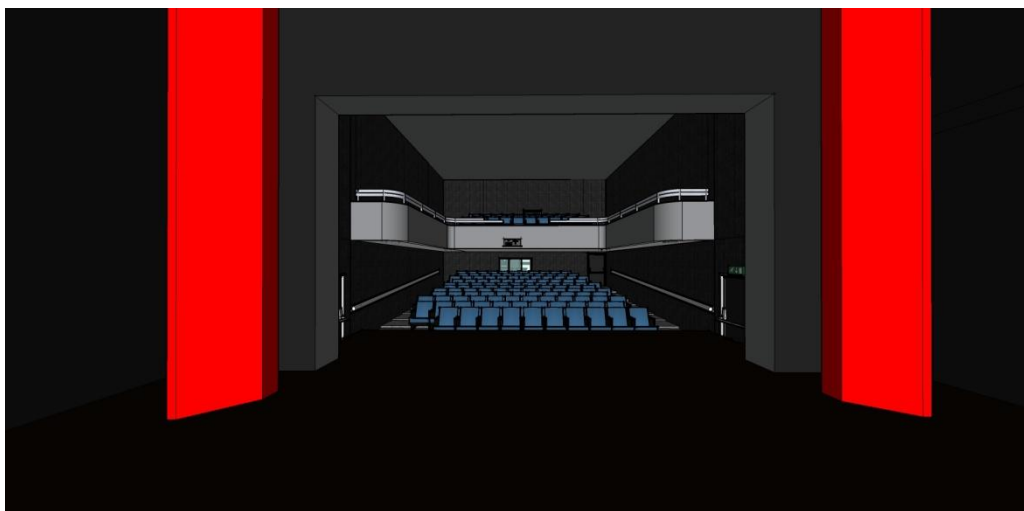
Drátové mikrofony většinou vyžadují umístění v držáku na stojanu. Pro doplnění navrhovaných mikrofonů bych zvolil stojany značky Proel, které jsou vhodné jak designově, tak účelově. Tyto stojany mají velmi dobrou mechanickou stabilitu.



Obrázek 3-41 Stojan Proel PSE3

3.7.4 Rezonance plechové konstrukce

Při vyšším vybuzení basových reproduktorů dochází ke slyšitelným vibracím plechové konstrukce. Tyto plochy by bylo vhodné ztlumit umístěním akustického pružného materiálu mezi plech a konstrukci popřípadě na vnější plochu konstrukce. Tento materiál by mohl být minerální vata nebo jiný materiál pohlcující vibrace.



Obrázek 3-42 Plechové konstrukce s problémy s vibracemi (označeny červeně)

3.7.5 Equalizéry pro odposlechové cesty

Pro monitorové cesty na podium bych navrhnul koupi nezávislých equalizérů a zařízení pro potlačení zpětné vazby. Pro tyto účely je vhodné zařízení dbx iEQ31, které obsahuje jak equalizér, tak AFS (advanced feedback suppression). V divadle se využívá čtyř odposlechových cest. Toto zařízení je dualní, takže pracuje se dvěma cestami. Pro pokrytí by stačily dvě tyto zařízení.



3-43 Equalizér a AFS dbx iEQ31

3.7.6 Efektový procesor

V sále je umístěný procesor Lexicon MX200, který považován za standard mezi těmito zařízeními, bohužel se u něho může objevit problém se zkreslením při zpracování DSP procesorem. Z tohoto důvodu bych navrhnul pořízení procesoru MX400, který je na vyšší úrovni a nemělo by se objevovat zkreslení po digitální zpracování.



3-44 Efektový procesor Lexicon MX400

3.8 3D model sálu

3D model jsem vytvořil pro lepší představu popisovaných prostor, vybavení v sále a použitých materiálů v sále Městského divadla v Prachaticích.

3.8.1 Google SketchUp 6

Google SketchUP 6 je freeware 3D modelovací nástroj vhodný pro modelování budov a strojních součástí. Tento software je vyvíjen společností Google Inc. a je česky lokalizován [12].

Tento nástroj jsem si vybral pro jeho jednoduchost oproti jiným CAD softwarům, například SolidWorks nebo Autodesk Inventor. Pochopení základních principů návrhu modelu a nástrojů, které tento software nabízí, je v řádu několika hodin popřípadě shlédnutí nabízených instruktážních videí, která jsou zařazena v nápovědě programu v anglickém jazyce. Dalšími zdroji pro pochopení mohou být i videa uživatelů a jejich řešení konkrétních problémů při vytváření modelů.

