

**JANÁČKOVA AKADEMIE MÚZICKÝCH UMĚNÍ  
V BRNĚ**

**Divadelní fakulta  
Ateliér divadelního manažerství a jevištní  
technologie  
Studijní obor jevištní technologie**

**Reproduktory a jejich soustavy**

**Bakalářská práce**

**Autor práce: Lukáš Nábělek**

**Vedoucí práce: BcA. Jan Škubal**

**Oponent práce: Mgr. Radomír Kos**

**Brno 2013**

## **Bibliografický záznam**

NÁBĚLEK, Lukáš. Reproduktory a jejich soustavy (Speakers and sound systems) .Brno: Janáčkova akademie múzických umění v Brně, Divadelní fakulta, Ateliér divadelního manažerství a jevištní technologie, 2013. 71 s., 0 příloh. Vedoucí bakalářské práce BcA. Jan Škubal.

## **Anotace**

Bakalářská práce se zabývá reproduktory a jejich soustavami. Zkoumá rozdíly mezi jednotlivými reproduktorovými soustavami, jednotlivé typy reproduktorových soustav a možnostmi správné volby reproduktorové soustavy pro některé prostory. Zároveň zkoumá jednotlivé firmy zabývající se vývojem a výrobou jednotlivých reproduktorových soustav.

## **Annotation**

This bachelor thesis is concerned with speakers and sound systems. It explores the differences between different sound systems, different types of soundsystems and the choices of sound systems suitable for certain environments. It also explores different companies developing and manufacturing sound systems.

## **Klíčová slova**

Reproduktor

Reproduktorová soustava

Zvuk

Line Array

Reproduktorová membrána

Výhybka

Frekvenční rozsah

## **Keywords**

Loudspeaker

Sound System

Sound

Line Array

Speaker membrane

Switch

Frequency range

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem předkládanou práci zpracoval samostatně a použil jen uvedené prameny a literaturu.

V Brně, dne 21.5.2013

Lukáš Nábělek

## **Poděkování**

Na tomto místě bych rád poděkoval všem svým přátelům a celé své rodině za jejich podnětné rady a připomínky při zpracování této bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat mému konzultantovi BcA. Janu Vrbkovi za cenné připomínky a v neposlední řadě mému vedoucímu práce BcA. Janu Škubalovi za jeho trpělivost, podnětné rady, připomínky a za čas, který mi věnoval.

# Obsah

Úvod.....	4
1 Základní pojmy.....	5
1.1 Frekvence zvukových vln.....	5
1.2 Rychlost zvuku.....	5
1.3 Intenzita a vnímání zvuku.....	6
1.4 Interference.....	6
1.5 Stojaté vlnění.....	7
1.6 Homogenní pole.....	8
1.7 Rezonance.....	8
2 Typy reproduktorů.....	9
2.1 Dělení reproduktorů dle způsobu vyzařování.....	9
2.2 Konstrukce reproduktorů.....	9
2.2.1 Elektrodynamické reproduktory.....	10
2.2.2 Elektromagnetické reproduktory.....	11
2.2.3 Piezoelektrické reproduktory.....	12
2.3 Dělení reproduktorů podle frekvenčního rozsahu....	13
2.3.1 Širokopásmové reproduktory.....	14
2.3.2 Vysokotónové reproduktory.....	15
2.3.3 Středotónové reproduktory.....	16
2.3.4 Hlubokotónové reproduktory.....	17
3 Složení elektrodynamického reproduktoru a jeho součásti.....	18
3.1 Reproduktorová membrána.....	19
3.1.1 Materiály pro výrobu reproduktorových membrán .....	19
3.2 Horní závěs membrány.....	20
3.3 Koš reproduktoru.....	20
3.4 Magnetický obvod a kmitací cívka.....	21
4 Reproduktorové soustavy.....	23
4.1 Konektory pro zapojení reproduktorových soustav.....	24

4.1.1 Konektor XLR.....	24
4.1.2 Konektor Jack .....	25
4.1.3 Konektor Speakon.....	25
4.2 Výhybky.....	26
4.3 Aktivní reproduktorová soustava.....	30
4.4 Pasivní reproduktorová soustava.....	31
4.5 Jednobodové zdroje zvuku.....	31
4.5.1 Hlavní představitelé jednobodového zdroje zvuku .....	32
4.6 Vícebodové zdroje zvuku („line array“).....	34
4.6.1 Historie.....	34
4.6.2 Teorie.....	35
4.6.3 Hlavní představitelé systému „line array“.....	36
4.6.4 Software pro „line array“ .....	38
4.7 Odposlechové reproduktorové soustavy.....	38
4.8 Odposlechové reproduktorové soustavy typu „line array“ .....	41
4.8.1 Odposlechový systém „In-Ear“.....	43
4.9 Reproduktorové soustavy pro nahrávací studia.....	43
4.9.1 Umístění studiových reproduktorových soustav .....	45
4.10 Systém Pandora.....	47
5 Specifikace pro výběr reproduktorových soustav .....	49
5.1 Divadlo.....	49
5.1.1 Kukátkové divadlo .....	49
5.1.2 Divadlo s variabilním řešením prostoru.....	52
5.2 Kulturní a hudební kluby.....	53
5.2.1 Příklady vybavení pro optimální zvukové zabezpečení .....	54
5.3 „Open air“ koncerty a velké haly .....	55
5.4 Nahrávací studio.....	56
Závěr.....	60

Seznam použitých zdrojů.....	62
------------------------------	----



## Úvod

Vnímat zvuk se naučilo lidstvo již na svém samotném začátku. Dlouhá léta však vědci přemýšleli, jak zvukové informace šířit i na dálku a následně je reprodukovat. To je však záležitost poměrně mladá, ale i za tu krátkou dobu ušlo lidstvo ve zvukové technologii pořádný kus cesty. Na začátku byl Alexander Graham Bell, který roku 1876 vynalezl první reproduktor pro zesílení svého telefonu. O rok později jej Ernst Siemens vylepšil. Poté se vývoj reproduktorů a reproduktorových soustav ubíral kupředu takovou rychlostí, že jen málokdo stíhal sledovat veškeré novinky a patenty.

Velká část vývoje byla věnována potřebám profesionálního ozvučení, které je dnes již nedílnou součástí divadel, živých koncertů a veškerých kulturních akcí. Právě o vývoji, popisu a využití profesionálních reproduktorů a jejich soustav pojednává tato bakalářská práce, která si klade za cíl přiblížit a objasnit rozdíly mezi jednotlivými reproduktory, jejich soustavami a celkovými zvukovými systémy.

Podobné problematice se také věnují publikace *Reproduktory a reposoustavy* od Kamila Tomana nebo *Live sound mixing*, kterou napsal Duncan Fry.

Moderní technologie se však závratnou rychlostí stále vyvíjí a především v systémech „line array“ je budoucnost vývoje profesionálních zvukových aparatur.

# 1 Základní pojmy

Zvuk vzniká rozkmitáním částic látkového prostředí a šíří se tímto prostředím tak, že si tyto kmitající částice energii předávají. Rozkmitání částic látkového prostředí můžeme vyvolat například pomocí struny, lidského hlasu nebo tlesknutím. V případě, že zvuková vlna dopadne na bubínek (membránu) sluchového ústrojí, výsledně v něm dochází k podráždění nervů, které mozek vyhodnotí jako zvuk.

## 1.1 Frekvence zvukových vln

Frekvence se udává v jednotkách Hertz (Hz). Je to počet kmitů za sekundu. Lidské ucho je schopno rozpoznat zvuky v rozsahu 16 Hz – 20 kHz. Nižší nebo vyšší frekvence lze také považovat za zvuk. Nižší je infrazvuk, ten jsou schopni zachytit například sloni, velryby nebo hroši. Pokud je frekvence zvuku vyšší než 20 kHz, jde o ultrazvuk. Ten jsou schopni vyhodnotit například delfíni nebo netopýři. Ve vztahu k reproduktorům jsou nejdůležitější frekvence slyšitelné lidským uchem. Tedy 16 Hz až 20 kHz. Pomocí frekvence lze také určit výšku tónu. Čím je frekvence vyšší, tím je vyšší i tón. Slyšitelné frekvenční pásmo je velice individuální. S rozmezím 16 Hz – 20 kHz se počítá u dítěte a každých 10 let lidského věku se horní hranice slyšitelného pásma snižuje přibližně o 1 kHz. Lidský sluch není stejně citlivý na všechny frekvence, nejcitlivější je v pásmu od 1 do 4 kHz.

## 1.2 Rychlost zvuku

Jde o rychlost šíření zvukových vln v látkovém prostředí. Rychlost zvuku není konstantní. Závisí

na teplotě prostředí, kterým se šíří a vlhkosti. Čím větší má prostředí hustotu, tím rychleji se v něm zvuk šíří. Například ve sladké vodě o teplotě 25 °C je rychlost zvuku cca 1500 m/s a ve vzduchu o stejné teplotě je to pouze cca 340 m/s. Uvedená hodnota platí výhradně v nulové nadmořské výšce. S rostoucí nadmořskou výškou je menší hustota vzduchu, proto se i rychlost zvuku se zpomaluje.

### **1.3 Intenzita a vnímání zvuku**

Obecně a v běžném prostředí se dá říct, že intenzita zvuku o vyšších kmitočtech je menší, než intenzita zvuku nízkých kmitočtů. Intenzita zvuku klesá se čtvercem vzdálenosti. Čím je zvuk vzdálenější, tím méně obsahuje vyšších kmitočtů, které jsou cestou utlumeny.

Lidský mozek dokáže vyhodnotit najednou dva zvukové kanály (levé a pravé ucho) a může tak určit, odkud zvuk přichází a jak je asi daleko. Zvukovou vlnu, která se dostane dříve do levého ucha než do pravého ucha, mozek vyhodnotí tak, že zdroj zvuku se nachází na levé straně. Čím později se zvuk dostane i k pravému uchu, tím je zdroj zvuku více vlevo. Zároveň se do pravého ucha dostane zvuk mírně utlumený. Útlum je dán tím, že vyšší frekvence se „neohýbají“ (projeví se „stín“ hlavy). Zvukové vlnění dopadá pod jiným úhlem z větší vzdálenosti a působí tak menší intenzitou.

### **1.4 Interference**

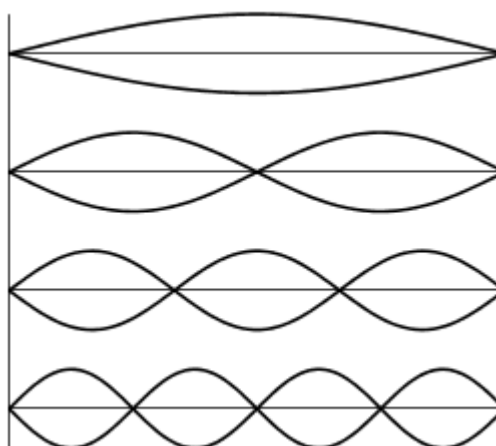
„Jestliže postupují pružným prostředím dvě nebo více mechanických vln, dochází pak (pokud se setkají) k jejich

skládání neboli interferenci. Kmitání bodu v uvažovaném místě je určeno superpozicí okamžitých výchylek jednotlivých vlnění. Pokud se vlny setkávají s opačnou fází, vzniká interferenční minimum a při stejné amplitudě se obě vlny ruší. Pokud se vlny setkávají se stejnou fází, tak vzniká interferenční maximum “(Tarábek Pavol, 2004, str. 98)

## 1.5 Stojaté vlnění

„Stojaté vlnění (neboli chvění) vzniká interferencí vlnění o stejné amplitudě a frekvenci, která postupují proti sobě“ (Tarábek Pavol, 2004, str. 99)

Stojaté vlnění lze demonstrovat na struně. Rozvibrováním struny (brnknutím nebo smyčcem) postupuje vlna až na konec, kde se odrazí, změní svou fází a odražená vlna se sloučí s původní vlnou. Dochází tak k efektu, že struna má největší výchylku kmitání uprostřed, zatím co se výchylka kmitání směrem k okrajům zmenšuje. Místa, kde je největší výchylka, se nazývají kmitny, naopak místům kde je výchylka nejmenší se říká uzly.



*Ilustrace 1: Stojaté vlnění*

*Zdroj: [www.techmania.cz](http://www.techmania.cz)*

Podobná situace nastává i u zvukového vlnění. Pokud dojde v místnosti ke stojatému vlnění, projeví se to v ní různou hlasitostí. Nerovnost se projeví tím více, čím větší je odrazivost okolních odrazných ploch. Proto je důležité zatlumení místnosti.

