

AKADEMIE MÚZICKÝCH UMĚNÍ V PRAZE

HUDEBNÍ A TANEČNÍ FAKULTA

Hudební umění

Zvuková tvorba

DIPLOMOVÁ PRÁCE

**ODPOSLECHOVÉ SYSTÉMY PŘI LIVE
OZVUČENÍ**

BcA. Michal Navrátil, DiS.

Vedoucí práce:	doc. MgA. Ing. Ondřej Urban, Ph.D.
Oponent práce:	Ing. Milan Guštar, Ph.D.
Datum obhajoby:	22.6.2021
Přidělovaný akademický titul:	MgA.

Praha, 2021

ACADEMY OF PERFORMING ARTS IN PRAGUE

MUSIC AND DANCE FACULTY

Art of Music

Sound production

DIPLOMA THESIS

**PERSONAL MONITORING SYSTEMS IN LIVE
SOUND REINFORCEMENT**

BcA. Michal Navrátil, DiS.

Thesis Supervisor:	doc. MgA. Ing. Ondřej Urban, Ph.D.
Thesis Opponent:	Ing. Milan Guštar, Ph.D.
Date of thesis defense:	22.6.2021
Academic title granted:	MgA.

Praha, 2021

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „**Odposlechové systémy při live ozvučení**“ vypracoval samostatně pod odborným vedením vedoucího práce a s použitím uvedené literatury a pramenů.

Praha, dne

.....

podpis diplomanta

Upozornění

Využití a společenské uplatnění výsledků diplomové práce nebo jakékoliv nakládání s nimi je možné pouze na základě licenční smlouvy, tj. souhlasu autora a AMU v Praze.

Abstrakt

Tato práce nabízí pohled do problematiky odposlechových systémů při live ozvučených akcích. Zabývá se vznikem, historií a vývojem pódiových odposlechů. Přináší podrobný přehled o jednotlivých komponentech, mezi něž patří mixážní pulty, odposlechové reproboxy, in-earové systémy a bezdrátový přenos zvuku. Neopomíná téma latence, kterou způsobují digitální zvukové systémy, a ochrany sluchu během vystoupení.

Pomocí dat ze dvou dotazníků přináší náhled do praxe s odposlechovými systémy českých zvukařů a hudebníků. V některých případech nabízí informace z profesionálního prostředí od zvukaře s dlouholetou praxí.

Zvukaři preferují mix odposlechových cest z monitorového pultu, v praxi však výrazně převažuje míchání odposlechů z FOH pultu. Preference vystupujících umělců tíhnou k používání in-earových systémů. Během vystoupení jako hlavní odposlechový systém stále mírně dominují odposlechové reproboxy.

Odposlechové systémy v dnešní době nabízí vystupujícím umělcům mnohdy vyšší zvukový komfort, než má publikum, pro které vystupují.

Klíčová slova

Odposlechový reprobox, in-earový systém, mixážní pult, bezdrátový přenos zvuku

Abstract

This thesis offers an insight into the personal monitoring systems used on live events with sound reinforcement. It deals with origin, history and development of personal monitoring. It provides a detailed overview of the individual components including mixing consoles, monitor loudspeakers, in-ear monitoring systems and wireless audio transmission. It also focuses on latency caused by digital audio systems and on hearing protection during performances.

It provides inside look into the practice of personal monitoring systems of Czech sound engineers and musicians using data from two questionnaires. It delivers in some topics information from professional productions based on interview made with experienced sound engineer.

Sound engineers prefer mixing for personal monitors from monitor mixing desk. In real world they do that mostly from FOH mixing console. The preferences of performing artists tend to use in-ear monitoring systems. Monitor loudspeakers still slightly dominate as main personal monitoring system on live events.

Nowadays, personal monitor systems can offer better sound comfort for performers during their show than the audience could have.

Key words

Personal monitor loudspeaker, in-ear monitoring system, mixing console, wireless audio transmission

Poděkování

Touto cestou bych rád poděkoval MgA. Janu Středovi za konzultaci při výběru tématu práce a Ing. Michalu Brůnovi za poskytnutý rozhovor. Dále bych rád poděkoval doc. MgA. Ing. Ondřeji Urbanovi, Ph.D. za trpělivost při vedení mé diplomové práce. Současně patří poděkování také všem respondentům, kteří mi poskytli cenné informace ze své praxe. Rád bych poděkoval také mé rodině a mým nejbližším za podporu během celého studia.

Obsah

Seznam použitého označování, zkratek a pojmů.....	10
Úvod.....	11
1 Stručná historie odposlechových systémů.....	12
2 Komponenty odposlechového systému.....	18
2.1 Mixážní pult.....	18
2.1.1 Analogový mixážní pult.....	19
2.1.2 Digitální mixážní pult.....	19
2.2 Odposlechový reprobox.....	20
2.2.1 Dělení dle typu napájení.....	21
2.2.1.1 Aktivní reprobox.....	21
2.2.1.2 Pasivní reprobox.....	21
2.2.2 Dělení dle typu reproduktoru.....	22
2.2.2.1 Reprobox s klasickými reproduktory.....	22
2.2.2.2 Reprobox s koaxiálním reproduktorem.....	22
2.2.3 Dělení dle typu užití na pódiu.....	22
2.2.3.1 Mini monitor.....	22
2.2.3.2 Standardní monitor.....	23
2.2.3.3 Drum fill.....	23
2.2.3.4 Side fill.....	23
2.2.3.5 Pódiový subwoofer.....	24
2.2.4 Zpětná vazba.....	24
2.3 In-earový systém.....	26
2.3.1 Drátový in-ear.....	27
2.3.2 Bezdrátový in-ear.....	27
2.3.2.1 Typy bezdrátového přenosu.....	28
2.3.2.2 Přenosové frekvence.....	29
2.3.2.3 Typy antén.....	29

2.3.3	Vzdálené ovládání odposlechové cesty.....	31
2.3.3.1	Ovládání pomocí kontroleru	31
2.3.3.2	Ovládání pomocí MIDI a počítačové sítě	32
2.3.4	Režimy in-earového poslechu.....	33
3	Používání odposlechových systémů v ČR	37
3.1	Zvukoví mistři.....	37
3.2	Vystupující umělci.....	49
	Závěr.....	60
	Seznam použitých pramenů.....	61

Seznam použitého označování, zkratek a pojmů

Bodypack	nenápadné zařízení, které má u sebe vystupující umělec; může sloužit jako sluchátkový zesilovač nebo jako vysílač nebo přijímač bezdrátového signálu
FOH	zkratka Front of House; označení místa pro zvukaře, který tvoří zvukový obraz pro posluchače v hledišti
Latence	zpoždění signálu, které vytváří především digitální systém přenosu zvuku a jeho komponenty
Monitor	synonymum pro odposlechový reprobox
mW	zkratka miliwatt
PA	zkratka Public Adress; označení pro ozvučovací systém, který je určen pro publikum
Rider	technické požadavky vystupujícího umělce / hudební skupiny na zvukovou techniku

Úvod

Motivací pro volbu tématu diplomové práce pro mne byl moment, kdy jsem se ujal návrhu na sestavení bezdrátového in-earového odposlechového systému pro hudební skupinu zpěvačky a písničkářky Sabiny Ludányiové. V tomto uskupení působím jako hráč na klávesové nástroje. Díky své několikaleté zkušenosti s vystupováním na live ozvučených akcích a své praxi zvukového mistra s ozvučováním různorodých projektů jsem si myslel, že to nebude těžký úkol. Pro zvolení vhodného řešení jsem se do problematiky odposlechových systémů ponořil hlouběji.

Při hledání dostupné literatury jsem zjistil, že na toto téma není přímo zaměřena žádná literatura. V pár knihách zaměřených na live ozvučování se vyskytuje několik kapitol, které se tomuto tématu věnují, ale spíše jen okrajově. Odborná literatura je většinou zaměřena na PA systémy.