Aplikace SketchUp 6 obsahuje galerii volně dostupných modelů, které (pokud je uživatelé nahrají) jsou využitelné v modelech ostatních uživatelů. Využití této galerie je podmíněno vytvořením účtu u společnosti Google. Při modelování sálu jsem tuto galerii využíval pro orientační podobu a rozmístění přístrojů v režii sálu, nábytku a dveří. Omezenost galerie 3D modelů která, ač je velmi obsáhlá, neobsahuje modely všech přístrojů a zařízení. Z tohoto důvodu pouze zastupují skutečná zařízení v současné době instalovaná v režii.

Nevýhodou tohoto software je ten fakt, že neukládá modely v některém obecném souborovém formátu, ale využívá vlastní formát *.skp. Pokud tedy chceme například předvést svůj model, nabízí SketchUP další aplikaci, ve které lze 3D model pouze prohlížet, a to Google SketchUP Viewer. Tento prohlížeč nabízí více možností zobrazení, například drátový model, průhledné zobrazení apod.

4 Závěr

Tato bakalářská práce shrnuje základní zařízení používané při ozvučování kulturních akcí, akustické parametry a základní principy stavební akustiky. Konkrétněji popisuje rozložení ovládacích prvků mixážního pultu a konstrukce běžně využívaných mikrofonů a reproduktorů. Je v ní shrnuto současné technické vybavení sálu. Na konkrétním sále Městského divadla v Prachaticích jsou provedeny orientační výpočty doby dozvuku a navrženy úpravy, kterými lze docílit vylepšení průběhu doby dozvuku. Tyto úpravy jsou ve třech variantách. První varianta uvažuje úpravy celistvých ploch. Uvažování této úpravy závisí na výpočtech popřípadě měřeních a simulacích akustických parametrů zkoumaných prostorů. Tato varianta je také nejméně problematická z hlediska stavebních úprav. Druhou variantou jsou úpravy rozdělením celistvých ploch s určitou akustickou pohltivostí na menší segmenty s různou pohltivostí. Oproti první variantě je náročnější na stavební úpravy a design. Třetí úprava se snaží na základě kombinací úprav dosáhnout ideálního průběhu doby dozvuku. Stavebně a designově je tato varianta nejnáročnější. Další část se věnuje vylepšení technického vybavení, dovybavení a odstranění problémů akustických či elektroakustických. V rámci práce vznikl 3D model zkoumaného sálu pomocí softwaru Google SketchUP. Tento model byl navrhnout za pomoci stavebních výkresů divadla po rekonstrukci, a vyžadoval pochopení většiny základních ovládacích prvků a principů kreslení v tomto softwaru. Veškeré složitější modely jako nábytek, dveře a elektronická zařízení využívají galerii 3D modelů. Software umožňuje provést virtuální prohlídku, což lze využít při prezentaci tohoto sálu. Tato prohlídka se dá pomocí vhodného software pro snímání obrazovky PC převést do nějakého video formátu. V přílohách jsou uvedeny 2D exportované obrázky z tohoto modelu.

5 Seznam použité literatury

- [1] SCHAUER, Pavel. Akustika: učební texty pro magisterské, bakalářské, distanční a doktorské studium. Brno: CERM, 2002, 57 s. ISBN 80-214-2069-3.
- [2] SMETANA, Ctirad. Praktická elektroakustika. 1. vyd. Praha: SNTL, 1981, 692 s.
- [3] JULINA, Jiří. Akustické vlastnosti vybraných stavebních materiálů.. Zlín, 2008. bakalářská práce (Bc.). Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Fakulta technologická
- [4] VLACHÝ, Václav. Praxe zvukové techniky. 2., aktualiz. vyd. Praha: Muzikus, 2000, 257 s. ISBN 80-862-5305-8.
- [5] BEZDĚK, Miloslav. Elektronika: [učebnice]. 1. vyd.. České Budějovice: Kopp, 2004, 271 s. ISBN 80-723-2212-5.
- [6] ALLEN&HEATH. PA20: User guide [online]. 2005, 36 s. Dostupné z: <http://www.allen-heath.com/uk/Products/pages/ProductDetails.aspx?filename=DocumentMaster/uk/1048.pdf>
- [7] HÁJEK, Karel. Kmitočtové filtry. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2002, 535 s. ISBN 80-730-0023-7.
- [8] TOMAN, Kamil. Reproduktory a reprosoustavy II. 1. vyd. [Česko: s.n.], c2010, 326 s. ISBN 978-80-254-9510-0.
- [9] Muzislovník: Digitální mixážní pult. [online]. 2011[cit. 2012-03-30]. Dostupné z: <http://www.muzikus.cz/pro-muzikanty-serialy/Muzislovník-digitalni-mixazni-pult~31~kveten~2011/>
- [10] ČSN 73 0527. Projektování v oboru prostorové akustiky: Prostory pro kulturní účely - Prostory ve školách - Prostory pro veřejné účely. 2005. vyd. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [11] Symetrické vedení signálu. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2012-04-10]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/w/index.php?title=Symetrick%C3%A9_veden%C3%AD_sign%C3%A1lu&oldid=8085207
- [12] SketchUp: Google. GOOGLE INC. Google SketchUp [online]. [cit. 2012-04-02]. Dostupné z: <http://sketchup.google.com/>