## **1.6 Homogenní pole**

„Při pohledu na obecný akustický prostor se někdy hovoří o tzv. homogenním poli. Je to zvukové pole, kde je zvuková energie rozložena víceméně rovnoměrně směsicí přímých a odražených zvukových vln. Je dále definován tzv. kritický Schroedorův kmitočet, nad kterým již je pole homogenní a nad kterým doznívání probíhá částečně podle exponenciály. Říkáme, že se prostor chová regulérně.“(Thoman Kamil, 2010, str. 13)

## **1.7 Rezonance**

„Rezonance předmětů nastává, jestliže je jejich vlastní frekvence totožná s frekvencí dopadajícího zvuku. Pokud vlivem zvuku vznikne v pevném předmětu stojaté vlnění a intenzita zvuku je dostatečná, předmět se může rozpadnout“ (Tarábek Pavol, 2004, str. 102)

## **2 Typy reproduktorů**

Hlavním cílem reproduktorů je přenést zvuk k posluchači co nejdříve. Aby se docílilo co nejlepších výsledků, je potřeba dobře zvolit konečný reproduktor a jejich kombinaci. Reprodukty lze dělit podle několika kritérií. Podle konstrukce reproduktoru, kmitočtového rozsahu nebo způsobu vyzařování.

### **2.1 Dělení reproduktorů dle způsobu vyzařování**

„Přímovyzařující – kmitající membrána je bezprostředně navázána na prostředí, do kterého se akustická energie vyzařuje. Obvyklá účinnost nepřevyšuje několik málo procent.“ (Reproduktor, 2013, ¶ 2)

„Nepřímovyzařující (tlakové) – mezi prostředím, do kterého se akustická energie vyzařuje, a mezi membránou, je vložen zvukovod a popřípadě další pomocné akustické obvody. Toto uspořádání obvykle zvyšuje účinnost, umožňuje dosahovat vysokých vyzářených výkonů, tvarovat směrový diagram apod.“ (Reproduktor, 2013, ¶ 3)

### **2.2 Konstrukce reproduktorů**

„Reprodukty jsou elektro-akustické měniče, tj. zařízení (elektrické stroje), které přeměňují elektrickou energii na mechanickou energii ve formě zvuku. Obvykle se skládají z membrány, z pohonné části, do které je

přiváděn vstupní signál a dalších dílů. Zvláštním případem malých reproduktorů jsou sluchátka.“(Reproduktor, 2013, ¶ 1)

### **2.2.1 Elektrodynamické reproduktory**

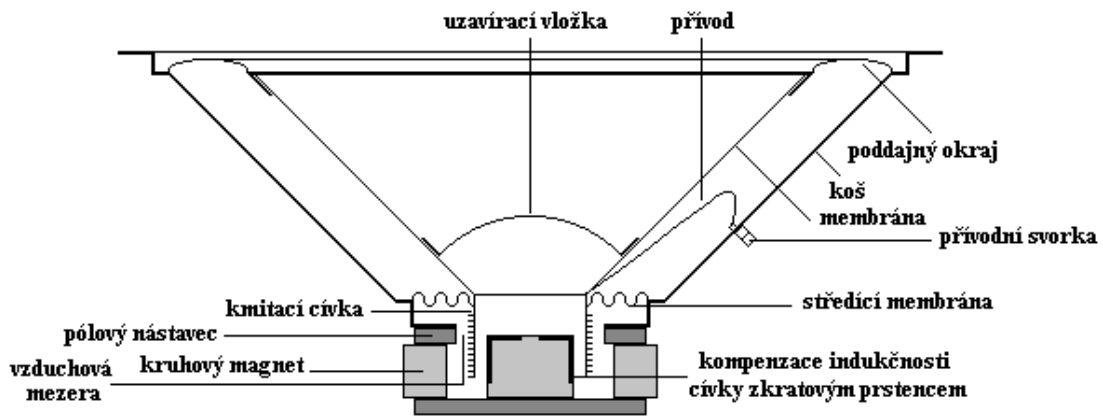
Elektrodynamické reproduktory jsou vybaveny cívkou a permanentním magnetem. „Základním principem je silové působení na vodič, kterým protéká elektrický proud, umístěný v magnetickém poli.“(Elektrodynamický reproduktor MEF, 2013-05-18, ¶ 1) Proud procházející cívkou vytváří střídavé magnetické pole a pokud tuto cívku umístíme do magnetického pole permanentního magnetu dochází k součtu a rozdílu sil magnetických polí a cívka je přitahována, nebo odpuzována – tím dochází k jejímu pohybu, který se přenáší na k cívce mechanicky připojenou membránu. Cívka je umístěna ve štěrbině a připojena ke kuželové membráně.

Elektrodynamický reproduktor je zcela nejběžnější a lze se s ním setkat u většiny reprosoustav jak v domácnosti (reproduktory k PC, k domácímu kinu, v televizi), a také u profesionálních reprosoustav určených pro živé ozvučení<sup>1</sup>.

Podrobnějšímu popisu elektrodynamických reproduktorů je věnována kapitola 3 Složení elektrodynamického reproduktoru.

---

1 Ozvučení výkonných umělců



*Ilustrace 2: Elektrodynamický reproduktor*

*Zdroj: fyzika.jreichl.com*

Zvláštním typem elektrodynamického reproduktoru je páskový reproduktor. „Mezi póly permanentního magnetu je pohyblivě uložena slabá hliníková fólie, kterou prochází budící proud. Výhodou tohoto typu reproduktoru je velmi malá hmotnost kmitacího systému. Používá se jako vysokotónový. Malá vyzařovací plocha vyžaduje použití zvukovodu, což zhoršuje jeho jinak výhodné vlastnosti.“ (Elektrodynamický reproduktor MEF, 2013-05-18, ¶ 3)

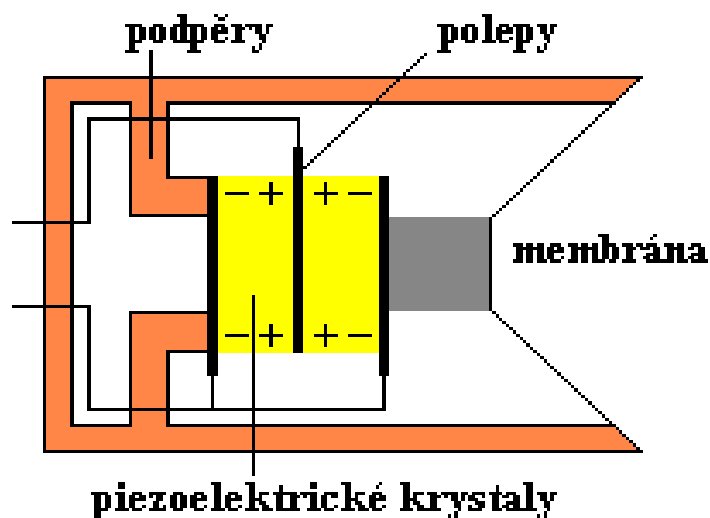
### **2.2.2 Elektromagnetické reproduktory**

Tento typ reproduktorů se dnes již téměř nepoužívá. Jde o reproduktor s membránou vyrobenou z ocelového plechu. Ten je pak přitahován pevně umístěnou cívkou s jádrem. Elektromagnetické reproduktory se používaly dříve ve sluchátkách, například ve vojenském průmyslu. Jejich výhodou je poměrně jednoduchá konstrukce a nevýhodou poměrně značné zkreslení konečného zvuku.



### **2.2.3 Piezoelektrické reproduktory**

U piezoelektrických reproduktorů se využívá tzv. piezoelektrického jevu. Ten poprvé objevili bratři Pierre a Jacques Curieové v roce 1880. Zjistili, že při stlačení krystalu dojde k výskytu povrchového elektrického náboje. O rok později zjistili i opačný jev. Přivedené napětí, dle jeho okamžité polarizace, vyvolává mechanickou deformaci krystalů jedním, nebo druhým směrem – je to dvojkrytal. Když je toto přiváděné napětí střídavé, dochází k deformaci krystalů oběma směry v závislosti na tomto střídavém napětí. Tedy výsledně nám krystaly kmitají v rytmu střídavého napětí. U reproduktorů se využívá materiálů jako krystaly, speciální keramika, Seignettova sůl nebo plasty. Využívá se toho, že u některých materiálů dochází pomocí elektrického pole k mechanickému napětí a následně napětí vyvolává síly, které mechanicky deformují daný materiál. Destičky z piezomateriálu mohou tvořit přímo membránu reproduktoru nebo mohou být spojeny s jinou vhodnou membránou.



*Ilustrace 3: Piezoelektrický reproduktor*

*Zdroj: fyzika.jreichl.com*

Piezoelektrické reproduktory se používají spíše pro vyšší kmitočty. Jejich výhodou je poměrně nízká cena a jednoduchá konstrukce. Nevýhodou je vyšší zkreslení zvuku a poměrně nestabilní frekvenční charakteristika.

### **2.3 Dělení reproduktorů podle frekvenčního rozsahu**

Reproduktory lze dělit podle frekvenčního pásma, které je reproduktor schopen reprodukovat. Často se používají jednoduché reproduktory, které jsou schopny přenést pouze určité frekvenční pásmo. Například telefonní sluchátka (počítá se pouze s mluveným slovem a tedy není potřeba přenosu nízkých a vysokých frekvencí) mohou mít rozsah reproduktoru pouze kolem cca 800 Hz až cca 3000 Hz. Jelikož výroba jednoho reproduktoru, který je schopen reprodukce v celém slyšitelném spektru (tedy 16 Hz – 20 kHz), je velice drahá a ne vždy je dosaženo požadovaných výsledků, používají se pro profesionální

použití soustavy několika reproduktorů. Na nízké frekvence jsou vhodné reproduktory s větším průměrem, tedy s velkou plochou membrány vyrobené z tužšího materiálu, která je měkce uložena (závěs) do koše reproduktoru. Naopak pro vysoké frekvence jsou vhodné malé reproduktory s membránou o malé hmotnosti, a tím i malé setrvačnosti, která je důležitá pro věrné kopírování průběhu střídavého průběhu přivedeného napětí.

### **2.3.1 Širokopásmové reproduktory**

Jedná se o reproduktory poměrně universální. Jejich frekvenční rozsah bývá od 80 Hz až do 15 kHz. V současné době jsou využívány např. v televizorech, nebo levnější domácí audiotechnice. Důležitým prvkem těchto reproduktorů je membrána, jejíž tuhost se mění od středu (nejtužší – vysoké kmitočty) směrem k okraji, kde je měkká pro vyzáření nízkých kmitočtů.

Dalším typem širokopásmového reproduktoru může být reproduktor koaxiální. Jde o kombinaci několika měničů.



*Ilustrace 4: Koaxiální reproduktor*

*Zdroj: [www.conrad.cz](http://www.conrad.cz)*

Nejčastější je umístění vysokotónového reproduktoru před středobasový reproduktor. Často se využívá u reproduktorových sestav automobilů. Pro profesionální studiové aplikace se výškový reproduktor umísťuje do osy za středobasový reproduktor. Koaxiální reproduktor může mít vlastní výhybku<sup>2</sup> (a tedy jen jedny svorky na připojení reproduktoru), nebo externí výhybku (v tomto případě má každý reproduktor na připojení svoje vlastní svorky). Koaxiální (popřípadě triaxiální) reproduktory se často pro svou největší věrnost, kvalitu zvuku a velikost proti reproduktorovým soustavám sestavených z několika reproduktorů využívají ve studiových monitorech. To proto, že tento typ reproduktoru dosahuje výborných směrových vlastností, a také s ním lze dosáhnout bodového zvuku.

Dalším typem jsou reproduktory s difuzorem<sup>3</sup>. „Difuzor (podobá se kalíšku) je připojen přímo ke stejné kmitací cívce, která vytváří v reproduktoru efekt tweeteru (viz kapitola o vysokotónových reproduktorech) bez dalšího budiče. Difuzor tak přispívá ke zvýhodnění průběhu frekvenční charakteristiky v oblasti vyšších kmitočtů. Difuzor jako impedanční equalizér může při jednom fungovat i jako chladič magnetického obvodu, proto někteří výrobci jej vyrábějí z kovu, např. z mědi, čímž lépe odvádějí teplo.“(Thoman Kamil, 2010, str. 16)

### **2.3.2 Vysokotónové reproduktory**

Frekvenční rozsah vysokotónových reproduktorů je kolem 3 kHz – 20 kHz. Velikost reproduktoru je mnohem

---

2 Viz. kapitola 5.1 Výhybky

3 Zúžení ve tvaru nerovnoměrného oboustranného trychtýře

menší, nejčastěji do 30 mm. Oproti ostatním reproduktorům nemívají kuželový tvar, ale tvar kulového vrchlíku z důvodu širšího vyzařovacího úhlu. Vyrábějí se z plastových, kovových nebo síťovaných materiálů. Často také sendvičově z několika částí. Existují i v podobě tlakových reproduktorů. Ty se používají nejčastěji v profesionálních reprosoustavách. Mají mnohem větší účinnost.

Vysokotónové reproduktory mají oproti jiným reproduktorům mnohem větší citlivost. Proto, pokud jsou zvoleny zesilovače jednotlivě pro každý reproduktor, je vyžadován menší výkon zesilovače pro vysokotónový reproduktor, než u zesilovačů pro reproduktory basové a středotónové. Také musí být vhodně zvolena dělicí frekvence, aby se výškový reproduktor nepoškodil.