Bohatým zdrojem zejména aktuálních informací je internet. Na webových stránkách z prostředí zvukových mistrů přispívají zajímavými články z teorie i praxe zvukaři z celého světa, kteří se v tomto prostředí aktivně pohybují. Dalším zdrojem informací jsou uživatelské manuály výrobců zvukové techniky.

Cílem této práce je přiblížit čtenáři vznik a vývoj odposlechových systémů, představit jeho jednotlivé komponenty, upozornit na některá úskalí v této oblasti a nahlédnout na používání odposlechových systémů v České republice z pohledu zvukových mistrů a vystupujících umělců. Myslím si, že úhel pohledu hudebníků může být pro zvukového mistra přínosný. Poznatky z této práce mohou pomoci při specializaci v oboru monitorového zvukaře.

1 Stručná historie odposlechových systémů

Z dnešního úhlu pohledu je nepředstavitelné, že by hudebníci vystoupili na live ozvučené akci bez odposlechových reproduktorů nebo in-earového systému. V době vzniku rock'n'rollu však žádné odposlechy neexistovaly. Zvukové systémy byly velmi jednoduché a používaly se primárně k zesílení zpěvu, odposlechy v té době ještě nebyly vynalezeny.¹

Instrumentalisté se museli spolehnout na své nástrojové zesilovače, které sloužily k zesílení nástroje do publika, aby se slyšeli. Zpěváci byli vydáni na pospas přeslechu ze strany PA a odrazům z místnosti, které samozřejmě podléhaly akustickému zpoždění, což pro zpěváky znamenalo nadlidský výkon udržet tempo s kapelou. Je nutné podotknout, že toto velmi ztěžovalo vystupování. Byl to také jeden z důvodů, proč se kapela Beatles rozhodla skončit s veřejným vystupováním v roce 1966. PA aparatury nebyly dostatečně hlasité, aby obecnost slyšela kapelu, a zároveň kapela neslyšela ani sama sebe.²

Mnoho zvukařů se snažilo vyřešit tento problém. Několik z nich přišlo s myšlenkou vyplnit zvuk pódia pomocí stage fillů³. Byl to jednoduše pár reproboxů po stranách pódia, který vyzařoval zvuk na pódium shodný se zvukem pro publikum. Tehdejší mixážní pulty neměly žádné pomocné výstupy, kterými by se dal oddělit zvuk pro obecnost a pro pódium, jako je tomu dnes.⁴

Vystoupení zpěvačky Judy Garland v San Francisku v Civic Auditorium v roce 1961 bylo jedno z prvních míst, kde byly použity reproboxy na pódium ve formě stage fillu pro hudebníky. Za zmínku stojí, že tuto akci ozvučovala firma McCune Audio. Kapela Beatles měla také možnost slyšet se na svém vystoupení. Bylo to na stadionu v Atlantě v roce 1965. Zde zvukař Duke Mewborn použil také techniku stage fillů, které byly součástí hlavního PA, ale mírně nasměrovány na kapelu.⁵

¹ PELL, Becky. Hear At Last: A History Of Stage Monitoring. In: *ProSoundWeb* [online]. December 5, 2019 [cit. 2021-03-11]. Dostupné z: <https://www.prosoundweb.com/hear-at-last-a-history-of-stage-monitoring/>

² Tamtéž

³ stage fill – doslovný překlad z angličtiny by byl termín pódiová výplň, v praxi se v češtině používá běžně termín stage fill bez překladu

⁴ Tamtéž

⁵ Tamtéž

S konceptem odposlechových reproboxů, tak jak je známe dnes, přišel „otec festivalového zvuku“ Bill Hanley⁶ v roce 1969 při spolupráci s hudební skupinou Buffalo Springfield. Reproboxy položil na zem před hudebníky a nasměroval je nahoru tak, aby reproduktory mířily přímo na hudebníky. Aby dosáhl požadované hlasitosti odposlechu a zároveň se vyhnul zpětné vazbě, použil Hanley na pódiu mikrofony se směrovou charakteristikou.⁷

Hanleymu je také připisována zásluha za tvar, který odposlechové reproboxy dodnes mají. V rozhovoru na otázku, jak vznikly tyto první odposlechy, odpověděl Hanley: *„No, nepamatuji si, jak jsme k nim přišli. Již tenkrát byly dost zastaralé. Vypadaly jako králíkárny a také jsem jim tak říkal. Byly to jen tyto boxy s drátěnou mřížkou. První odposlechy, které jsme měli, byly od firmy TASCOS. Výškový reproduktor byl v jiném boxu, který se přichytil ze shora, ale ten vždy spadl na zem.“*⁸

Se zvětšováním PA aparatur a jejich rostoucím výkonem rostla také potřeba odposlechových monitorů pro účinkující. Na pódii se začaly objevovat reproboxy klínového tvaru od firem Showco a Clair. Jakmile o nich hudebníci zaslechli, chtěli je mít také na svém vystoupení.⁹

Brzy vznikla potřeba mít monitorového zvukaře, který se postará výhradně o zvukový komfort kapely na pódiu. Tomu šla naproti firma McCune, jejíž hlavní inženýr Bob Cavin v roce 1970 navrhl mixážní pult, který byl určen výhradně pro pódiové odposlechy. Je důležité podotknout, že takové doplňky nebyly vždy vítány FOH zvukaři. Zvukař kapely Pink Floyd Mick Kluczynski velmi brzy zpozoroval, že odposlechové reproboxy „se šíří jako virus“ a zjistil, že začíná svádět souboj se svým zvukovým systémem pro publikum s druhým zvukovým systémem, který byl na pódiu.¹⁰

Díky vývoji a postupnému vylepšování PA aparatur a odposlechů na pódiu se začala zvyšovat celková hlasitost na ozvučených akcích. To způsobilo, že účinkující na

⁶ Bill Hanley byl jedním z průkopníků ozvučovacího systému na původním festivalu Woodstock v roce 1969

⁷ PELL, Becky. Hear At Last: A History Of Stage Monitoring. In: ProSoundWeb [online]. December 5, 2019 [cit. 2021-03-11]. Dostupné z: <https://www.prosoundweb.com/hear-at-last-a-history-of-stage-monitoring/>

⁸ Tamtéž

⁹ Tamtéž

¹⁰ Tamtéž

pódiu se opět začali špatně slyšet a s tím se objevil nový problém. Kvůli vysoké hlasitosti na pódiu začali mít vystupující umělci chronické poruchy sluchu.¹¹

V druhé polovině 70. let 20. století se objevil nový fenomén. Stephen Ambrose po několika letech vývoje vyvinul první komerčně úspěšná in-earová sluchátka. On sám je používal při svých vystoupeních v nočních klubech v Hollywoodu. Velmi brzy se tato sluchátka stala populární. Na základě tohoto úspěchu Ambrose kontaktovali zvukaři od Stevieho Wondera. Pro něj Ambrose vyrobil in-earová sluchátka na míru ze samo tuhajícího silikonu, která kopírovala tvar Wonderových uší.¹²

Na začátku 80. let 20. století se myšlenkou in-earových sluchátek začal zabývat také Marty Garcia. V roce 1982 vytvořil sluchátka na míru pro Todda Rundgrena. Tento koncept se zalíbil celé kapele Utopia. Její tour v roce 1985 bylo první, které bylo kompletně bez odposlechových reproboxů. Všichni členové kapely měli in-earová sluchátka Ear Monitors od firmy Future Sonics, kterou založil Marty Garcia.¹³

V podobné době se vývojem in-earového systému začal zabývat také Chrys Lindop.¹⁴ Jeho motivací bylo snížit hlasitost odposlechových monitorů na pódiu. Na koncertu Jeffa Becka v Düsseldorfu v roce 1986 působil Lindop jako FOH zvukař. Během koncertu za Lindopem přišel Beckův manažer a řekl mu „Chrysi, je to nějak moc nahlas, nemyslíš si?“ Lindop mu odpověděl: „Ok, zmáčkni toto tlačítko.“ Manažer tlačítko zmáčkl, ale ve zvuku žádný rozdíl slyšet nebyl. Zeptal se: „A...?“ Lindop konstatoval: „Právě jsi vypnul hlavní PA.“¹⁵