[13] Console automation. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2012-04-06]. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Console_automation

[14] Variable-gain_amplifier. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2012-04-06]. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/Variable-gain_amplifier

[15] SONIT D30: Akustický stěnový materiál [online]. [cit. 2012-04-10]. Dostupné z: <http://soning.cz/files/bf076180.pdf>

[16] AHNERT FEISTEL MEDIA GROUP. EASE: Enhanced Acoustic Simulator for Engineers [online]. [cit. 2012-04-10]. Dostupné z: <http://ease.afmg.eu/>

[17] DI unit. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2012-04-11]. Dostupné z: http://en.wikipedia.org/wiki/DI_unit

[18] ULTRA-DI DI100: User manual. In: [online]. [cit. 2012-04-11]. Dostupné z: http://www.behringer.com/assets/DI100_P0062_M_EN.pdf

6 Seznam obrázků

<i>Obrázek 1-1 Graf závislosti optimální doby dozvuku T_0 na objemu zkoumaných prostor. [10]</i>	11
<i>Obrázek 1-2 Tabulka akustických pohltivostí stavebních materiálů [3]</i>	12
<i>Obrázek 1-3 Příklad akustického materiálu</i>	14
<i>Obrázek 2-1 Schéma obecného ozvučovacího řetězce</i>	15
<i>Obrázek 2-2 Obrázek XLR konektorů male a female (samec a samice).</i>	16
<i>Obrázek 2-3 Průběh signálů hot a cold nezatížených rušením [11]</i>	16
<i>Obrázek 2-4 Průběh signálů hot a cold zatížených rušením [11]</i>	17
<i>Obrázek 2-5 Průběh signálů hot a invertovaného cold [11]</i>	17
<i>Obrázek 2-6 Součet signálů hot a cold [11]</i>	17
<i>Obrázek 2-7 Redukce z XLR konektoru na JACK 6,3mm</i>	18
<i>Obrázek 2-8 Rozdíl mezi TRS a TS.</i>	18
<i>Obrázek 2-9 RCA konektory</i>	18
<i>Obrázek 2-10 Vedení zakončené RCA konektory [6]</i>	19
<i>Obrázek 2-11 Vedení zakončené TRS a TR jack konektory (symetrické a nesymetrické) [6]</i>	19
<i>Obrázek 2-12 Vedení zakončené XLR konektory a kombinace XLR a TRS jack konektory (symetrické) [6]</i>	19
<i>Obrázek 2-13 Vedení zakončené kombinacemi XLR a TR konektory (nesymetrické) [6]</i>	19
<i>Obrázek 2-14 Male a female speakON konektory značky Neutrik</i>	20
<i>Obrázek 2-15 Blokové schéma cesty signálu mono kanálu mixážního pultu PA20 [6]</i>	23
<i>Obrázek 2-16 Kulová charakteristika mikrofonu Sennhaiser MKH 20-P48</i>	27
<i>Obrázek 2-17 Kardioidní charakteristika mikrofonu Shure SM58</i>	27
<i>Obrázek 2-18 Frekvenční charakteristika dynamického mikrofonu Shure SM58</i>	28
<i>Obrázek 2-19 Frekvenční charakteristika kondenzátorového mikrofonu Shure SM86</i>	28
<i>Obrázek 2-20 Konstrukce dynamického mikrofonu [4]</i>	28
<i>Obrázek 2-21 Vložka mikrofonu Shure SM58</i>	29
<i>Obrázek 2-22 Celé tělo mikronu SM58</i>	29