### ***2.3.3 Středotónové reproduktory***

Středotónový reproduktor je reproduktor, který vyzařuje zejména v pásmu od 500 Hz do 4000 Hz. „Středotónový reproduktor je nejnamáhanějším reproduktorem v celé reproduktorové soustavě.“ (Thoman Kamil, 2010, str. 18) Jelikož je lidské ucho na frekvence v daném frekvenčním pásmu nejcitlivější, je potřeba, aby byl reproduktor svou charakteristikou co možná nejrovnější a také měl co nejmenší zkreslení.

Pro středotónové reproduktory se používají dva základní typy reproduktoru. Reproduktor s kuželovou membránou a s membránou ve tvaru vrchlíku (galota).

Reproduktor s kuželovou membránou je více citlivý na spodní frekvence, tudíž je vhodný do dvoupásmových

soustav reproduktorů. Na vyšších frekvencích již může rezonovat (musí být vhodně zvolena dělicí frekvence).

Reproduktor ve tvaru vrchlíku je naopak schopen kvalitněji a s nižším zkreslením reprodukovat vyšší frekvence. Na rozdíl od reproduktorů s kuželovou membránou se tento reproduktor hodí spíše do třípásmových soustav reproduktorů, a to díky svému rezonančnímu kmitočtu, který se (oproti jiným reproduktorům) nachází poměrně vysoko.

Obecně platí, že ve dvoupásmových reproduktorových soustavách zastupuje středový reproduktor basový. V tomto případě je vhodné, aby byl vyroben z polypropylenu, protože tento materiál je charakteristický především menší směrovostí a také menším přesahem na okraji frekvenčního pásma. Také je vhodné, aby neměl větší průměr než 16 cm.

### ***2.3.4 Hlubokotónové reproduktory***

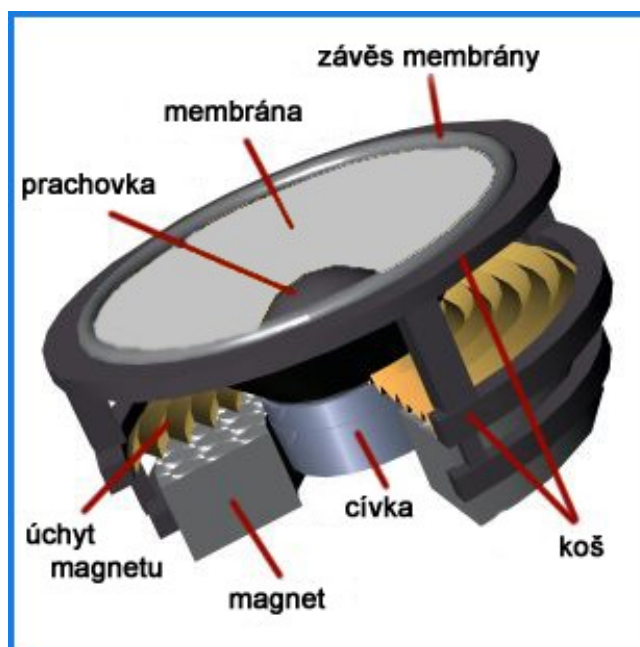
Hlubokotónové reproduktory, neboli basové reproduktory, se dělí hlavně podle jejich velikosti. Reproduktory o velkém průměru (15 – 21 palců<sup>4</sup>) dosahují frekvenčního rozsahu 15 Hz – 1500 Hz. Mohou být i reproduktory s menším průměrem, které lze nazvat také reproduktory středobasové. Ty jsou schopny vyzařovat frekvence 40 Hz – 4000 Hz. Rozdíl mezi některými basovými a středobasovými reproduktory není moc znatelný. Obecně ale platí, že basové reproduktory mají větší tuhost. Basové reproduktory mohou dosahovat

4 Jeden palec = 2,54 centimetru. Značí se [']. Velikosti reproduktorů se standardně uvádějí v palcích.

výchylky membrány až 5 mm, proto se horní závěsy reproduktoru vyrábějí například z gumy nebo impregnovaného textilu. Nejčastěji se membrány basových reproduktorů vyrábějí z papíru. Mohou být použity také kovové (často se používají u některých reproduktorů určených do baskytarových nebo kytarových aparátů). Ty jsou ale více citlivé na středové pásmo, a tedy lze s nimi dosáhnout až vlastností středobasového reproduktoru, ale s jinou charakteristikou zabarvení zvuku (zvuk je „cinkavější“ a „ostřejší“).

### 3 Složení elektrodynamického reproduktoru a jeho součásti

Elektrodynamický reproduktor se skládá z těchto základních částí: reproduktorová membrána, horní závěs membrány, koš reproduktoru a magnetický obvod s kmitací cívkou.



*Ilustrace 5: Nákres reproduktoru*

*Zdroj: [www.pauloz.jahol.cz](http://www.pauloz.jahol.cz)*

## **3.1 Reproduktorová membrána**

Reproduktorová membrána má za úkol rozkmitat okolní částice a vytvořit tak zvukové vlnění. Vlastnosti membrány jsou důležitým aspektem konečného zvuku. Membrána musí být poměrně tuhá, aby nedocházelo k velkým deformacím samotné membrány. To by vedlo ke špatnému a nekvalitnímu přenosu zvukové energie. Pokud na membráně nastane stojaté vlnění, ustálí se toto vlnění s pohybem reproduktoru. S tuhostí membrány souvisí také váha membrány, která by neměla být příliš velká. Vlastnosti membrány je také možné ovlivnit nátěrem nebo impregnací.

### ***3.1.1 Materiály pro výrobu reproduktorových membrán***

Materiály pro vysokotónové reproduktory jsou typické poměrem pevnosti a hmotnosti a musí mít výborné tlumení. Proto je nejčastějším používaným materiálem titan, textil, papírová hmota, polyamid nebo polymer.

Materiály zvolené na výrobu membrán pro středotónové reproduktory, musí být také tuhé a poměrně lehké, ale především musí být schopné přenést co největší frekvenční rozsah. Proto se nejčastěji používají materiály jako papírová hmota, titan nebo textil.

U basových reproduktorů je potřeba dbát na pevnost, nízkou hmotnost materiálu kvůli velikosti reproduktoru a tuhost membrány. Proto se používají materiály jako hliník, uhlíkové vlákno, hliník s keramickým povlakem, poly-uhlíková vlákna s hliníkovou injektáží (vyznačují se znatelnými kruhy na membráně – prolisy membrány, které



zvyšují mechanickou odolnost membrány a ovlivňují také kmitání a tuhost jednotlivých membrán), polypropylen nebo papírová hmota, která je poměrně univerzálním materiálem pro výrobu reproduktorových membrán.

### **3.2 Horní závěs membrány**

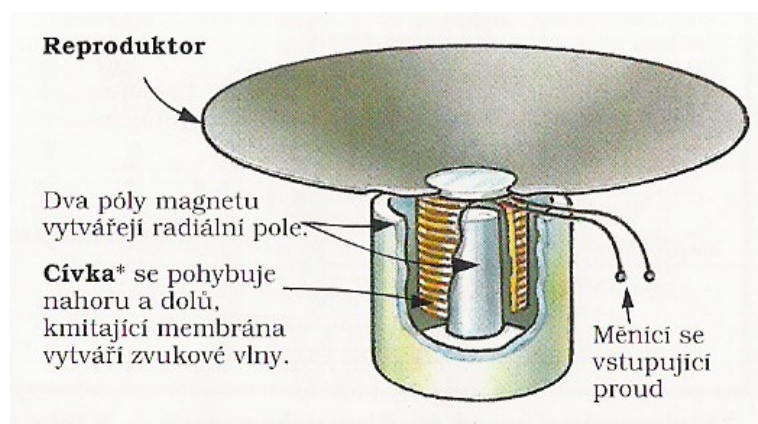
Horní závěs membrány je jedna z nejvíce namáhaných součástí reproduktoru, která upevňuje membránu k jeho koši. Vymezuje rozsah kmitání samotné membrány. Závěs musí být vyroben z velice pevného, ale zároveň ohebného materiálu. Může být tvořen jednou částí, nebo se může skládat z více částí (kroužků). Nejdůležitějšími parametry pro výběr materiálu na výrobu závěsu je pružnost, teplotní a časová stálost. Proto se používají materiály jako guma nebo polyetylen.

### **3.3 Koš reproduktoru**

Jedná se o obal, který drží veškeré součástky reproduktoru pohromadě. Proto je také značně namáhan a napínán. Jelikož membrána i magnet se pohybují velice rychle, je potřeba, aby reproduktorový koš držel svůj tvar a nedeformoval se vlivem mechanických sil. Pokud se začne deformovat koš, poškodí se i vše uvnitř něj (od membrány, až po umístění magnetu). Proto se používají materiály, které jsou velice pevné, velice tuhé a pro větší pohodlí lehké. Vhodná je například slitina hliníku, která se vyznačuje velkou tuhostí. Proto je vhodná na výrobu košů pro basové reproduktory, které mají mnohem větší výchylku membrány, než reproduktory vysokotónové. Dále se používá také tvrzený plast nebo ocelový plech.

### 3.4 Magnetický obvod a kmitací cívka

Magnetický obvod a kmitací cívka společně rozvibrují membránu a může tedy dojít k reprodukci zvuku. Pro výrobu magnetu se používá nejčastěji tvrdý ferit. Někteří výrobci (hlavně společnosti zabývající se výrobou špičkových reproduktorů pro profesionální použití) zde přidávají ještě příměsi vzácných zemin. V samotném magnetu je umístěn malý otvor, který slouží k odvodu tepla vzniklého rychlým kmitáním cívky a stlačováním vzduchu. U vysokotónových reproduktorů je přehřátí více problematické, jelikož cívka kmitá mnohem rychleji. Proto se do otvoru dává speciální kapalina, která je typická svou vlastností odvádět teplo rychleji než vzduch. Kapalina se nazývá fero fluid.



*Ilustrace 6: Kmitací cívka reproduktoru*

*Zdroj: fyzika.gbn.cz*

Velice důležitá je délka vinutí cívky, protože čím delší je vinutí (cívka je vyšší), tím více má cívka prostoru ke kmitání. To je důležité hlavně u basových reproduktorů, které mají větší výchylku membrány. Obecně lze tedy říci,

že čím je delší vinutí cívky, tím je reproduktor schopen vyzařovat méně vysokých kmitočtů. Pro výrobu kmitacích cívek je nejčastěji použita měď, popřípadě u dražších reproduktorů hliník, který má lepší tepelné vlastnosti.

## 4 Reproduktorové soustavy

Reproduktorová soustava se skládá ze dvou a více reproduktorů umístěných do ozvučnice (skříň, ve které jsou umístěny reproduktory), která je vyrobena ze dřeva, popřípadě u levnějších reprosoustav z plastu. Může být vyrobena také z dřevotřísky, laminátu, betonu, kamene, skla či různých kovů. Beton, kámen nebo sklo jsou netradiční materiály, které se používají pro výrobu specifických reproduktorových sestav, zpravidla vyrobených na zakázku. Obvykle mívá ozvučnice tloušťku stěny 18–30mm. Velice důležitý je i materiál na povrchu ozvučnice. A to nejen z estetických, ale i z akustických důvodů. Nejčastěji se používá lak nebo koberec. Ten se lepí na reproduktorovou skříň velice silným lepidlem, popřípadě je možnost zakoupit samolepicí koberce, které jsou přímo určeny pro potah reproduktorových soustav. Na ozvučnici bývají také úchyty pro možnost umístění reproduktorových soustav. Buď na stojan (stojan je vsunut do otvoru ve spodní části ozvučnice) nebo uchycení ozvučnice na bočních stranách. Uchycení ozvučnice po stranách na speciální držáky má tu výhodu, že je možné celou reproduktorovou soustavu naklonit pro potřeby kvalitního poslechu. Tvar ozvučnice se mění dle určení typu reproduktorové soustavy. Zejména aktivní reproduktorové soustavy vyrobené z plastu mohou mít různé tvary. Jelikož se plast volí především v situacích, kdy je kladen důraz na velikost a hmotnost reproduktorové soustavy, také tvar ozvučnice je mnohdy přizpůsoben pro co nejmenší objem. Častým tvarem je zkosení reproduktorové soustavy na boční hraně pro možnost

umístění na zem jako odposlechové reproduktorové soustavy.