V této době in-earová sluchátka nabízela slušný zvukový komfort. Hudebníci ovšem byli při vystoupení limitováni délkou kabelu, který ke sluchátkům vedl.¹⁶

¹¹ PELL, Becky. Hear At Last: A History Of Stage Monitoring. In: ProSoundWeb [online]. December 5, 2019 [cit. 2021-03-11]. Dostupné z: <https://www.prosoundweb.com/hear-at-last-a-history-of-stage-monitoring/>

¹² The Origin, History and Evolution of In Ear Monitors and Personal Listening Devices. In: YouTube [online]. 2.8.2016 [cit. 2021-03-23]. Dostupné z: https://youtu.be/K9_XsecRSsM

¹³ PELL, Becky. Hear At Last: A History Of Stage Monitoring. In: ProSoundWeb [online]. December 5, 2019 [cit. 2021-03-11]. Dostupné z: <https://www.prosoundweb.com/hear-at-last-a-history-of-stage-monitoring/>

¹⁴ Tamtéž

¹⁵ CHAPPLE, Jon. GENIUS! #25: Chrys Lindop and in-ear monitoring. In: *Pro Sound News* [online]. April 2, 2015 [cit. 2021-03-24]. Dostupné z: <https://www.prosoundnetwork.com/international/genius-25-chrys-lindop-ear-monitoring>

¹⁶ PELL, Becky. Hear At Last: A History Of Stage Monitoring. In: ProSoundWeb [online]. December 5, 2019 [cit. 2021-03-11]. Dostupné z: <https://www.prosoundweb.com/hear-at-last-a-history-of-stage-monitoring/>

Tento problém vyřešil Lindop v roce 1987, kdy byl součástí týmu při tour Stevieho Wondera. Pomocí pěti wattového FM radiového vysílače byla lokálně vytvořena rozhlasová stanice Wonderland Radio¹⁷. Ta vysílala signál z odposlechového mixážního pultu s odposlechovou cestou pro Wondera, který měl u sebe jako přijímač standardní Sony Walkman FM Radio naladěný na frekvenci Wonderland Radio. Do přijímače měl zapojená svá in-earová sluchátka.¹⁸

Legálnost tohoto řešení je diskutabilní. Wonderland Radio byla ve skutečnosti pirátská rozhlasová stanice. Nicméně díky tomuto systému se mohl Wonder volně pohybovat po pódiu a mít stále svůj plnohodnotný odposlechový signál.¹⁹ Ten kromě hudebního mixu zajišťoval také komunikaci, díky které se Wonder mohl pohybovat po pódiu bezpečně.²⁰

Po této úspěšné zkušenosti se Lindop rozhodl vytvořit praktičtější bezdrátový systém, jehož frekvence by byly v legálním přenosovém pásmu. Společně s Martinem Noahem založil firmu Garwood a vytvořili první komerčně dostupný bezdrátový in-earový odposlechový systém Radio Station. Skládal se z 500 mW stereo vysílače, který vysílal v kmitočtovém pásmu 854–862 MHz, a přijímače, který byl robustní, odolný a zároveň stylový. Sériová výroba začala ještě v roce 1987. Mezi prvními umělci, kteří s tímto systémem začali vystupovat, byli Rod Stewart či Peter Gabriel.²¹

Dalším zlomovým momentem ve vývoji in-earových sluchátek byl rok 1995. Bubeník z kapely Van Halen Alexe Van Halena bolely uši z vysoké hlasitosti na pódiu a měl problém s komunikací s ostatními členy kapely během vystoupení. S tehdejšími monitorovým zvukařem kapely Jerryem Harveym se začali zajímat o in-earová sluchátka, která by byla potenciálním řešením Van Halenových problémů. Harvey nebyl spokojený se zvukovou kvalitou dostupných in-earových sluchátek, která tehdy byla pouze jedno pásmová. Rozhodl se vytvořit vlastní dvoupásmová sluchátka. Oproti dosavadním sluchátkům do nich přidal navíc

¹⁷ Během koncertu v londýnské Wembley aréně bylo hlášeno, že tato stanice se dala naladit i v Hampsteadu, který je od Wembley vzdálený kolem šesti mil.

¹⁸ BURTON, Jon. An Introduction To In-ear Monitoring: The Sound In Your Head. In: Sound On Sound [online]. February 2013 [cit. 2021-03-24]. Dostupné z: <https://www.soundonsound.com/techniques/introduction-ear-monitoring>

¹⁹ Tamtéž

²⁰ FRANKSON, Richard, LINDOP, Chrys, ed. In Ear Monitors a Brief History. In: SoundLightUP [online]. December 2018 [cit. 2021-03-24]. Dostupné z: https://www.soundlightup.com/wp-content/uploads/2018/12/IEM_History.pdf

²¹ Tamtéž

vysokofrekvenční reproduktor. Tvar sluchátek byl dělaný na míru podle odlitku Van Halenových uší. Bubeník byl ze sluchátek nadšený. Harvey poté založil svoji první firmu Ultimate Ears, kde pokračoval ve vývoji rafinovanějších in-earových sluchátek.²²

Zpráva o vylepšení in-earových sluchátek se šířila velmi rychle a hudebníci, kteří si chtěli chránit svůj sluch a mít lepší zvukový zážitek z vystoupení, se s touto technologií velmi rychle sžívali. Díky většímu počtu výrobců začala tato technologie být celosvětově cenově dostupnější širšímu spektru účinkujících.²³

Bezdrátové odposlechové systémy byly zpočátku velmi drahé a používalo je jen několik předních kapel. Většího rozmachu se dočkaly koncem 90. let 20. století.²⁴ Firma Shure v roce 1997 uvedla model PSM 600²⁵, který nabízel možnost vybrat si ze dvou provozních frekvencí. Jeho cena byla značně nižší než systému Garwood. Krátce po přelomu tisíciletí také firma Sennheiser představila svůj cenově dostupnější bezdrátový odposlechový systém Sennheiser 3000, který, podobně jako Shure PSM 600, nabízel velmi omezenou volbu přenosových frekvencí.²⁶

Během následující dekády došlo ke zvýšení počtu volby přenosových frekvencí na jednom bezdrátovém zařízení. Pro systémové a monitorové zvukaře tak začalo být jednodušší vyhledávání volných přenosových frekvencí. Koncem nultých let 21. století se povedlo výrobcům stabilizovat příjem bezdrátového signálu na přijímačích pomocí technologie true diversity. Jako druhou anténu využili kabel od sluchátek.²⁷

Díky pokročilejším bezdrátovým technologiím se počet potřebných přenosových pásem pro komplexní show přehoupl z řádu jednotek do desítek. Ve stejné době začaly vlády jednotlivých států prodávat kmitočtová přenosová pásma mobilním společnostem. Ty pro svou novou technologii potřebovaly vyhrazená pásma, která

²² PELL, Becky. Hear At Last: A History Of Stage Monitoring. In: ProSoundWeb [online]. December 5, 2019 [cit. 2021-03-11]. Dostupné z: <https://www.prosoundweb.com/hear-at-last-a-history-of-stage-monitoring/>

²³ Tamtéž

²⁴ Tamtéž

²⁵ SHURE HISTORY. In: SHURE [online]. [cit. 2021-03-25]. Dostupné z: <https://www.shure.com/en-GB/about-us/history>

²⁶ PELL, Becky. Hear At Last: A History Of Stage Monitoring. In: ProSoundWeb [online]. December 5, 2019 [cit. 2021-03-11]. Dostupné z: <https://www.prosoundweb.com/hear-at-last-a-history-of-stage-monitoring/>

²⁷ Tamtéž

lokálně nikdo nesměl narušovat jinou bezdrátovou technologií. Vyhledávání volných přenosových frekvencí se tak stalo složitější. ²⁸

Kolem roku 2010 začali výrobci bezdrátových systémů experimentovat s digitálním přenosem signálu. Ten umožňuje použít mnohem více přenosových frekvencí v rámci jednoho přenosového pásma, aniž by se jednotlivé frekvence mezi sebou rušily. V počátcích tato technologie však měla problém s vysokou latencí při převádění analogového signálu do digitálního. Technologie však dále pokročila a čas AD a DA konverze se minimalizoval. To umožnilo digitálním bezdrátovým systémům stát se plnohodnotnou alternativou k analogovým systémům. ²⁹

²⁸ PELL, Becky. Hear At Last: A History Of Stage Monitoring. In: ProSoundWeb [online]. December 5, 2019 [cit. 2021-03-11]. Dostupné z: <https://www.prosoundweb.com/hear-at-last-a-history-of-stage-monitoring/>

²⁹ Tamtéž

2 Komponenty odposlechového systému

Odposlechový systém je z technického hlediska sumace, distribuce a reprodukce vstupního signálu do jednoho či více míst současně. Vstupním signálem může být signál z mikrofону, který převedl původní akustický tlak na elektrický signál, nebo výstup elektronického zařízení (např. klávesový nástroj, zvuková karta atp.). K sumaci a distribuci slouží mixážní pult s multipárovými kabely, případně stageboxy. Následnou reprodukci zajišťují odposlechové reproboxy nebo in-earové systémy.