Obrázek 2-23 Mikrofon Shure SM57.....	30
Obrázek 2-24 Konstrukce kondenzátorového mikrofonu [4]	30
Obrázek 2-25 Mikrofon AKG C1000S	31
Obrázek 2-26 Mikrofon Shure SM81.....	31
Obrázek 2-27 Konstrukce reproduktoru.....	32
Obrázek 2-28 Frekvenční charakteristika reproduktoru TTL33 WP od firmy RCF	33
Obrázek 2-29 Reproduktorová soustava JBL JRX125	34
Obrázek 2-30 Reproduktorová soustava s pasivními výhybkami - převzato a upraveno z [5].....	35
Obrázek 2-32 Blokové schéma zapojení třípásmové výhybky [7]	36
Obrázek 2-31 Reproduktorová soustava s aktivními výhybkami - převzato a upraveno z [5]	36
Obrázek 2-33 Tabulka pasivních elektroakustických výhybek a návrhové vzorce [7]	37
Obrázek 3-1 Budova Městského divadla v Prachaticích	38
Obrázek 3-2 Tabulka počtů odehraných představení a návštěvnosti	38
Obrázek 3-3 Graf odehraných představení v období 2008 - 2011	39
Obrázek 3-4 Graf počtů návštěvníků v období 2008 - 2011	39
Obrázek 3-5 Blokové schéma ozvučovacího řetězce sálu.....	40
Obrázek 3-6 Mixážní pult Soundcraft GB2	41
Obrázek 3-7 Koncový zesilovač Crown XTi 4000	42
Obrázek 3-8 Efektivní procesor Lexicon MX 200	42
Obrázek 3-9 CD přehrávač Img Stage Line CD 164 DJ.....	43
Obrázek 3-10 MP3 přehrávač Img Stage Line CD 194 DJ.....	43
Obrázek 3-11 Minidisc přehrávač Sony MDS JB 930	43
Obrázek 3-12 Minidisc přehrávač Sony MDS JE 640	43
Obrázek 3-13 Multifunkční procesor dbx Driverack 260	44
Obrázek 3-14 Řízení equalizéru pomocí software	44
Obrázek 3-15 Řízení výhybek pomocí software	44
Obrázek 3-16 Automatické potlačení zpětné vazby.....	45
Obrázek 3-17 Zobrazení výstupního signálu závislého na frekvenci	45
Obrázek 3-18 modul interkomu axxent MS-100	46
Obrázek 3-19 modul přenosné stanice axxent BP 100.....	46
Obrázek 3-20 Princip 100V rozvodu [8].....	46
Obrázek 3-21 100V ústředna Monacor PA 1240.....	47
Obrázek 3-22 Zjednodušený půdorys prostor s umístěním 100V reproduktorů.....	47
Obrázek 3-23 Graf závislosti optimální doby dozvuku na objemu sálu. [10]	49
Obrázek 3-24 Graf přípustného rozmezí poměru dob dozvuku T/T_0 [10]	49
Obrázek 3-25 Tabulka výpočtu doby dozvuku	50
Obrázek 3-26 Graf vypočteného poměru dob dozvuku T/T_0	50
Obrázek 3-27 Tabulka výpočtu doby dozvuku po úpravě materiálem Soning D30.....	52
Obrázek 3-28 Akustický stěnový obklad SONIT D30 [15]	52
Obrázek 3-29 Závislost činitele pohltivosti materiálu SONIT D30 [15].....	52
Obrázek 3-30 Zobrazení plochy vhodné pro akustickou úpravu (označena červeně)	53
Obrázek 3-31 Graf vypočteného poměru dob dozvuku T/T_0 po úpravě materiálem SONIT D30.....	53
Obrázek 3-32 Tabulka úprav rozdělením ploch.....	54
Obrázek 3-33 Graf doby dozvuku po úpravě rozdělením ploch	55
Obrázek 3-34 Tabulka úprav na ideální průběh doby dozvuku	56
Obrázek 3-35 Graf doby dozvuku po úpravě na.....	56
Obrázek 3-36 DI-boxy Xdirect a DUAL Xdirect	58
Obrázek 3-37 DI-boxy ULTRA-DI DI20 a DI100.....	58
Obrázek 3-38 Typické rozmístění mikrofonů.....	59
Obrázek 3-39 Odposlechové monitory - vzdálenost (označena červeně).....	60
Obrázek 3-40 Odposlechové monitory - nastavení prodlevy	60
Obrázek 3-41 Stojan Proel PSE3.....	61
Obrázek 3-42 Plechové konstrukce s problémy s vibracemi (označeny červeně).....	61
3-43 Equalizér a AFS dbx iEQ31	62
3-44 Efektivní procesor Lexicon MX400	62

7 Přílohy

Příloha č.1 2D grafika sálu

Příloha č.2 CD

- 3D model sálu ve formátu *.skp
- instalační soubor freeware prohlížeče 3D modelů Google SketchUP Viewer
- Fotografické materiály sálu divadla v Prachaticích