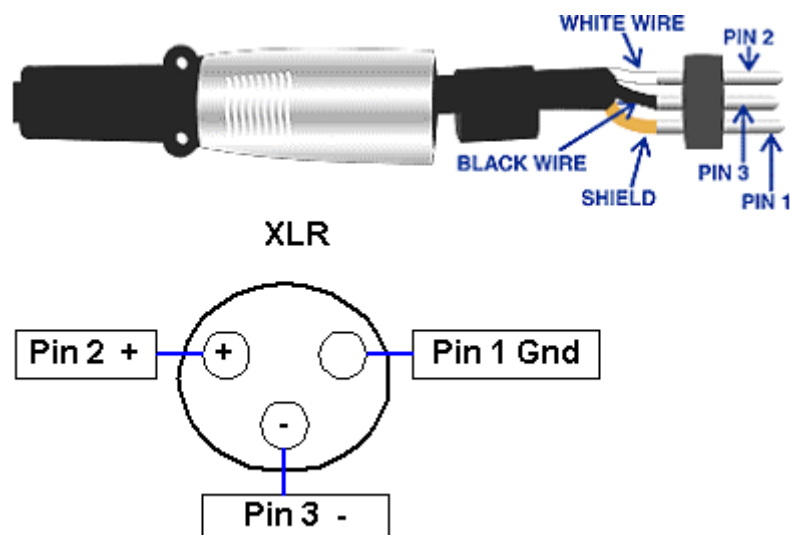
Existují dva typy reproduktorových soustav, a to pasivní a aktivní. Dále je lze dělit podle pásem. Jednopásmová, dvoupásmová, třípásmová, popřípadě vícepásmová reproduktorová soustava.

## **4.1 Konektory pro zapojení reproduktorových soustav**

Pro připojení reproduktorových soustav do elektroakustického řetězce se nejčastěji používají propojovací kabely s konektory XLR, Jack a Speakon.

### **4.1.1 Konektor XLR**

Konektor XLR neboli „cannon“ (nazván podle původního výrobce tohoto typu konektoru ITT/Cannon). Je to nejčastěji používaný konektor pro propojení mikrofonů a aktivních reproduktorových soustav. Standardně mívá tři a více kontaktů v rozložení 1 – Zem (stínění), 2 – Normální polarita signálu (hot), 3 – Invertovaná polarita signálu (cold). Konektor typu XLR je velice odolný, a proto rychle nahradil u některých aplikací svého předchůdce běžný konektor Jack. Jelikož má konektor XLR nejméně tři kontakty, je schopen přenášet symetrický signál, který je mnohem odolnější vůči rušení způsobeným vnějším elektromagnetickým polem.



*Ilustrace 7: Konektor XLR*

*Zdroj: [www.songofthecosmos.com](http://www.songofthecosmos.com)*

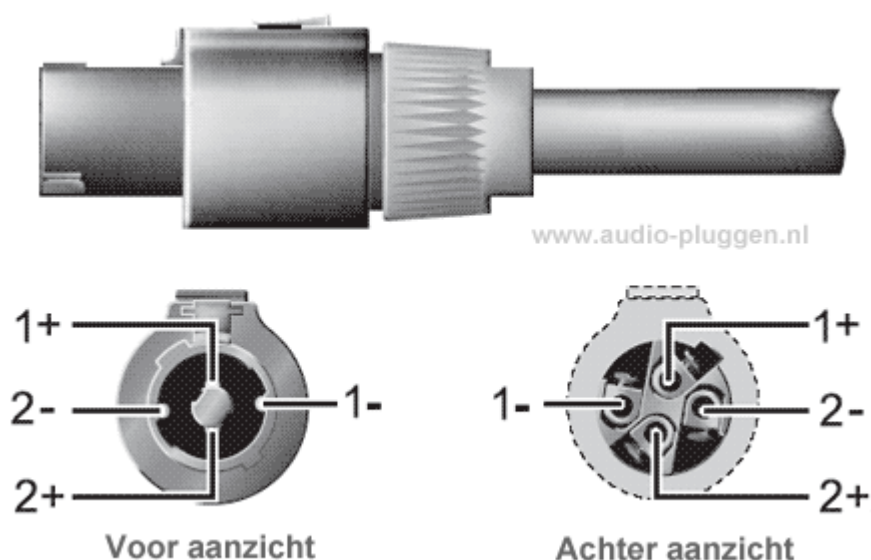
#### **4.1.2 Konektor Jack**

U konektoru typu Jack jsou standardizované velikosti 2.5 mm, 3.5 mm a 6.3 mm. Pro využití v profesionální zvukové technice a u profesionálních reproduktorových soustav je nejčastější velikost 6,3 mm. Kvůli jeho velké poruchovosti byl částečně nahrazen modernějším konektorem XLR, ale stále je možné se s ním setkat zvláště na levnějších aktivních reproduktorových soustavách (často v kombinaci s konektorem XLR) a především jako konektor pro připojení sluchátek.

#### **4.1.3 Konektor Speakon**

Oproti konektorům typu XLR a Jack je konektor Speakon nejodolnější. Byl vyvinut firmou Neurtik pro přenos vyšších výkonů. Vyrábí se jako čtyř pólový nebo osmi pólový konektor. Používá se pro připojení pasivních reproduktorových soustav k výkonnému

koncovému zesilovači. I když většinou slouží konektor Speakon pro přenos jednoho kanálu, může sloužit pro napájení vícepásmových reproduktorových soustav.



*Ilustrace 8: Speakon*

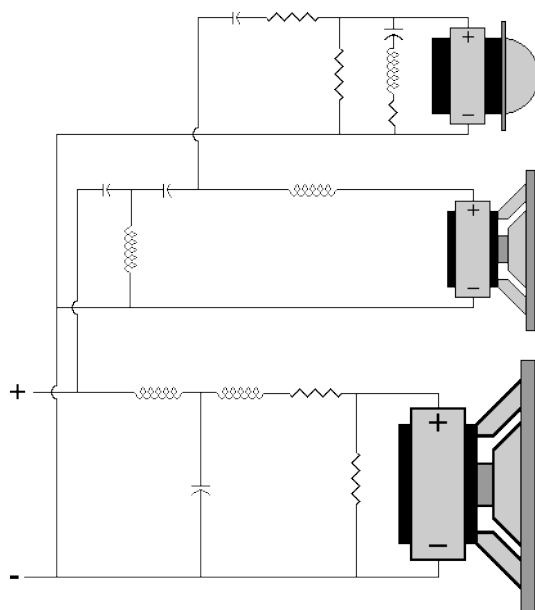
*Zdroj: [www.audio-pluggen.nl](http://www.audio-pluggen.nl)*

Pro připojení k síti elektrického napětí slouží konektor Powercon, který na první pohled vypadá totožně s konektorem Speakon, ale má rozdílně umístěné jistící drážky. Nejčastěji se používá pro napájení aktivních reproduktorových soustav.

## **4.2 Výhybky**

Výhybky slouží k rozdělení frekvenčního pásma do jednotlivých reproduktorů. Je to často opomíjená součástka, která má ale velký vliv na konečnou kvalitu a životnost reproduktoru. Například pokud je výhybka

špatně nastavena na výškový reproduktor, nejen že propustí do výškového reproduktoru signál, který daný reproduktor není schopen zahrát, ale zároveň se tím reproduktor zbytečně přehřívá a přetěžuje. „Správná výhybka může zajistit dobrý zvuk s levným reproduktorem a s dobrým reproduktorem výborný zvuk, ale nesprávná výhybka může nejen zapříčinit špatný zvuk, ale může dojít i k poškození reproduktorů“ (Thoman Kamil, 2010, str. 120). Výhybka je nedílnou součástí celého elektroakustického řetězce, protože „rozdělení signálu znamená, že signál v reproduktorové výhybce rozdělíme, ale musíme počítat s tím, že na akustické straně je opětovné sloučení signálu z reproduktorů a výsledek tohoto finálního sloučení musí být použitelný.“ (Thoman Kamil, 2010, str. 121)



*Ilustrace 9: Schéma výhybky s cívkami a kondenzátory*

*Zdroj: [www.diyaudioandvideo.com](http://www.diyaudioandvideo.com)*



Reproduktorová výhybka funguje na bázi filtrů, které omezují určitá frekvenční pásma.

- 1) „Pro basový reproduktor dolní propust – LP – „low pass“ – propouští pásmo do určitého kmitočtu.
- 2) Pro středotónový reproduktor pásmovou propust – BP – „band pass“ – propouští pásmo od kmitočtu  $x$  do kmitočtu  $y$ .
- 3) Pro vysokotónový reproduktor horní propust – HP – „high pass“ – propouští pásmo od určitého kmitočtu.“ (Thoman Kamil, 2010, str. 121)

„Útlum filtru je dán takzvanou strmostí - určuje o kolik decibelů se sníží signál na dané frekvenci  $f_1$ , která je definovaná dělicí frekvencí a intervalem. Nejčastěji je strmost u reproduktorových výhybek uváděna v jednotkách [dB/oct]<sup>5</sup>, z čehož vyplývá, že frekvence  $f_1$  je dvakrát vyšší (u dolní propusti), respektive poloviční (u horní propusti), než je frekvence  $f_0$ .“(Reproduktorová soustava – Wikipedie,2013-05-16, ¶ 10) Každá výhybka má odlišné vlastnosti. Je důležité si uvědomit, že ve výhybce dochází k pootočení fáze. Především na krajních dělicích frekvencích. Okraje dělicích frekvencí mají větší zpoždění po průchodu výhybkou než zbytek frekvenčního pásma. Proto je důležité, aby všechny výhybky v systému byly stejného typu, jinak může dojít k různým fázovým zpožděním.

---

5 Decibel na oktávu

Konstrukčně se výhybky dělí na dva základní typy. Výkonová<sup>6</sup> a nevýkonová<sup>7</sup>. Výkonová výhybka se umísťuje za výkonový zesilovač. Je zkonstruovaná tak, že dokáže pracovat i s velice silným signálem. Naopak nevýkonová výhybka je umístěná před koncovým zesilovačem. Rozdílem také je, že aktivní výhybka je schopna přenést zvuk bez ztráty úrovně signálu. Tedy takovou úroveň jakou přijme, takovou odešle. Mnohdy je také možnost regulovat na aktivní výhybce alespoň + nebo – 6 dB, což umožňuje použití zesilovače s různou citlivostí. Naproti tomu pasivní výhybka může odeslat pouze 80% signálu. Pasivní výhybky se využívají spíše v menších systémech. V profesionálních reproduktorových soustavách s vysokým výkonem se s nimi setkáme zřídka.

Pro rozdělení frekvenčního pásma do různých reproduktorových soustav slouží „crossover<sup>8</sup>“, například u zapojení basové reproduktorové soustavy a dvoupásmové reproduktorové soustavy. Existují „crossovery“ dvoupásmové, třípásmové a čtyřpásmové. Dvoupásmové pro rozdělení na basové a výškové frekvence, třípásmové na basové, středotónové a výškové frekvence a čtyřpásmové na rozdělení basových, středobasových, středovýškových a vysokotónových frekvenčních pásem. Na profesionálních „crossoverech“ je možné nastavit zpoždění pro určité pásmo. Například zpoždění basových reproduktorových soustav, pokud jsou více vzdáleny od středotónových a vysokotónových reproduktorových soustav. Pro ochranu reproduktorů bývají

---

6 Výkonová = aktivní výhybka.

7 Nevýkonová = pasivní výhybka.

8 Elektronické zařízení, které dokáže rozdělit frekvenční pásmo na více částí.

„crossovery“ vybaveny také „limiterem“, který dokáže omezit špičky signálu a předejít tak poškození reproduktoru. Dále mohou být vybaveny otočením fáze pro možnost správného „zfázování“ reproduktorů. Moderní profesionální „crossovery“ (mnohdy konstruovány jako řídicí procesory) dokáží kontrolovat celou reproduktorovou soustavu. Například teplotu a výchylku membrány u jednotlivých reproduktorových soustav nebo optimalizují signál pro určité typy reproduktorových soustav a ochraňují tak reproduktory a výhybky. Při chybné konfiguraci reproduktorových soustav zahlásí samotný procesor chybu a neporuší tak reproduktorové soustavy. Známý je například výrobce Lab Gruppen.

### **4.3 Aktivní reproduktorová soustava**

Aktivní reproduktorová soustava má jednu významnou výhodu a tou je umístění koncového výkonového zesilovače přímo do ozvučnice společně s reproduktory. Hlavní výhodou je kratší délka vedení zesíleného signálu, kde tak dochází k menším ztrátám. Dalšími výhodami jsou jednoduchá manipulace, transport reproduktorové soustavy a jednoduché zapojení do elektroakustického řetězce. Nejčastěji se můžeme setkat s přípojnými konektory XLR. Součástí aktivní reproduktorové soustavy je výhybka sloužící pro oddělení frekvenčních pásem pro jednotlivé reproduktory.

Zpravidla mívá aktivní reproduktorová soustava v zadní části ozvučnice umístěný konektor pro přívod elektrické energie, spínač pro koncový zesilovač a konektor pro přívod zvukového signálu.

Aktivní reproduktorové soustavy je možné použít jako odposlechové reproduktorové soustavy pro výkonné umělce nebo pro studiové reproduktorové soustavy. Při živých koncertech jsou velice oblíbeny jako odposlechové monitory, protože zvukař nemusí vozit další koncové zesilovače a je s nimi jednodušší manipulace díky absenci většího konektoru Speakon. Aktivní reproduktorová soustava je také vhodná pro menší zvukové soustavy a na menší vystoupení. Jedná se stále o výhodu absence koncových zesilovačů umístěných mimo reproduktorovou skříň.