2.1 Mixážní pult

Mixážní pult je nervové centrum celého zvukového systému. Procházejí jím prakticky všechny audio signály, které jsou dále zpracovávány. Pro ozvučení pódia při živém vystoupení slouží FOH pulty nebo speciální monitorové pulty.³⁰

Pult má čtyři základní sekce, konkrétně vstupní část, korekční část, část pro smíchání signálu do pomocných výstupů a výstupní část.³¹

Vstupní část upravuje signál z různých zdrojů signálu na optimální úroveň.³²

Korekční část upravuje frekvenční složku signálu.³³ U některých pultů bývá v této sekci také možnost dynamických úprav signálu pomocí expandéru a kompresoru.

Část pro smíchání signálu do pomocných výstupů odesílá smíchané úrovně z každého vstupního kanálu do příslušné sběrnice. Odtud lze signál distribuovat do externích efektových procesorů nebo do odposlechové soustavy.³⁴ Tato sekce je stěžejní pro odposlechové systémy.

Výstupní část odesílá požadovanou úroveň z každého vstupního kanálu prostřednictvím sběrnic do hlavních výstupů.³⁵

³⁰ VLACHÝ, Václav. Praxe zvukové techniky. 3., aktualiz. a dopl. vyd. Praha: Muzikus, c2008., s. 80. ISBN 978-80-86253-46-5.

³¹ Tamtéž, s. 81.

³² Tamtéž

³³ Tamtéž

³⁴ Tamtéž

³⁵ Tamtéž

2.1.1 Analogový mixážní pult

Pro distribuci signálu do odposlechových systémů byly používány nejprve analogové mixážní pulty. Jejich výhodou je dostupnost a přehlednost všech potenciometrů pro každý vstupní a výstupní kanál. V některých malých klubech jsou dodnes používány jako FOH pulty, kde zároveň jejich pomocné sběrnice fungují jako odposlechové cesty.

V dobách své největší slávy a nástupu odposlechových reproboxů byly k analogovým FOH pultům vyráběny speciální monitorové mixážní pulty. Monitorové pulty měly více pomocných výstupů než FOH pulty.

Nevýhodou analogových pultů je jejich omezený počet vstupních a výstupních kanálů. Interní routování může být částečně variabilní, ale nenabízí zcela takové možnosti jako je tomu u digitálních mixážních pultů.

2.1.2 Digitální mixážní pult

Většina digitálních mixážních pultů má oproti svým analogovým protějškům mnohem méně ovládacích prvků.³⁶ Nejedná se však o redukci možností zvukových úprav, ba právě naopak. U digitálního pultu není nutné mít potenciometry pro všechny ovládací prvky u každého kanálu. Například ekvalizér mívá jen jednu sadu potenciometrů. Zvolením určitého kanálu se upravují parametry ekvalizéru u příslušného kanálu. Pokud je potřeba upravit ekvalizér u jiného kanálu, vybere se jiný kanál a potenciometry mohou ukazovat úplně jiné nastavení u zvoleného kanálu. Počet faderů na pultu bývá zredukován oproti celkovému počtu možných vstupních a výstupních kanálů. Pro ovládání jiné sady kanálů stačí přepnout do příslušné vrstvy a motorizované fadery se upraví do hodnot kanálů ve zvolené vrstvě.

Prakticky všechny digitální pulty obsahují analogovou část, která se skládá z nezbytných vstupních zesilovačů a různých analogových vstupů a výstupů. Za vstupním zesilovačem následují převodníky A/D. Další zpracovávání signálu probíhá již v digitální podobě.³⁷

³⁶ VLACHÝ, Václav. Praxe zvukové techniky. 3., aktualiz. a dopl. vyd. Praha: Muzikus, c2008., s. 119. ISBN 978-80-86253-46-5.

³⁷ Tamtéž

Síla digitálních pultů tkví v možnostech jejich interního routování, vysokém počtu interních dynamických a efektových procesorů, a především v ukládání částečného či veškerého nastavení pultu. U komplexních show, kdy počet vstupních a výstupních kanálů je v řádu desítek či stovek, je vyvolání uloženého nastavení pultu mimořádně časově úsporné.

U produkcí, kde se jako FOH mixážní pult použije digitální pult, se ve většině případů jako monitorový pult volí také digitální pult. Často bývá totožný s FOH pultem nebo od stejné značky. Zachovává se tím kompatibilita se systémem přenosu vícekanalového digitálního zvukového signálu a není nutné rozbočovat signál pro oba pulty analogově. Když se FOH zvukař rozhodne použít analogový mixážní pult nebo digitální mixážní pult, který pracuje na jiném protokolu než monitorový pult, musí se vstupní signály rozbočit analogově.

Mezi dvěma digitálními pulty s rozdílnými systémy přenosu digitálního zvukového signálu lze použít speciální konvertory, které zajišťují překlad dat mezi jednotlivými systémy. Jejich nevýhodou však je, že zvyšují latenci přenosu.³⁸

Monitorový zvukař tak má možnost volby mixážního pultu nezávisle na FOH pultem. Pro mix a distribuci odposlechových cest jasně převažují výhody digitálního pultu.

Na digitálním pultu je možné duplikovat vstupní signály. Jednu sadu vstupních signálů je možné nechat s minimálním použitím kompresoru a ekvalizéru. Druhou sadu signálu je možné upravit více ve stylu FOH zvukaře (agresivnější nastavení kompresoru, větší práce s ekvalizérem). Konkrétnímu interpretovi je vhodné poslat jeho vlastní nástroj nebo zpěv s minimálními úpravami, aby slyšel nejjemnější nuance svého výkonu. Ostatní signály je vhodné mu poslat s větším procesingem.³⁹

2.2 Odposlechový reprobox

Odposlechový reprobox je první možností pro reprodukci odposlechového systému. Umístění reproboxu je velmi důležité. Zejména na ozvučených akcích uvnitř uzavřených prostor, kde akustický tlak z reproduktoru může způsobovat další

³⁸ NAVRÁTIL, Michal. Systémy přenosu vícekanalového digitálního zvukového signálu. Praha, 2019, s. 27. Bakalářská práce. Akademie múzických umění v Praze, Hudební a taneční fakulta. Vedoucí práce doc. MgA. Ing. Ondřej Urban, Ph.D.

³⁹ JOHN, Ryan, Brendan DREAPER a Joe SANTARPIA. Live Sound Bootcamp, Episode 6: Monitor Signal Flow. In: ProSoundWeb [online]. March 8, 2021 [cit. 2021-04-01]. Dostupné z: <https://www.prosoundweb.com/live-sound-bootcamp-episode-6-monitor-signal-flow/>

odrazy zvuku. Důležité je nepřehltnit pódium zvukem z odposlechových reproboxů.⁴⁰

Odposlechové reproboxy se dělí podle typu napájení, typu reproduktorů a dle jejich užití na pódiu.