#### **4.4 Pasivní reproduktorová soustava**

Pasivní reproduktorová soustava je soustava, která nemá ve zvukové skříni umístěnou koncovou zesilovací jednotku. Je osazena výhybkou stejně jako aktivní reproduktorová soustava. Nejčastěji používaným konektorem je Speakon (díky vysokým výkonům některých profesionálních reproduktorových sestav), ale u méně výkonných sestav se můžeme setkat také s konektorem XLR (hlavně starší modely).

Hlavní výhodou je hmotnost díky absenci zesilovače, proto se nejčastěji používají pro systémy „line array“ a pro zvukové systémy s vyšším výkonem.

#### **4.5 Jednobodové zdroje zvuku**

Jednobodovým zdrojem zvuku se rozumí klasická sestava reproduktorových soustav, která je typická pro živá vystoupení, především menšího rozměru. Jedná se o jednu reproduktorovou soustavu na každé straně jeviště nebo pódia. Nejčastěji jednu středovýškovou

reproduktorovou soustavu doplněnou i o několik basových reproduktorových soustav. Velkou výhodou tohoto systému je jednoduchá příprava, přeprava a samotná instalace elektroakustického řetězce například v místě kulturní akce. Reproduktorové soustavy bývají umístěny nejčastěji na stojanech, které jsou přímo určeny pro reproduktorové soustavy nebo mohou být zavěšeny.

#### ***4.5.1 Hlavní představitelé jednobodového zdroje zvuku***

Asi nejvíce známou firmou, která se orientuje čistě na jednobodové zdroje zvuku je společnost KV2 Audio. Je to původní česká značka založena panem Jiřím Kramperou, která se pyšní zásadně výrobou jednobodových zdrojů. Podle filozofie společnosti mají jednobodové zdroje nejvyšší možné zvukové rozlišení a kvalitu pro posluchače. Dále je pro společnost typická výroba poměrně malých reproduktorových soustav o vysokých výkonech. Tvrdí, že vše mají dokonale vypočítané a s cílem co nejmenšího objemu a váhy jsou schopni vyprodukovat reproduktorovou soustavu s velice kvalitním zvukovým přenosem a vysokým výkonem. Proto při výrobě pečlivě počítají s druhem použitého materiálu a s konečným nátěrem reproduktorové soustavy.

Dalšími významnými výrobci jsou společnosti RCF, JBL, NEXO, L'Acoustic, dB Technologies, HK Audio nebo Yamaha.

Každá společnost má rozlišnou filozofii výroby, a proto se koncové výrobky navzájem mohou lišit. Hlavním rozdílem je volba materiálu pro skříně reproduktorových soustav. Nejčastěji je voleno dřevo nebo plast.

Reproduktorové soustavy vyrobené z plastu jsou velice lehké, ale nevýhodou je nedokonalý přenos zvuku zvláště u levnějších výrobků.

Asi nejznámější plastovou reproduktorovou soustavou je RCF 310A. Velice malá, lehká a aktivní reproduktorová soustava o výkonu 300W a osazená 10“ středobasovým reproduktorem, která se v našich podmínkách objevuje především jako odposlechová reproduktorová soustava na kulturních akcích menšího a středního rozměru.



*Ilustrace 10: UBL JRX125*

Zdroj:

<http://www.derringers.com>

Oproti tomu například společnost JBL vsadila v nižší třídě na dvoupásmovou reproduktorovou soustavu JRX125, která je dle výzkumu nejčastěji zvolenou reproduktorovou

soustavou v malých hudebních klubech. Výhodou této reproduktorové soustavy je použitý materiál reproduktorové skříně, kterým je v tomto případě dřevo. Reproduktorová soustava JRX125 je pasivní dvoupásmovou soustavou o výkonu 500W, která je osazena dvěma 15“ reproduktory a jedním 1“ tlakovým driverem<sup>9</sup>.

Další společnosti jako HK audio nebo dB Technologies jsou společnosti, které se proslavily především výrobou menších jednobodových systémů nižší a střední třídy, ale v posledních letech se stále častěji objevují i na pódíích kulturních akcí středního rozměru. Především jsou velmi oblíbené pro pevné instalace do hudebních klubů.

Společnosti jako například L'Acoustic, Nexo, Martin Audio, EAW, Meyer Sound, Turbosound, Renkus-Heinz nebo D.A.S mají také v nabídce profesionální reproduktorové soustavy pro použití jako jednobodový zdroj zvuku, ale tyto společnosti se zabývají především výrobou a vývojem vícebodových zdrojů zvuku tzv. „line array“ systémů.

## **4.6 Vícebodové zdroje zvuku („line array“)**

### **4.6.1 Historie**

První, kdo se zmínil o systému „line array,“ byl akustik Harry Olson, který v roce 1953 publikoval text *Acoustical Engineering*. V něm používá pojem „line array“ pro sestavu reproduktorů umístěných pod sebou ve svislé poloze. Ovšem ne za tím účelem jako „line array“ používáme dnes, ale za účelem většího rozložení

---

<sup>9</sup> Název pro výškový reproduktor

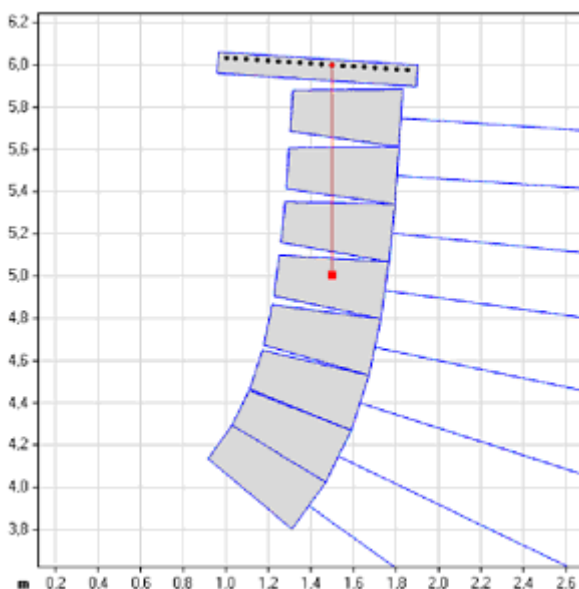
frekvenčního pásma, aby bylo možné dosáhnout většího frekvenčního rozsahu. V roce 1983 navrhl Joseph D Appolito systém do horizontální polohy, takzvaný „curved array“. Reproduktorové soustavy byly umístěny horizontálně, mírně do půlkruhu. Šlo o větší vykrytí zvuku do stran před pódiem. Je to předchůdce vertikálního systému „line array“, jak ho známe dnes. Až v polovině devadesátých let dvacátého století představila společnost L´Acoustics systém V-DOSC, který ukázal, že je možné při umístění reproduktorových soustav do vertikální polohy, dosáhnout rychlé frekvenční odezvy, vyvarovat se fázovým posunům a dosáhnout mnohem větší hlasitosti nutné především pro ozvučení velkých prostor. Z počátku se báli přílišné interference zvukových vln, ale ukázalo se, že při vhodném umístění reproduktorů a reproduktorových soustav se dá přílišná interferenci vyvarovat.

#### **4.6.2 Teorie**

Systémy „line array“ jsou založeny na blízkém umístění jednotlivých reproduktorů a z nich vytvořených reproduktorových soustav. Jde o co nejrovnoměrnější pokrytí prostoru bez větších ztrát dynamiky a kvality reprodukce. Systém přímo vyzařovacích reproduktorových soustav je spojen dohromady ve vertikální poloze a je postupně zaoblován směrem dozadu tak, aby byl vykryt prostor reprodukce i v místech poblíž celého systému. Pro dokonalé pokrytí celého prostoru musí být celý systém „line array“ zavěšen poměrně vysoko a „naúhlován“ tak, aby jednotlivé reproduktorové soustavy vyzařovaly akustický signál do všech míst poslechového prostoru, od zadní části až k přední části před pódiem. Na rozdíl od jednobodového zdroje zvuku má systém „line array“



poloviční ztrátu hlasitosti na jednotku vzdálenosti. Při správném nastavení systému „line array“ se celý systém dokáže chovat jako jeden zdroj zvuku, ovšem při nevhodném nastavení celého systému může docházet k velkým frekvenčním nerovnostem a interferenci zvukových vln. Hlavní zásadou je, že úhel zavěšení jednotlivých prvků systému „line array“ se zvětšuje směrem dolů. Čím blíže je reproduktorová soustava k divákovi, tím má větší úhel naklonění. To znamená, že do zadních částí prostoru je nasměrováno více reproduktorových soustav než do přední části.



*Ilustrace 11: Line array, úhly*

*Zdroj: <http://ease.afmg.eu/>*

### **4.6.3 Hlavní představitelé systému „line array“**

Mezi hlavní průkopníky systému „line array“ patří bezpochyby firma L'Acoustics, která byla založena roku

1984 ve Francii a již od svého začátku se zabývala profesionální zvukovou technologií. Jejím hlavním modelem je jednoznačně model V-DOSC, který byl hlavním průkopníkem v celkovém vývoji systému „line array.“ Jádrem celého systému je patentovaný vlnovod DOSC. Díky rozmístění basových, středových a výškových „driverů“ poskytuje kompletní horizontální pokrytí všech frekvencí, což je hlavní myšlenkou systému „line array“. V současnosti dominuje firma na světovém trhu především díky systému K1, který je mnohem výkonnější a slibuje kvalitnější pokrytí frekvenčního spektra. Nyní společnost L´Acoustics pracuje na vývoji nového modelu K2, který by měl být ještě výkonnější.

Dalším významným výrobcem systémů „line array“ je firma Nexo založená v roce 1979 Ericem Vincenotem a Michaelem Johnsonem. Od roku 2008 je ale ve vlastnictví Yamaha Corporation. Průkopnickými modely firmy Nexo jsou Alpha a GEO, které se staly velice rychle oblíbenými mezi profesionálními zvukaři. Nyní se vlajkovou lodí společnosti Nexo stal model STM (Scale Through Modularity), který je určen hlavně na velká venkovní pódia. Jeho výhodou je možnost skládání systému až do tří řad vedle sebe, což umožňuje ještě větší výkon celého systému.

Samozřejmě společnosti L´Acoustics a Nexo nejsou jedinými výrobci systémů „line array“. Další významní výrobci jsou například Martin Audio, EAW, Meyer Sound, Turbosound, Renkus-Heinz nebo D.A.S. Dále jsou to i společnosti zmíněné v kapitole o jednobodových zdrojích zvuku jako jsou RCF se svým modelem „line array“ TT+

nebo společnost JBL se svou sérií „line array“ Vertec nebo VRX.

#### **4.6.4 Software pro „line array“**

Společnosti, které se zabývají systémy „line array“, také vytváří k svým sériím software. Ten pomáhá k nastavení správného úhlu mezi jednotlivými reproduktorovými soustavami. Základem je vymodelovat a navrhnout prostor, ve kterém bude systém použit. Na základě vzdáleností, zvoleném systému, množství zvukových jednotek v systému a výšce umístění systému, lze navrhnout optimální pokrytí celého prostoru. Jednotlivé programy přesně ukáží, kde dochází při nesprávném nastavení v interferenci nebo jinému rušení zvuku. Osoba, která je zodpovědná za nastavení úhlů v celém systému, se může těmito chybám lépe vyhnout. Samozřejmě ne vždy je vhodné programu plně důvěřovat a je tedy důležitý i zvukařův osobní odhad a zkušenosti s daným systémem. Před tím, než byly vyvinuty tyto speciální programy, si museli zvukaři vystačit s tabulkou od výrobce, ve které byly údaje zavedeny. Kombinací těchto údajů byly nastaveny konečné úhly mezi reproduktorovými soustavami systému. Poté přišly programy na modelování basů, ale nepočítaly s odrazy. Moderní programy (například Soundvision od L'Acoustics) toto vše již dokáží.

#### **4.7 Odposlechové reproduktorové soustavy**

Odposlechové reproduktorové soustavy jsou velice důležitou, avšak často opomíjenou částí celého elektroakustického řetězce. Na nich záleží (a na jejich nastavení) spokojenost výkonného umělce a mnohdy i kvalita jeho projevu. Odposlechové (monitorové)

reproduktorové soustavy se vyrábějí jak aktivní (s koncovým zesilovačem), tak pasivní (bez integrovaného koncového zesilovače). Nedílnou součástí při zapojení každého odposlechového monitoru do elektroakustického řetězce by měl být grafický ekvalizér. Jelikož většina výkonných umělců vyžaduje signál z vlastního mikrofonu do svého odposlechu co nejhlasitěji, je potřeba předcházet tzv. akustické zpětné vazbě<sup>10</sup>. Jednotlivé sály mají rozdílné frekvenční a akustické vlastnosti, proto se některé zvukové frekvence mohou v prostoru více odrážet, násobit nebo jinak interferovat. Také každý mikrofon je jinak citlivý na jednotlivá frekvenční pásma. Obecně se doporučuje na odposlechové reproduktorové soustavy použít „Hi Pass filter“, který zamezí reprodukci nízkých kmitočtů. Nedochozí tak na pódiu nebo jevišti k nechtěnému „hučení“ na nízkých kmitočtech, které se může sčítat například se zpěvem několika zpěváků. Tlačítko pro zvolení spodního ořezu reproduktorové soustavy bývá již standardní součástí aktivních odposlechových systémů. Je vhodné odposlechové reproduktorové soustavy nastavit tak, aby se výkonný umělec co nejlépe slyšel, a to hlavně ve frekvenčním pásmu, které pro svůj odposlech potřebuje. Například pro zpěv je vhodné použít větší spodní ořez, třeba již od 120 Hz. Také je možné regulovat sykavky, které u mnohých zpěváků mohou dělat problém v jejich celkovém výkonu. Sykavky u mluveného slova žen se obvykle pohybují v rozmezí 6-8 kHz, u mužů je to kolem 4-6 kHz.

Důležitým faktorem je u zvolených reproduktorových soustav velikost jejich středobasového reproduktoru.

---

10 Akustická zpětná vazba je jev, kdy mikrofon snímá vlastní akustický signál z reproduktoru. Projevuje se „pískáním“

Například pro zpěvy nebo jiné nástroje, které se pohybují převážně ve středním nebo vyšším frekvenčním pásmu, stačí zvolit u odposlechové reproduktorové soustavy velikost středobasového reproduktoru 10“ nebo 12“. Naopak pro zvolení optimálního odposlechového systému u bicí soupravy je důležitá možnost silnější reprodukce i basové části frekvenčního spektra. Proto není výjimkou zvolení reproduktorové soustavy o velikosti středobasového reproduktoru 15“, popřípadě doplnění o basovou reproduktorovou soustavu. Většina bubeníků vyžaduje odposlech hlavně svého basového bubnu („kik drum“) a malého rytmického bubnu („snare drum“). Pokud se u bubeníka, který vyžaduje silnější zesílení svého basového bubnu, zvolí reproduktorová soustava se středobasovým reproduktorem o velikosti 10 nebo 12“, je možné, že bubeník nebude se zvukem spokojen a následně bude odposlechová soustava tak hlasitá, že bude škodit celému systému snímání hudebníků nebo jiných výkonných umělců.



*Ilustrace 12: Aktivní odposlechová reproduktorová soustava*

*Zdroj: <http://www.hudebni-scena.cz>*

Pokud jsou u jednoho interpreta použity například dva odposlechové reproduktorové systémy, je potřeba zvolit mezi nimi správný úhel. Například u zpěvových mikrofonů s kardioidní směrovou charakteristikou (jako je Shure SM58), je vhodné nechat obě monitorové reproduktorové soustavy vedle sebe před zpěvákem. Naopak u mikrofonů se superkardioidní směrovou charakteristikou (jako je Shure Beta58a), je vhodné dodržet úhel mezi mikrofonem a jednotlivými reproduktorovými soustavami 45°.

Mezi odposlechové reproduktorové systémy patří i tzv. „Side fill“. Je to reproduktorová soustava, která bývá umístěna například za hlavním reproduktorovým systémem na krajích jeviště. Nejedná se o klasické odposlechové systémy umístěné na zemi před umělci, ale může jít o klasický třípásmový systém. Převážně se používá pro reprodukci signálů z druhé strany jeviště, aby byli umělci poskytnut co nejlepší zpětný odposlech. Také je možné ze „Side fill“ reproduktorového systému reprodukovat stejný signál, který je reprodukován v hlavní ozvučovací soustavě. Systém „Side fill“ je vhodný především na velká pódia. Při použití na menších nebo středních pódiiích může dojít spíše k nechtěným zmatkům, nesrozumitelnosti jednotlivých nástrojů, velkým přeslechům a nespokojenosti výkonného umělce.

#### **4.8 Odposlechové reproduktorové soustavy typu „line array“**

Zatím jediným výrobcem „line array“ odposlechových reproduktorových soustav je firma Nexo a její odposlechová reproduktorová soustava série Nexo 45°N. Jedná se o vydařený experiment této firmy. Cílem

odposlechového systému „line array“ je možnost skládání jednotlivých modulů reproduktorových soustav dohromady (do mírného půlkruhu) a simulovat tak situaci, kdy zvuk vychází z jednoho virtuálního zdroje s mnohem větší hlasitostí. Velkou výhodou odposlechového „line array“ systému je snížení hlasitosti na jevišti, jelikož jednotlivé soustavy vyzařují pouze pod úhlem 45°. To je důležité především při koncertech hlasitých hudebních kapel, kdy se jednotlivé odposlechové systémy nekryjí, a tedy každý muzikant slyší pouze svůj odposlechový systém a ne okolní systémy.



*Ilustrace 13: Vyzařování line array Nexo 45°N*

*Zdroj: <http://nexo-sa.com/>*

Hlavním konstrukčním rozdílem je jiný vysokofrekvenční zvukovod. Není obdélníkový jako u většiny reproduktorových soustav, ale polokruhový, což zajišťuje velkou směrovost hlavně na vyšších frekvencích. Skládáním jednotlivých modulů je možné dosáhnout širšího úhlu zvukového pokrytí z jednoho virtuálního zdroje. Virtuální zdroj je pomyslné místo, odkud se zdá, že zvuk vychází. Tím pádem se spojené reproduktorové soustavy chovají stejně, jako by to byla pouze jedna reproduktorová soustava. Jelikož spojením dvanácti modulů (jednotlivé

moduly nelze individuálně úhlovat, mají pevně nastavený úhel pro optimální přenos zvukových vln) dostaneme kruh, nachází se virtuální zvukový bod uprostřed kruhu.

#### **4.8.1 Odposlechový systém „In-Ear“**

Systém „In-Ear“ je odposlechový systém určený pro přenos audiosignálu do sluchátek výkonnému umělci přímo do uší. Nejčastěji se používá bezdrátový systém přenosu audiosignálu, ale je možný i za pomoci kabelu. Ten používají především hráči na bicí nástroje.

### **4.9 Reproduktorové soustavy pro nahrávací studia**

Poslechové reproduktorové soustavy jsou velice důležitou součástí každého nahrávacího studia, na kterých významně záleží kvalita konečné nahrávky. Při práci ve zvukovém studiu jsou na reproduktorové soupravy kladeny odlišné požadavky než na reproduktorové soustavy, které se používají na živá ozvučení. Především jde o to, aby reproduktorová soustava nijak nezabarvovala poslech nahrávky, přenášela celé frekvenční spektrum s minimálními frekvenčními zdvihy a poklesy, minimálně zkreslovala a měla co možná nejmenší fázové posuvy.

Většina reproduktorových soustav určených k běžnému domácímu poslechu má velice nevyrovnanou frekvenční charakteristiku. Především se jedná o velké zdvihy v oblasti nízkých a vysokých kmitočtů. Výsledný zvuk pak zní i z lacinější reproduktorové soustavy poměrně dobře. Tento případ je ale nevhodný pro studiové



reproduktorové soustavy, kde je zapotřebí absolutní vyrovnanosti pro přesný a kontrolovaný poslech.

„Ideální studiový monitor<sup>11</sup> by měl přenášet bez větších výchylek frekvence již od 30 Hz až do 20 kHz, a i od menší reprosoustavy se očekává, že funguje dobře již od 50 Hz a níž.“ (Vlachý Václav, 2008, str. 275) Pokud není studio vybaveno kvalitní studiovou reproduktorovou soustavou, je nutné provést kontrolní poslech na kvalitních studiových sluchátkách, popřípadě na více domácích zařízeních určených pro běžný poslech, protože na těch bude výsledná nahrávka nejčastěji reprodukována.

Pro výškové reproduktory ve studiových reproduktorových soustavách se nejčastěji používají reproduktory z měkkého materiálu a s kopulovitou membránou. Tyto reproduktory sice nejsou tak účinné jako reproduktory instalované do reproduktorových soustav pro živé ozvučení, ale mají mnohem vyrovnanější frekvenční charakteristiku s menším zabarvením. Což je zvláště na vysokých frekvencích pro kvalitní poslech ve studiu nezbytné.

Důležitou součástí kvalitního poslechu je fázová charakteristika, která se může znatelně projevit u reproduktorových soustav, které jsou od sebe různě vzdáleny. V takovém případě může dojít k situaci, že v jednotlivých místech místnosti budou odlišné poslechové podmínky. Proto je nezbytné, aby bylo zvoleno jedno poslechové místo (převážně místo zvukaře), kde se tyto fázové rozdíly tolik neprojevují.

---

11 Jiný název pro studiovou reproduktorovou soustavu

Ve studiu se nejčastěji používají aktivní studiové reproduktorové soustavy (mají již vestavěný výkonový zesilovač). Hlavně z důvodu ušetření místa, ale také kvůli optimalizaci zesilovače a reproduktorů. Každý zesilovač nemusí splňovat náročné podmínky pro potřeby kvalitního studiového zvuku. Pokud se použijí pasivní studiové reproduktorové soustavy, je potřeba věnovat hodně pozornosti výběru koncového zesilovače nebo se poradit s výrobcem, který většinou nabízí koncový zesilovač určený přímo pro danou pasivní reproduktorovou soustavu.

#### ***4.9.1 Umístění studiových reproduktorových soustav***

Jedním z typů reproduktorových soustav jsou monitory pro blízký poslech<sup>12</sup>. Využívají se ve většině malých nahrávacích studií, nebo jako referenční poslechové reproduktorové soustavy ve větších studiích. Jde o reproduktorové soustavy určené na poslech z malé vzdálenosti. S rostoucí vzdáleností postupně ztrácí kvalitu a přirozenost reprodukce především na vyšších kmitočtech. Významné jsou i ve větších nahrávacích studiích díky tomu, že pokud jsou tyto studiové reproduktorové soustavy blízko posluchače, přenáší čistě celé frekvenční pásmo a minimalizují se tak odrazy a akustika místnosti.

Nejčastějším případem je umístění studiových reproduktorových soustav na stojan. Důležitou součástí stojanu musí být protivibrační podložka. Ta se pokládá

---

12 Nazývané také „NEARFIELD“

v místě styku se studiovou reproduktorovou soustavou. Dále také u země, aby se vibrace a otřesy ze soustavy nešířily do podlahy a zdí (a naopak). Důležité je také umístění, které by nemělo být přímo u zdi a ani v rohu místnosti. Dochází tak k frekvenčním nerovnostem hlavně ve spodní části frekvenčního pásma (nízké frekvence se šíří všesměrově).

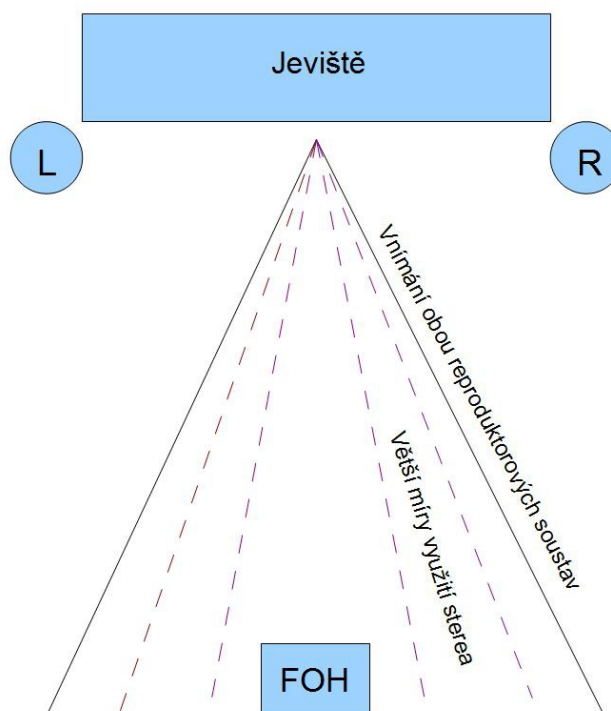
Třetí možností je namontování studiových reproduktorových soustav přímo do zdi.<sup>13</sup> Tato možnost se používá spíše ve velkých profesionálních studiích. Pro montáž do zdi musí být zvolena reproduktorová soustava, která je k tomu určena.

---

<sup>13</sup> Nazývané také „SOFFIT“

## 4.10 Systém Pandora

Systém Pandora přispívá ke kvalitnějšímu zvukovému zážitku, především na velkých koncertech.