2.2.1 Dělení dle typu napájení

2.2.1.1 Aktivní reprobox

Aktivní reprobox má uvnitř zabudovaný aktivní crossover a příslušný počet zesilovačů, podle počtu reproduktorů.⁴¹ Vnitřní elektronika jej chrání proti přepětí. Musí se ale přivést dva kabely – jeden s audio signálem a druhý s napájením z elektrické sítě. Díky zabudované zesilovači bývá těžší a rozměrnější než pasivní reprobox.⁴² Některé reproboxy jsou vybaveny DSP procesorem. Ten umožňuje upravovat směr vyzařování výškového reproduktoru.⁴³

2.2.1.2 Pasivní reprobox

Pasivní reprobox bývá lehčí a rozměrově menší než aktivní. Potřebuje však externí zesilovač.⁴⁴ Profesionální aparatury se propojují kabely s konektory typu speakON. Ty mohou být dvou až osmi žilové. Jeden reprobox vyžaduje jeden dvoužilový kabel.⁴⁵ Pokud je nutné zapojit dva reproduktory se stejným signálem v řadě, je vhodné použít čtyř žilový kabel s příslušnými konektory k propojení mezi zesilovačem a reproboxem, pokud to daný zesilovač a reprobox umožňují.

⁴⁰ JOHN, Ryan, Brendan DREAPER a Joe SANTARPIA. Live Sound Bootcamp, Episode 7: Monitor System Design. In: ProSoundWeb [online]. March 8, 2021 [cit. 2021-04-01]. Dostupné z: <https://www.prosoundweb.com/live-sound-bootcamp-episode-7-monitor-system-design/>

⁴¹ BALLOU, Glen. *Handbook for sound engineers*. 4th ed. Boston: Focal Press, c2008, s. 619. ISBN 978-0-240-80969-4.

⁴² JOHN, Ryan, Brendan DREAPER a Joe SANTARPIA. Live Sound Bootcamp, Episode 6: Monitor Signal Flow. In: ProSoundWeb [online]. March 8, 2021 [cit. 2021-04-01]. Dostupné z: <https://www.prosoundweb.com/live-sound-bootcamp-episode-6-monitor-signal-flow/>

⁴³ LEERMAN, Craig. Stage Monitoring 101: The Essentials. In: ProSoundWeb [online]. March 14, 2019 [cit. 2021-04-01]. Dostupné z: <https://www.prosoundweb.com/stage-monitoring-101-the-essentials/>

⁴⁴ JOHN, Ryan, Brendan DREAPER a Joe SANTARPIA. Live Sound Bootcamp, Episode 6: Monitor Signal Flow. In: ProSoundWeb [online]. March 8, 2021 [cit. 2021-04-01]. Dostupné z: <https://www.prosoundweb.com/live-sound-bootcamp-episode-6-monitor-signal-flow/>

⁴⁵ EVANS, Bill. *Live Sound Fundamentals*. Boston: Course Technology, a part of Cengage Learning., 2011, 179 s. ISBN 1-4354-5603-3.

K následujícímu reproboxu v řadě stačí použít dvou žilový kabel od předchozí reproboxu.

2.2.2 Dělení dle typu reproduktoru

2.2.2.1 Reprobox s klasickými reproduktory

Tyto reproboxy se skládají z jednoho až tří reproduktorů. Na basové a střední frekvence se používají přímo vyzařující elektrodynamické reproduktory. Na vysoké frekvence se používá nepřímo vyzařující reproduktor s hornou.⁴⁶ Jejich výhodou je nižší pořizovací cena. Nevýhodou je frekvenční nevyrovnanost v horizontální rovině, protože reproduktory reproboxu nejsou ve stejné ose.⁴⁷

2.2.2.2 Reprobox s koaxiálním reproduktorem

Koaxiální reproduktor se skládá nejčastěji ze dvou reproduktorů, středobasového a výškového. Pro příslušná pásma se používají stejné reproduktory jako u reproboxů s klasickými reproduktory. Výškový reproduktor je však v ose středobasového reproduktoru. Díky tomu je frekvenční vyzařování reproboxu v horizontální rovině vyrovnané.⁴⁸ Navíc rozměr tohoto reproboxu bývá menší.⁴⁹ Jeho nevýhodou je vyšší pořizovací cena.

2.2.3 Dělení dle typu užití na pódiu

2.2.3.1 Mini monitor

Mini monitor je malý reprobox. Je navržen tak, aby byl velmi blízko vystupujícímu umělci. Může být položen na podlaze, umístěn na nástroj, například na klávesový nástroj, nebo může být našroubován na mikrofonní stojan. Cílem tohoto reproboxu je podpořit část odposlechového mixu. Obvykle se do něj neposílá kompletní mix.⁵⁰

⁴⁶ LEERMAN, Craig. Stage Monitoring 101: The Essentials. In: ProSoundWeb [online]. March 14, 2019 [cit. 2021-04-01]. Dostupné z: <https://www.prosoundweb.com/stage-monitoring-101-the-essentials/>

⁴⁷ BALLOU, Glen. *Handbook for sound engineers*. 4th ed. Boston: Focal Press, c2008, s. 619. ISBN 978-0-240-80969-4.

⁴⁸ Tamtéž, s. 620.

⁴⁹ LEERMAN, Craig. Stage Monitoring 101: The Essentials. In: ProSoundWeb [online]. March 14, 2019 [cit. 2021-04-01]. Dostupné z: <https://www.prosoundweb.com/stage-monitoring-101-the-essentials/>

⁵⁰ Tamtéž

2.2.3.2 Standardní monitor

Standardní monitor je odposlechový reprobox, který se umísťuje na zem před vystupujícího umělce. Bývá dvoupásmový nebo třípásmový.⁵¹ Tento reprobox je nejméně z jedné strany zkosený. Při pohledu z boku mají některé odposlechové reproboxy tvar trojúhelníku.⁵² Díky zkosení nebo klínovému tvaru míří reproduktory reproboxu přímo na uši umělce.⁵³

2.2.3.3 Drum fill

Skládá se z jednoho či více reproboxů. Slouží jako odposlech pro bubeníka u bicí soupravy. Jeho součástí bývá subwoofer, aby hudebník dobře slyšel nízké frekvence velkého bubnu, případně basové kytary či kontrabasů.⁵⁴

Součástí drum fillu může být také speciální zařízení⁵⁵ s basovým reproduktorem, které rozechvívá bubeníkovu sedačku. Bývá přiděleno přímo na sedačku nebo na vyvýšené pódium pod bicí soupravou. Toto zařízení není příliš hlučné, jen pomáhá hudebníkovi cítit basové frekvence. Při použití tohoto zařízení často není nutné použít subwoofer jako součást drumfillu a celková hlasitost hráčova odposlechu může být nižší.⁵⁶

2.2.3.4 Side fill

Pro doplnění či vykrytí odposlechu na větším pódiu slouží side fill či stage fill. Bývá umístěn na straně pódia, nejčastěji na obou stranách. Doplnuje odposlech ze standardních monitorů nebo in-earových systémů. Někteří umělci preferují odposlechovou cestu side fillů nezávislou na standardních monitorech.⁵⁷

⁵¹ LEERMAN, Craig. Stage Monitoring 101: The Essentials. In: ProSoundWeb [online]. March 14, 2019 [cit. 2021-04-01]. Dostupné z: <https://www.prosoundweb.com/stage-monitoring-101-the-essentials/>

⁵² Klínový tvar standardních monitorů dal těmto reproboxům v anglické terminologii běžně používané označení „wedge“

⁵³ BALLOU, Glen. *Handbook for sound engineers*. 4th ed. Boston: Focal Press, c2008, s. 1415. ISBN 978-0-240-80969-4.