*Ilustrace 14: Vnímání stereo signálu*

*Zdroj: Vlastní nákres*

Tento poměrně revoluční systém vnímání sterea vynalezl přední německý zvukař Carsten Kümmel ve spolupráci s výrobcem digitálních mixážních pultů

Innovason, který tuto inovaci zahrnul do své přední řady Innovason Eclipse GT. Jde o vyřešení problému vnímání sterea, hlavně při živých koncertech. Klasické stereo se tvoří tak, že se jednotlivé nástroje, které chceme do sterea umístit, buď zeslabují nebo zesilují na jedné straně reproduktorových soustav. Posluchač, který stojí uprostřed mezi soustavami, vnímá obě soustavy (levou i pravou), ale posluchač, který stojí mimo pomyslnou stereovýseč, vnímá pouze jednu reproduktorovou soustavu. Proto, když zvukař umístí například kytaru do pravého reproduktoru, posluchač na levé straně ji téměř neslyší, ale posluchači vně trojúhelníku slyší vše ve stereu. Čím větší stereo zvolíme, tím se trojúhelník zmenšuje, a tedy více lidí je ochuzeno o určité nástroje umístěné do sterea. Systém Pandora nefunguje na principu hlasitosti, ale na principu zpoždění a mírného útlumu na vysokých frekvencích. Simuluje vnímání lidským uchem (viz kapitola vnímání zvuku). Pokud tedy zvukař umístí kytaru ve stereu na pravou stranu, z levého reproduktoru není odstraněna, je pouze mírně zpožděna (míra zpoždění je podle toho, na kolik je daný nástroj umístěn pouze na jednu stranu sterea) a potlumena na vysokých frekvencích (také podle míry sterea). Zpoždění i útlum je tak minimální, že jej dokáže zpracovat pouze lidský mozek a tedy pokud se posluchač dostane mimo pomyslný trojúhelník, neslyší sice již stereo, ale kompletní, plnohodnotný mono signál a není tedy ochuzen o žádnou část uměleckého výkonu. Posluchač uvnitř trojúhelníku slyší kompletní stereo signál. Trojúhelník se ale nezmenšuje s mírou velikosti sterea, ale zůstává stále stejný díky tomu, že žádný hudební

nástroj není v žádné reproduktorové soustavě zeslaben (jako je tomu u klasického využití sterea).

## **5 Specifikace pro výběr reproduktorových soustav**

Správná volba reproduktorové soustavy záleží na mnoha faktorech. Záleží na tom, jestli je daný prostor uzavřen nebo se jedná o venkovní prostředí. Dále záleží na tom, jaké jsou akustické podmínky, jak velký je daný prostor, pro kolik lidí se bude reprodukovat, jaký styl hudby nebo kulturní akce bude probíhat za pomoci reprodukce.

### **5.1 Divadlo**

Existuje mnoho typů divadelního prostředí. Nejčastěji se setkáváme s klasickým kukátkovým divadlem. Další možností je divadlo s variabilním řešením prostoru (umístění diváka je dle potřeb inscenace). Pro každý typ orientace divadelního prostoru je důležitá jiná specifikace reprodukční soustavy.

#### **5.1.1 Kukátkové divadlo**

Jedná se o divadlo klasického typu, kde je pevně daný prostor pro hlediště a jeviště. Nemusí se tedy měnit umístění reproduktorové soustavy. Pokud je hlediště s velkou kapacitou míst (800 a výše) a je-li to možné z konstrukčních důvodů prostoru, je vhodné (především pro hudební divadlo) použít reproduktorový systém typu „line array“. Jedná se (především v hudebním divadle) o rovnoměrné zvukové pokrytí prostoru, které je žádoucí především pro muzikály a hudební vystoupení, kde by se

dosahovalo požadovaných výsledku s jednobodovým zdrojem poměrně obtížně. Při volbě jednobodového zvukového systému by musela být reprodukcí soustava umístěna před hledištěm poměrně nahlas, aby byl zvuk srozumitelný i v zadních řadách hlediště, což by vedlo ke špatným poslechovým podmínkám. V celém divadle by byly příliš vysoké akustické výkyvy. Další možností je umístění několika jednobodových zdrojů po obvodu hlediště. Tato volba však není příliš vhodná především pro přirozený poslech. Divák slyší zpěv či mluvené slovo ne směrem z jeviště (ze předu), ale z boku. Celkový výkon reprodukcí soustavy se odvíjí s kapacitou a velikostí hlediště. V průměru platí, že minimální výkon reprodukcí soustavy je pro činoherní divadlo 7 W na jedno místo v hledišti a pro hudební divadlo je 12 W na jedno místo v hledišti. Samozřejmě s vyšším výkonem roste i hlasitostní rezerva reprodukcí soustavy, která pak hraje čistěji (přirozeněji). Pro činoherní nebo operní divadla kukátkového typu s větším počtem míst může být vhodná i reprodukcí soustava s jednobodovým zdrojem zvuku, ale musí mít dostatečnou výkonovou rezervu pro čistou a přirozenou reprodukci. Je vhodná například dostatečně výkonná soustava dvoupásmových reprodukcí soustav doplněná o basové reprodukcí soustavy. Je také nutné zvolit systém, který dokáže obstarat celé frekvenční spektrum.

Pro Kukátkové divadlo s menší kapacitou je dostačující soustava jednobodových reprodukcí soustav o dostatečném výkonu doplněných o basové reprodukcí soustavy. Je však vhodnější (pokud je to možné s ohledem na konstrukční podmínky divadla) využít menšího systému „line array“, například o třech

reproduktorových soustavách na každé straně. Zde je možné použít i systémy „line array“ s pevným úhlováním, které jsou většinou konstruovány na kombinaci dvou až pěti reproduktorových soustav. Dosáhne se tak možnosti rovnoměrnějšího zvukového pokrytí prostoru podobně jako u kukátkových divadel s větší kapacitou hlediště, což je žádoucí především u hudebního divadla (pro muzikál a hudební vystoupení)

U všech divadel s kukátkovým jevištěm, zvláště u těch s větší kapacitou hlediště, je důležité využít „center fill“<sup>14</sup>, reproduktorů pro dobré podmínky poslechu v předních řadách hlediště (tzv. vykrývací reproduktorové soustavy), popřípadě zvolit další soustavy „center fill“ pro přirozený poslech v celém hledišti. Dosáhne se tak přirozenějšího zvukového vykrytí prostoru a dojmu, že se zvuk opravdu šíří z jeviště.

---

14 Umístění reproduktorové soustavy do středu mezi levou a pravou reproduktorovou soustavu.



### **5.1.2 Divadlo s variabilním řešením prostoru**

Divadelní prostory s možností variabilního řešení prostoru jsou především menší komorní divadelní scény (často alternativní). Jelikož zde může často docházet ke změnám umístění hracího prostoru, je vhodné pro tento účel zvolit i typ a umístění reproduktorových soustav. Nejsou zde příliš vhodné zvukové systémy „line array“, jelikož může často docházet ke změně umístění reprodukcí soustavy a při náročném divadelním provozu by nemusel být čas na jejich převěšení a správné „naúhlování“ nebo může nastat situace, že je nebude kam umístit, jelikož systémy „line array“ potřebují být zavěšeny v dostatečné výšce. Je proto výhodnější kombinace několika jednobodových zdrojů zvuku v kombinaci s basovými reproduktorovými soustavami. U menších divadel se můžeme setkat se situací, že zde nejsou žádné basové reproduktorové soustavy, ale pouze třípásmové reproduktorové systémy. Většinou se však jedná pouze o finanční záležitost či možnost rychlejší změny umístění a instalace reprodukcí soustavy. Kvalita zvuku bývá zpravidla nedostačující, zvláště pokud je u dané inscenace zvuk velice důležitou složkou (muzikály), ale i u činoherních inscenací, kde není výjimkou se především na alternativní scéně potkat s experimentálním zapojením a využitím zvuku.

Umístění reproduktorových soustav musí být tedy variabilní s možností rychlého přesunu soustavy. Často je také dobré, aby soustava nebyla příliš těžká, jelikož v těchto malých divadlech nebývá možnost zaměstnání více zvukařů. Umístěním basových reproduktorových soustav musí být velmi individuální k možnostem

a požadavkům dané inscenace. Častým jevem je umístění basových reproduktorových soustav pod hlediště. Dosáhne se tak mnohdy výjimečného efektu rozvibrování celého hlediště, a tedy dojmu většího zesílení basových frekvencí i s méně výkonnými basovými reproduktorovými soustavami. Často také může nastat požadavek na prostorové ozvučení divadla, které je možné s větším počtem reproduktorových soustav.

## **5.2 Kulturní a hudební kluby**

Menší hudební kluby se potýkají především s finanční náročností velkých a kvalitních reproduktorových systémů a větší kluby zase často se špatně zvoleným nebo umístěným systémem vůči akustice prostoru. Proto se zde nejčastěji používají jednobodové zdroje zvuku.

Pro malé hudební a kulturní kluby je důležité obsáhnout celé frekvenční spektrum za použití co nejmenšího počtu reproduktorových soustav. Často se setkáváme se zvolením třípásmového reproduktorového systému, který je sice levný, ale nedosahuje zdaleka takových kvalit jako několik reproduktorových soustav. Pokud se jedná o třípásmový reproduktorový systém, je potřeba, aby byl systém umístěn tak, aby spodní hrana systému byla alespoň ve výšce očí stojícího diváka. Dosáhne se tak co nejmenších frekvenčních ztrát. Vhodnější volbou pro hudební kluby je sada dvoupásmových reproduktorových soustav doplněných o jednu nebo více reproduktorových soustav basových. Záleží na výkonu a reproduktorovém osazení jednotlivých reproduktorových soustav. Kvalitních zvukových výsledků se dosáhne například kombinací dvoupásmové

reproduktorové soustavy doplněné o basovou reproduktorovou soustavu, která je osazena alespoň 15“ reproduktorem.

Především u hudebních klubů je žádoucí, aby reprodukcí soustava měla dostatečnou výkonovou zvukovou rezervu. Velice často se setkáváme (především v malých hudebních klubech) se situací, kdy hrají soustavy reproduktorů na své výkonové maximum, což velice negativně ovlivňuje kvalitu, věrnost a čistotu reprodukováného zvuku.

### ***5.2.1 Příklady vybavení pro optimální zvukové zabezpečení***

Návrh vybavení pro hudební kluby malé velikosti (do 200 lidí):

Od společnosti JBL: pasivní reproduktorová soustava PRX425 s výkonem 600W („peak“<sup>15</sup> 2400W), osazena dvěma 15“ reproduktory a tlakovou výškovou hornou, s celkovým frekvenčním rozsahem 48 Hz až 19 kHz. Případně může být doplněno pasivními basovými reproduktorovými soustavami PRX418Ss výkonem 800 W („peak“ 3200), osazeny jedním 18“ reproduktorem o frekvenčním rozsahu 35 Hz až 250 Hz.

Návrh vybavení pro hudební kluby střední velikosti (do 500):

---

<sup>15</sup> „Peak“ znamená výkon ve špičkách, tento výkon nesmí trvat delší dobu.

Od společnosti RCF: aktivní basová reproduktorová soustava TTS18A s výkonem 1000 W, osazená 18" basovým reproduktorem s frekvenčním rozsahem 35 Hz až 120 Hz s integrovaným „crossoverem“ dělícím frekvenční pásmo na 80 Hz, nebo 110 Hz společně s dvoupásmovým aktivním reproduktorovým systémem TT2-A, který má výkon 1600 W (je zde tedy dostatečná zvuková hlasitostní rezerva), osazený 12" středobasovým reproduktorem a 2" vysokotónovou tlakovou „hornou“ s frekvenčním rozsahem 50 Hz až 20 kHz. Integrovaný „crossover“ dělí frekvence mezi středobasovým reproduktorem a tlakovou „hornou“ na 750 Hz.

Návrh vybavení pro hudební kluby větší velikosti (nad 500 lidí):

Ve větších hudebních klubech se již vyplatí nainstalovat systém typu „line array“ například modelovou řadou Kiva od francouzské společnosti L'Acoustics. Jedná se o nejmenší „line array“ systém od této společnosti, který ale splňuje veškeré požadavky pokrytí kompletního prostoru. Popřípadě je možné zvolit jednobodový zdroj zvuku, například modelovou řadou VHD od společnosti KV2 Audio.

### **5.3 „Open air“ koncerty a velké haly**

Na velkých koncertech a festivalech „Open air“<sup>16</sup> se v dnešní době již převážně používá zvukový systém „line array“. Dříve se stavěly velké „stěny“ z reproduktorových soustav, ty však nedosahovaly parametrů jak v hlasitosti, tak v kvalitě zvuku jako soustavy „line array“. Nejvhodnější jsou velké a silné

---

<sup>16</sup> Jedná se o vystoupení ve venkovním prostředí

systemy, jako je například L'Acoustics K1, Nexo GEO T nebo jiné profesionální systémy od dalších renomovaných firem.

Při použití větších systémů se často setkáváme s nastavením (hlavně basových reproduktorových soustav) do kardiody<sup>17</sup>.

Na „Open air“ koncertech je nejdůležitější pokrýt velký prostor pokud možno co nejrovnoměrněji. Často se pro širší vykrytí prostoru využívá tzv. vykrývacích reproduktorových soustav. Jedná se o samostatné soustavy (mohou být také „line array“), které zabezpečují kvalitní poslech i vedle pódia, popřípadě se umísťují za zvukařský stan (tzv. FOH<sup>18</sup>) pro kvalitnější poslech i v zadních částech hlediště nebo ozvučené plochy. Tyto zadní vykrývací systémy musí být zpožděny podle vzdálenosti od hlavního reproduktorového systému.