⁵⁴ LEERMAN, Craig. Stage Monitoring 101: The Essentials. In: ProSoundWeb [online]. March 14, 2019 [cit. 2021-04-01]. Dostupné z: <https://www.prosoundweb.com/stage-monitoring-101-the-essentials/>

⁵⁵ Toto zařízení má obchodní název ButtKicker nebo Throne Thumper

⁵⁶ Tamtéž

⁵⁷ Tamtéž

Zvukaři mývají oddělené odposlechové cesty pro levou a pravou stranu pódia. Důvodem je rozličné rozmístění nástrojů na pódiu. Například pokud na levé straně pódia je basové kombo a na pravé straně kombo elektrické kytary, na levou stranu pošle zvukař více signálu z elektrického komba. Z basového komba není potřeba poslat tolik signálu do levého side fillu, protože v tomto prostoru hraje ono kombo. S mixem pravého side fillu pracuje zvukař obdobně, pošle do něj více signálu z basového komba a méně z komba elektrické kytary.⁵⁸

2.2.3.5 Pódiový subwoofer

Subwoofer na pódiu slouží pro posílení nízkých frekvencí. Bývá součástí side fillu, drum fillu nebo odposlechového monitoru pro basového kytaristu či kontrabasistu. Nízké frekvenční pásmo na pódiu v mnoha případech není nutné zesilovat, protože jej pokryje přeslech ze subwooferů z hlavního PA systému. Pódiové subwoofery bývají menších rozměrů než subwoofery hlavního PA systému.⁵⁹

2.2.4 Zpětná vazba

S použitím odposlechových reproboxů na pódiu se váže riziko vzniku akustické zpětné vazby. Tento jev nastane, když zvuk z reproduktoru zachytí membrána mikrofonu a tentýž samý zvuk je znovu zesílen a reprodukován reproduktorem. Zpětná vazba se projeví slyšitelným pískáním či hučením určité frekvence. Problémem odposlechových reproboxů je, že jsou mnohem blíže mikrofonům na pódiu než reproboxy hlavního PA systému. Pro monitorového zvukaře je vznik zpětné vazby noční můrou.⁶⁰

Možností, jak minimalizovat vznik zpětné vazby, je několik. Základním prvkem je pozice mikrofonu a odposlechového reproboxu vůči sobě. Mikrofon je vhodné umístit co nejbližší ke zdroji zvuku. Čím větší akustický tlak zdroj vyzařuje, tím lépe. Odposlechový reprobox je vhodné umístit co nejdále od mikrofonu, jak jen podmínky dovolují. Hlasitost reproduktoru by měla být za daných okolností tak

⁵⁸ JOHN, Ryan, Brendan DREAPER a Joe SANTARPIA. Live Sound Bootcamp, Episode 7: Monitor System Design. In: ProSoundWeb [online]. March 8, 2021 [cit. 2021-04-08]. Dostupné z: <https://www.prosoundweb.com/live-sound-bootcamp-episode-7-monitor-system-design/>

⁵⁹ LEERMAN, Craig. Stage Monitoring 101: The Essentials. In: *ProSoundWeb* [online]. March 14, 2019 [cit. 2021-04-11]. Dostupné z: <https://www.prosoundweb.com/stage-monitoring-101-the-essentials/>

⁶⁰ MELLOR, David. Stage Monitoring & Monitor Mixing. In: *Sound On Sound* [online]. December 2005 [cit. 2021-04-11]. Dostupné z: <https://www.soundonsound.com/techniques/stage-monitoring-monitor-mixing>

nížká, jak jen je to prakticky možné. Mikrofon by měl být natočen k reproduktorům reproboxu svou nejméně citlivou stranou.⁶¹

U live ozvučených akcí se téměř vždy používají směrové mikrofony. Mikrofon s kardioidní charakteristikou má nejnižší citlivost na akustický tlak, který na membránu mikrofonu dopadá ze zadní části mikrofonu. Při použití mikrofonu s kardioidní charakteristikou je vhodné umístit odposlechový reprobox přímo před vystupujícího umělce.⁶²

Mikrofon s užší směrovou charakteristikou, superkardioidní nebo hyperkardioidní, má nižší citlivost na akustický tlak, který na membránu mikrofonu dopadá z boků. Ze zadní části jsou tyto mikrofony ovšem citlivější než ty s kardioidní charakteristikou. Při použití mikrofonu se superkardioidní či hyperkardioidní charakteristikou je vhodné umístit odposlechový reprobox před vystupujícím umělcem pod úhlem, ve kterém je daný mikrofon nejméně citlivý.⁶³

Po poziční úpravě reproboxů a mikrofonů je možné upravit signálovou cestu příslušného odposlechu, aby riziko vzniku zpětné vazby bylo co nejnižší. Pomocí ekvalizéru, parametrického s úzce nastavenou šířkou pásma nebo vícepásmového grafického, lze ubrat o několik decibel frekvence, které se objeví při zpětné vazbě jako první. Tím je možné dosáhnout o něco vyšší celkové hlasitosti odposlechového reproboxu, aniž by vznikla zpětná vazba.⁶⁴

Na tomto principu funguje specializovaný signálový procesor nazývaný eliminátor zpětné vazby⁶⁵. Jedná se o adaptivní ekvalizér. Tento procesor monitoruje signál, který jím prochází. Pokud zaznamená frekvenci, která má exponenciální nárůst, okamžitě na tuto frekvenci aplikuje velmi úzký filtr typu notch a výrazně tuto frekvenci ztlumí. Takový proces proběhne obvykle ve zlomku vteřiny. Lidský sluch tak často ani nezaznamená, že ke zpětné vazbě vůbec došlo.⁶⁶

⁶¹ Tamtéž

⁶² EVANS, Bill. *Live Sound Fundamentals*. Boston: Course Technology, a part of Cengage Learning., 2011, s. 13. ISBN 1-4354-5603-3.

⁶³ Tamtéž, s. 14.

⁶⁴ MELLOR, David. Stage Monitoring & Monitor Mixing. In: *Sound On Sound* [online]. December 2005 [cit. 2021-04-12]. Dostupné z: <https://www.soundonsound.com/techniques/stage-monitoring-monitor-mixing>

⁶⁵ V anglické terminologii se používá termín feedback suppressor

⁶⁶ BALLOU, Glen. *Handbook for sound engineers*. 4th ed. Boston: Focal Press, c2008, s. 802. ISBN 978-0-240-80969-4.

Procesory, které k eliminaci zpětné vazby využívají digitální signálový procesor, bývají mnohem přesnější a účinnější. U nich je možné provést mnohem komplexnější nastavení. Je možné rozdělit frekvenční spektrum na několik pásem, pro každé pásmo mít jiné nastavení ekvalizéru, limiteru a lze nastavit mnoho dalších parametrů. Pro tato nastavení je vhodné provést předem měření příslušného odposlechového reproboxu za použití růžového šumu, měřícího mikrofону a softwaru pro audio měření.⁶⁷

2.3 In-earový systém

In-earový systém je druhou variantou reprodukční části odposlechového systému. Motivací pro vznik tohoto řešení byla touha vytvořit účinkujícím na pódiu komfortní posluchačský zážitek, který by překonal omezení tradičních odposlechových reproboxů. Těmi jsou zejména riziko zpětné vazby a omezená zvuková kvalita, která je závislá na směrovosti výškového reproduktoru odposlechového reproboxu.⁶⁸

Každý účinkující může mít svůj odposlech upravený přesně podle svých požadavků, a přitom tím neovlivňuje poslech ostatních vystupujících na pódiu. Během vystoupení si může hudebník sám snadno upravit celkovou hlasitost odposlechu. U některých systémů lze upravit i více parametrů.⁶⁹

Tyto systémy se dělí podle typu vedení odposlechového signálu, tedy na drátový a bezdrátový. Společným prvkem obou variant jsou sluchátka, která zajišťují samotnou reprodukci. Nejčastěji se používají speciální in-earová sluchátka. Sluchátka jsou navržena tak, aby se účinkujícímu vešlo sluchátko do ucha a nevypadlo mu během vystoupení. Zvuk z něj jde přímo do zvukovodu, a zároveň tlumí okolní zvuky. Tvar sluchátka může být univerzální nebo vyrobený na míru podle odlitku ucha.⁷⁰

⁶⁷ MAIN, Bruce. Tweaking DSP For Stage Monitors: Tips & Tricks To Maximize Potential. In: *ProSoundWeb* [online]. May 3, 2017 [cit. 2021-04-13]. Dostupné z: <https://www.prosoundweb.com/tweaking-dsp-for-stage-monitors-tips-tricks-to-maximize-potential/>

⁶⁸ BALLOU, Glen. *Handbook for sound engineers*. 4th ed. Boston: Focal Press, c2008, s. 1416-1420. ISBN 978-0-240-80969-4.