## **5.4 Nahrávací studio**

Výběr reproduktorové soustavy do studia je vedle volby mikrofونů, procesorů a akustiky místnosti velmi důležitou součástí pro koncovou kvalitu celkové nahrávky. Proto jednotlivá nahrávací a hudební studia přistupují k volbě poslechových systémů velice opatrně a důsledně. Hlavní problém, jaké reproduktorové soustavy pořídit, je velikost poslechové místnosti (zvukové režie), její akustické vlastnosti a vzdálenost od místa, odkud se bude konečná nahrávka „mixovat“<sup>19</sup>. Existuje mnoho typů

---

17 Vyzařování jedním směrem

18 Z anglického Front of house (před pódiem)

19 Vyrovnávání hlasitostních poměrů nahrávky a tvorba její celkové barvy.

studiových reproduktorových soustav (viz. kapitola o studiových reproduktorových soustavách), a vybrat si ty nejlepší pro dané potřeby je velice obtížné. Při výběru také záleží na pořizovací ceně celého reproduktorového systému.

Jednou z nejdůležitějších značek na trhu je firma Genelec založena roku 1978, která má na svém kontě mnoho revolučních patentů pro studiové reproduktorové soustavy. Je to například systém Directivity Control Waveguide<sup>20</sup>. Tato firma vyrábí studiové reproduktorové soustavy určené jak pro blízký poslech („Nearfield“), tak i pro umístění na stojan („Midfield“) nebo namontováním do zdi („Main Monitors“). Důležitým rozhodnutím je, zda-li použít při studiové práci basovou reproduktorovou soustavu („subwoofer“). Ukazuje se, že nejvhodnější je upravovat danou nahrávku pouze za použití hlavní studiové reproduktorové soustavy a subwoofer použít až na kontrolní poslech.

Další významný výrobce studiových reproduktorových soustav je společnost KRK, která se specializuje na výrobu referenčních studiových reproduktorových soustav (tedy především na blízký poslech). Typické jsou na první pohled žlutě zbarvenou membránou středobasového reproduktoru. Profesionální reproduktorové soustavy série Exposé nebo VXT jsou jednou z nejčastějších voleb především pro střední nahrávací studia

---

20 Řízení směrovosti zvukových vln.



*Ilustrace 15: Studiová reproduktorová soustava*

*Zdroj: <http://www.audio-ideas.com>*

Další důležitou volbou pro kvalitní poslech a kontrolu nahrávky je kombinace poslechu studiových reproduktorových soustav s poslechem ve sluchátkách. Vyrábějí se speciální studiová sluchátka, která mají minimální harmonické zkreslení a rovnou frekvenční charakteristiku. Jsou to například sluchátka od firem Sennheiser (model HD280 Pro), Beyerdynamic (model DT880 Pro), Shure (model RSH 1840 nebo RSH 1440) popřípadě AKG (model K 271). Běžnému posluchači se může zdát, že tato sluchátka nehrají (hlavně v poměru cena – výkon) nijak zvlášť kvalitně, ale opak je pravdou. Sluchátka na běžný poslech (stejně tak jako reproduktorové soustavy na běžný poslech v domácnosti) mají velký hlasitostní zdvih především na nízkých a vysokých frekvencích. Nahrávka tak i na lacinějším zařízení zní dobře, ale je zde větší míra zkreslení,

vlastního šumu a jednotlivé nástroje již nejdou rozeznat tak dobře, jako na profesionálním vybavení. To je hlavním důvodem, proč jsou studiová sluchátka a studiové reproduktorové soustavy nenahraditelné. Vyzařují opravdu to, co je na nahrávce.



## **Závěr**

Tato bakalářská práce shrnuje poznatky o vývoji, typech a funkčním využití jednotlivých reproduktorů a reproduktorových soustav.

Celý svět klade na kvalitu zvuku a zvukového přenosu stále větší nároky, což vede k rychlému vývoji a rozvoji zvukových systémů.

Pro divadlo se stal reprodukováný zvuk jeho součástí a především na hudebních scénách hraje svou významnou roli. Stále také rostou požadavky na hlasitost a zvukové vykrytí prostor, což moderní technologie zajišťuje. Také na vývoj basových reproduktorových soustav jsou kladeny stále větší nároky, a to především díky moderním poznatkům o možnosti směřovat basové frekvence.

Cílem práce bylo objasnit podmínky pro výběr zvukových reproduktorových soustav pro jednotlivé typy použití, jako je divadlo, koncerty nebo studiová práce. Pro tyto účely existuje mnoho profesionálních zvukových systémů, ale ne vždy si může daná instituce dovolit investovat nemalé finanční prostředky do kvalitní reprodukční soustavy. Proto se často setkáváme s kompromisy, kterénemusí být vždy zcela vhodné.

Je důležité si uvědomit, že v kvalitě reproduktorové soustavy hraje roli každá nejmenší součástka, která je do soustavy nainstalována. Nevyplatí se na jednom místě ušetřit, protože celá reprodukční soustava hraje tak, jak mu to dovolí jeho nejslabší článek.

## Seznam ilustrací

Ilustrace 1: Stojaté vlnění.....	7
Ilustrace 2: Elektrodynamický reproduktor.....	11
Ilustrace 3: Piezoelektrický reproduktor.....	13
Ilustrace 4: Koaxiální reproduktor.....	14
Ilustrace 5: Nákres reproduktoru.....	18
Ilustrace 6: Kmitací cívka reproduktoru.....	21
Ilustrace 7: Konektor XLR.....	25
Ilustrace 8: Speakon .....	26
Ilustrace 9: Schéma výhybky s cívkami.....	27
Ilustrace 10: UBL JRX125.....	33
Ilustrace 11: Line array, úhly.....	36
Ilustrace 12: Aktivní odposlechová reproduktorová soustava..	40
Ilustrace 13: Vyzařování line array Nexo 45°N.....	42
Ilustrace 14: Vnímání stereo signálu.....	47
Ilustrace 15: Studiová reproduktorová soustava.....	58

## Seznam použitých zdrojů

Active Nearfield Monitors. Sound On Sound – The world's best recording technology magazine! [online]. 2013 [cit. 2013-05-18]. Dostupné z: <http://www.soundonsound.com/sos/may12/articles/spotlight-0512.htm>

Active Speakers and Speaker Systems from Genelec since 1978 [online]. 2013 [cit. 2013-05-18]. Dostupné z: <http://www.genelec.com/>

AKG | Microphones and Headphones [online]. 2013 [cit. 2013-05-18]. Dostupné z: <http://www.akg.com/AKG-997.html>

GEIST, Bohumil. Akustika: jevy a souvislosti v hudební teorii a praxi. Praha: Muzikus, 2005, 281 s. ISBN 80-862-5331-7.

D.A.S. Audio [online]. 2013 [cit. 2013-05-18]. Dostupné z: <http://www.dasaudio.com/en/>

DB TECHNOLOGIES: Active Speakers Flexsys Flexsys F10 [online]. 2013 [cit. 2013-05-18]. Dostupné z: <http://www.dbtechnologies.com/>

DB TECHNOLOGIES: Active Speakers Flexsys Flexsys F10 [online]. 2013 [cit. 2013-05-18]. Dostupné z: <http://www.dbtechnologies.com/>

EAW [online]. 2013 [cit. 2013-05-18]. Dostupné z: [http://www.eaw.com/Main\\_Page](http://www.eaw.com/Main_Page)

Encyklopedie fyziky. Encyklopedie fyziky [online]. 2013 [cit. 2013-05-18]. Dostupné z: <http://fyzika.jreichl.com/main.article/view/400-elektrodynamicky-reproduktor>

Headphones, Headsets, Microphones by beyerdynamic [online]. 2013 [cit. 2013-05-18]. Dostupné z: <http://eastern-europe.beyerdynamic.com/>

HK Audio [online]. 2013 [cit. 2013-05-18]. Dostupné z: <http://hkaudio.com/>

FRANĚK, Marek. Hudební psychologie. Vyd. 1. V Praze: Karolinum, 2005, 238 s. ISBN 80-246-0965-7.

SYROVÝ, Václav. Hudební zvuk: příspěvek k teorii zvukové tvorby. 1. vyd. V Praze: Akademie múzických umění, 2009, 303 s. Akustická knihovna Zvukového studia Hudební fakulty AMU. ISBN 978-80-7331-161-2.

Hure: Microphones, Wireless microphones, in-ear monitoring, earphones, headphones [online]. 2013 [cit. 2013-05-18]. Dostupné z: <http://www.shure.eu/>

Ine array, závěsný systém. Ine array, závěsný systém [online]. 2013 [cit. 2013-05-18]. Dostupné z: <http://www.line-array.cz/z28-line-array-lnd32a-aktivni/>

nnovason [online]. 2013 [cit. 2013-05-18]. Dostupné z: <http://www.innovason.com/>

JBL Professional. JBL Professional [online]. 2013 [cit. 2013-05-18]. Dostupné z: <http://www.jblpro.com>

KRK SYSTEMS - Studio Monitors, Headphones, Subwoofers, Speakers, Monitoring Applications, Room Correction Technology [online]. 2013 [cit. 2013-05-18]. Dostupné z: <http://www.krksys.com/index.html>

KV2 Audio [online]. 2013 [cit. 2013-05-18]. Dostupné z: <http://www.kv2audio.com/cz>

L-ACOUSTICS [online]. 2013 [cit. 2013-05-18]. Dostupné z: <http://www.l-acoustics.com/>

Lab.gruppen [online]. 2013 [cit. 2013-05-18]. Dostupné z: <http://labgruppen.com/>

Line Array. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2013-05-18]. Dostupné z: [http://en.wikipedia.org/wiki/Line\\_array](http://en.wikipedia.org/wiki/Line_array)

FRY, Duncan R. Live sound mixing. 4th ed. Cheltenham, Vic., Australia: Roztralia Productions, 2005. ISBN 06-461-1235-X.

Live Sound: Everything You Wanted To Know About Line Arrays (And Then Some) - Pro Sound Web. Live Sound: Everything You Wanted To Know About Line Arrays (And Then Some) - Pro Sound Web [online]. 2013 [cit. 2013-05-18]. Dostupné z: [http://www.prosoundweb.com/article/everything\\_you\\_wanted\\_to\\_know\\_about\\_line\\_arrays\\_and\\_thanks\\_for\\_asking/](http://www.prosoundweb.com/article/everything_you_wanted_to_know_about_line_arrays_and_thanks_for_asking/)

Meyer Sound Laboratories Inc [online]. 2013 [cit. 2013-05-18]. Dostupné z: <http://www.meyersound.com/index.php>

NEXO [online]. 2013 [cit. 2013-05-18]. Dostupné z: <http://nexo-sa.com/en/>

OTČENÁŠEK, Zdeněk. O subjektivním hodnocení zvuku. 1. vyd. V Praze: Akademie múzických umění, 2008, 141 s. Akustická knihovna Zvukového studia Hudební fakulty AMU. ISBN 978-80-7331-113-1.

TARÁBEK, Pavol. Odmaturuj! z fyziky. Vyd. 1. Brno: Didaktis, 2004, 224 s. ISBN 80-862-8539-1.

VLACHÝ, Václav. Praxe zvukové techniky. 3. aktualiz. vyd. Praha: Muzikus, 2008, 257 s. ISBN 978-80-86253-46-5.

Professional Loudspeaker Systems. Martin Audio Ltd [online]. 2013 [cit. 2013-05-18]. Dostupné z: <http://www.martin-audio.com/>

RCF [online]. 2013 [cit. 2013-05-18]. Dostupné z: <http://www.rcf.it/homepage>

Renkus-Heinz, Inc. - Professional Audio Systems, Professional Sound Systems, PA Loudspeakers [online]. 2013 [cit. 2013-05-18]. Dostupné z: <http://www.renkus-heinz.com/>

Reproduktor. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2013-05-18]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Reproduktor>

Reproduktorová soustava. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2013-05-16]. Dostupné z: [http://cs.wikipedia.org/wiki/Reproduktorová\\_soustava#V.C3.BDhybky](http://cs.wikipedia.org/wiki/Reproduktorová_soustava#V.C3.BDhybky)

THOMAN, Kamil. Reprodukory a reprosoustavy 2. Karviná: Ve spolupráci s firmou DEXON, 2010. ISBN 978-80-86253-46-5.

Sennheiser - Headphones & Headsets - Microphones - Integrated Systems [online]. 2013 [cit. 2013-05-18]. Dostupné z: <http://en-de.sennheiser.com/>

Studio Monitor. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2013-05-18]. Dostupné z: [http://en.wikipedia.org/wiki/Studio\\_monitor](http://en.wikipedia.org/wiki/Studio_monitor)

turbosound - Professional Loudspeaker Systems [online]. 2013 [cit. 2013-05-18]. Dostupné z: <http://www.turbosound.com/index.shtml>

Yamaha [online]. 2013 [cit. 2013-05-18]. Dostupné z: <http://www.yamahaproaudio.com/global/en/>

KOPECKÝ, Pavel. Základy elektronického zvuku a jeho kreativní zpracování. 1. vyd. V Praze: Akademie múzických umění, 2008, 151 s. ISBN 978-807-3311-216.