⁶⁹ Tamtéž

⁷⁰ Tamtéž

2.3.1 Drátový in-ear

Drátový in-ear je vhodný zejména pro hudebníky, kteří se při vystoupení příliš nepohybují po pódiu. To jsou zejména hráči na bicí soupravu a na klávesové nástroje.⁷¹ Umělec je závislý na délce kabelu ke svému sluchátkovému zesilovači. Tím bývá nejčastěji bodypackový⁷² sluchátkový zesilovač nebo malý mixážní pult.

Bodypackový sluchátkový zesilovač je malé, odolné a kompaktní zařízení, které se dá přichytit za pásek nebo za jinou vhodnou část oblečení. Zesiluje vstupní signál či signály na sluchátkovou úroveň. Nejčastěji nabízí volbu pro typ vstupního signálu (mono, dual mono nebo stereo) a potenciometr pro úpravu celkové hlasitosti. Některé modely nabízejí také potenciometr pro úpravu poměru hlasitosti mezi jedním a druhým vstupním kanálem.⁷³

Do malého mixážního pultu je možné přivést více vstupních signálů než do bodypackového zesilovače. V závislosti na typu a možnostech pultu si může hudebník upravovat hlasitost, ekvalizér, stereo bázi či další parametry na libovolném kanálu a kdykoliv dle vlastní potřeby.⁷⁴ Mixážní pult má hudebník na dosah poblíž svého hudebního nástroje, aby jej mohl pohotově ovládat.

Výhodami drátového in-earu jsou nízké pořizovací náklady a jednoduchost celého systému.⁷⁵

2.3.2 Bezdrátový in-ear

Bezdrátový in-ear funguje na podobném principu jako drátový in-ear. Rozšířen je o komponenty, které zajišťují bezdrátový přenos. Do vysílače je přiveden signál příslušné odposlechové cesty z mixážního pultu. Vysílač převádí vstupní audio signál na přenosový vysokofrekvenční signál a pomocí antény jej vysílá do okolí. Vystupující umělec má u sebe bodypackový přijímač, který je naladěný na přenosovou frekvenci příslušného vysílače. Přijímač převádí vysokofrekvenční signál zpět na audio signál a zesiluje jej na sluchátkovou úroveň.⁷⁶

⁷¹ Tamtéž

⁷² Někteří výrobci používají také termín beltpackový

⁷³ BALLOU, Glen. *Handbook for sound engineers*. 4th ed. Boston: Focal Press, c2008, s. 1419. ISBN 978-0-240-80969-4.

⁷⁴ Tamtéž, s. 1415-1419.

⁷⁵ Tamtéž

⁷⁶ Tamtéž

S tímto systémem se vystupující umělec může pohybovat po pódiu naprosto libovolně. Svůj odposlech má stále při sobě, není omezován délkou kabelu a zvuková kvalita poslechu se nemění.⁷⁷

Aby bezdrátový in-earový systém fungoval správně, byl pro vystupující umělce komfortní a nedocházelo k výpadkům signálu, je důležité dbát na zvolení vhodných komponentů a správné nastavení celého systému, zejména pokud se používá více bezdrátových systémů současně.

2.3.2.1 Typy bezdrátového přenosu

Vysokofrekvenční signál mezi vysílačem a přijímačem může být přenášen bezdrátově v analogové nebo digitální podobě. Analogový bezdrátový přenos zabírá větší šířku pásma než digitální. Mezi jednotlivými nosnými frekvencemi analogového přenosu je nutné zachovat větší šířku pásma, aby nedošlo k vzájemnému rušení.⁷⁸

Při souběžném použití více bezdrátových systémů v malé vzdálenosti od sebe, kdy každé zařízení má svou anténu, dochází k intermodulačnímu zkreslení. Pokud je nutné, aby vysílače byli na jednom místě u sebe, je vhodné použít anténní slučovač. Ten svede signály z jednotlivých vysílačů do jedné antény, která je vyzářuje do okolí.⁷⁹

Digitální bezdrátový přenos může v rámci dané šířky pásma přenést více signálů než analogový přenos. V profesionálních in-earových systémech se však příliš nepoužívá. Je to dáno latencí, kterou způsobuje převod analogového signálu do digitálního a poté zpět z digitálního do analogového. Výrobci digitálních bezdrátových systémů se s hodnotou latence pohybují okolo 3 ms.⁸⁰ Ačkoliv to není vysoká hodnota, je nutné brát v úvahu celkovou latenci systému. Tu v odposlechové cestě zvyšují nejčastěji digitální mixážní pulty, případně digitální nástrojové či mikrofonní bezdrátové systémy.

⁷⁷ BALLOU, Glen. *Handbook for sound engineers*. 4th ed. Boston: Focal Press, c2008, s. 1420. ISBN 978-0-240-80969-4.

⁷⁸ Three Essential Concepts In Wireless Audio. In: *RF Venue, Inc.* [online]. 2016 [cit. 2021-04-21]. Dostupné z: <https://www.rfvenue.com/blog/2014/12/15/digital-wiireless-explored>

⁷⁹ Tamtéž

⁸⁰ Seriously, What Are Digital Wireless Microphones, and Why Should You Use One? In: *RF Venue, Inc.* [online]. 2014 [cit. 2021-04-21]. Dostupné z: <https://www.rfvenue.com/blog/2014/12/15/digital-wiireless-explored>

2.3.2.2 Přenosové frekvence

Využívání radiových kmitočtů pro jakékoliv bezdrátové systémy je regulováno místně příslušným telekomunikačním úřadem. Každá země má tato pravidla upravená jinak. V České republice tato pravidla určuje Český telekomunikační úřad. Bezdrátové systémy určené pro veřejná vystoupení dovoluje úřad používat ve stanovených pásmech bez ohlašování či poplatků. Každé pásmo má zvlášť stanovené další specifikace dle norem ČSN, jimiž jsou vyzářené výkon a zabraná šířka pásma, které se v daném pásmu nesmí překračovat.⁸¹

Tato pravidla musí provozovatelé bezdrátových systémů pravidelně sledovat a dodržovat. Například do 29. června 2020 bylo možné využívat pásma 694–823 MHz a 832–862 MHz. Po tomto termínu, stejně jako u ostatních zakázaných pásem, hrozí provozovateli postih ze strany Českého telekomunikačního úřadu.⁸²

Mezi nejpoužívanější povolené radiové kmitočty v ČR pro bezdrátové in-earové systémy patří pásma 470–694 MHz, 823–832 MHz, 868–876 MHz, 915–921 MHz, 1785–1805 MHz a 2400–2483,5 MHz.

V některých zahraničních zemích je povinné předem ohlásit, které pásmo se bude v daném termínu produkce využívat. V některých zemích je dokonce nutné za použití přenosového pásma zaplatit poplatek. Například v Londýně se musí předem zamluvit a zaplatit přenosové pásmo, které se bude používat pro bezdrátové systémy.⁸³

2.3.2.3 Typy antén

Bezdrátové in-earové systémy využívají několik typů všesměrových a směrových antén. Z všesměrových antén se používají čtvrtlínové monopólové a půlínové dipólové antény. Směrové antény se používají logaritmicko periodické a

⁸¹ Všeobecné oprávnění č. VO-R/10/12.2019-9 k využívání radiových kmitočtů a k provozování zařízení krátkého dosahu [online]. Praha: Český telekomunikační úřad, 17. prosince 2019. Dostupné z: <https://www.ctu.cz/sites/default/files/obsah/ctu/vseobecne-opravneni-c.vo-r/10/12.2019-9/obrazky/vo-r10-122019-9.pdf>

⁸² Tamtéž

⁸³ JOHN, Ryan, Brendan DREAPER a Joe SANTARPIA. Live Sound Bootcamp, Episode 6: Monitor Signal Flow. In: *ProSoundWeb* [online]. March 8, 2021 [cit. 2021-04-01]. Dostupné z: <https://www.prosoundweb.com/live-sound-bootcamp-episode-6-monitor-signal-flow/>

šroubovicové⁸⁴. Pro vysílání slouží pasivní antény. Pro příjem mohou sloužit aktivní i pasivní antény.⁸⁵

Čtvrtvlnnou monopólovou anténu využívají nejčastěji bodypackové přijímače. Díky svým rozměrům a parametrům splňuje požadavek na nenápadnost a praktičnost. Tuto anténu dodávají někteří výrobci bezdrátových systémů také v balení společně s vysílačem. Ke správnému fungování vyžaduje zemnění. Díky němu se tato anténa začne chovat jako půlvlnná anténa a má lepší vlastnosti. K zemnění využívá šasi zařízení. Na straně vysílače by anténa měla být zapojena přímo do zařízení. Její vyzařování a příjem signálu je nejsilnější v ose kolmé na osu antény. V ose antény je signál minimální.⁸⁶

Půlvlnná dipólová anténa také bývá od některých výrobců dodávána v balení s in-earovým vysílačem. Oproti čtvrtvlnné anténě nemusí být tato anténa vždy zapojena přímo do vysílače, ale může být umístěna do přiměřené vzdálenosti od vysílače. Směrovost vyzařování je shodná s čtvrtvlnnou anténou.⁸⁷ V závislosti na konkrétním typu provedení antény může být stále zapotřebí zemnění šasi vysílače. Pokud by půlvlnná anténa nebyla správně uzemněna, směrovost antény by se stala asymetrická a změny vstupní impedance by generovaly stojaté vlny v přenosovém vedení.⁸⁸ Při použití anténního slučovače se pro vysílání používá všesměrová širokopásmová dipólová anténa.⁸⁹

Směrové antény jsou konstrukčně založené na principu soustavy dipólových antén. Ve směru vyzařování mají vyšší zisk než všesměrové antény.⁹⁰ U bezdrátových in-earových systémů se směrové antény používají jen pro vysílání signálu.⁹¹

⁸⁴ Šroubovicová anténa se označuje také jako spirálovitá nebo helikální

⁸⁵ BRASHLER, Drew. RF COORDINATION TRAINING – ANTENNAS FOR WIRELESS AUDIO. In: *DBB Audio* [online]. September 3, 2018 [cit. 2021-04-21]. Dostupné z: <https://dbbaudio.com/2018/rf-coordination-training-antennas-for-wireless-audio/>

⁸⁶ Tamtéž

⁸⁷ Tamtéž

⁸⁸ LEIPER, Hayed. All About Wireless: Antenna Types and Characteristics. In: *Shure Incorporated* [online]. March 14, 2018 [cit. 2021-04-23]. Dostupné z: <https://www.shure.com/en-US/performance-production/louder/all-about-wireless-antenna-types-and-characteristics>

⁸⁹ BRASHLER, Drew. RF COORDINATION TRAINING – ANTENNAS FOR WIRELESS AUDIO. In: *DBB Audio* [online]. September 3, 2018 [cit. 2021-04-21]. Dostupné z: <https://dbbaudio.com/2018/rf-coordination-training-antennas-for-wireless-audio/>

⁹⁰ NOVÁČEK, Zdeněk. *Elektromagnetické vlny, antény a vedení: přednášky*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav radioelektroniky, 2006, s. 118. ISBN 80-214-3301-9.

⁹¹ BRASHLER, Drew. RF COORDINATION TRAINING – ANTENNAS FOR WIRELESS AUDIO. In: *DBB Audio* [online]. September 3, 2018 [cit. 2021-04-21]. Dostupné z: <https://dbbaudio.com/2018/rf-coordination-training-antennas-for-wireless-audio/>

Logaritmicko periodická anténa je v pásmu velmi krátkých vln konstruována jako kompaktní celek z trubek nebo tyčí. Má průměrně zisk ve směru vyzařování 6–8 dB a úhel vyzařovaného paprsku kolem 120°. Délka antény a počet dipólových prvků ovlivňují zisk a vyzařovaný úhel. Čím je anténa delší a má více prvků, tím větší má dopředný zisk a užší vyzařovací paprsek.⁹²

Helikální anténa budí kruhově polarizované vlny. Vůči anténě bodypackového přijímače, která je vždy všesměrová, nenastane v žádném úhlu přijímače výrazný pokles signálu v rámci vyzařovacího úhlu vysílací antény. To je její hlavní výhoda oproti ostatním vysílacím anténám^{93,94}. Její vyzařovací úhel je užší než u logaritmicko periodické antény, bývá přibližně kolem 60°. Dopředný zisk bývá až 12 dB.⁹⁵

2.3.3 Vzdálené ovládání odposlechové cesty

Po etablování odposlechových reproboxů a přizpůsobení mixážních pultů byly odposlechové cesty míchány z FOH pultu nebo monitorového pultu. O mix každého odposlechu se staral příslušný zvukař a umělec s ním komunikoval svoje požadavky. S nástupem in-earových sluchátek se ze strany vystupujících umělců začaly zvyšovat nároky na kvalitu a úpravy mixu. Každý interpret má z hlediska poslechu odlišné zvyky. Plně vyhovět všem požadavkům nebylo vždy snadné. Převážně během vystoupení je komunikace se zvukařem, který se stará o odposlechové cesty, značně obtížnější. U některých větších produkcí mívají hudebníci na pódiu komunikační mikrofony, pomocí kterých se mohou dorozumívat mezi sebou nebo se zvukařem.

2.3.3.1 Ovládání pomocí kontroleru

Začátkem 3. tisíciletí začaly vznikat první odposlechové systémy, které umožnili umělcům mít poměry hlasitostí několika signálů plně ve své režii. Tento princip

⁹² LEIPER, Hayed. All About Wireless: Antenna Types and Characteristics. In: *Shure Incorporated* [online]. March 14, 2018 [cit. 2021-04-23]. Dostupné z: <https://www.shure.com/en-US/performance-production/louder/all-about-wireless-antenna-types-and-characteristics>

⁹³ U ostatních typů antén může dojít k značnému poklesu přijímaného signálu, když se přijímací anténa dostane do úhlu 90° vůči vysílací anténě.

⁹⁴ BRASHLER, Drew. RF COORDINATION TRAINING – ANTENNAS FOR WIRELESS AUDIO. In: *DBB Audio* [online]. September 3, 2018 [cit. 2021-04-21]. Dostupné z: <https://dbbaudio.com/2018/rf-coordination-training-antennas-for-wireless-audio/>

⁹⁵ LEIPER, Hayed. All About Wireless: Antenna Types and Characteristics. In: *Shure Incorporated* [online]. March 14, 2018 [cit. 2021-04-23]. Dostupné z: <https://www.shure.com/en-US/performance-production/louder/all-about-wireless-antenna-types-and-characteristics>

některé odposlechové systémy využívají dodnes. Signály jednotlivých kanálů mohou být přivedeny do centrálního zařízení v analogové nebo digitální podobě. Z něj jsou jednotlivé signály vedeny digitálně do kontroleru, který má vystupující interpret u sebe. Na něm si může upravovat poměry hlasitostí jednotlivých signálů a celkovou hlasitost.⁹⁶ Některé kontrolery nabízejí další funkce, například rozložení panoramy, úpravu signálu pomocí ekvalizéru, kompresoru aj. Pro výslednou reprodukci slouží nejčastěji sluchátka, ale bývá možné připojit také odposlechový reprobox.⁹⁷

2.3.3.2 Ovládání pomocí MIDI a počítačové sítě

Po etablování digitálních mixážních pultů na profesionální úrovni se začal rozšiřovat trh s digitálními pulty v poloprofesionální oblasti. Díky vysoké konkurenci se tyto pulty staly finančně dostupné a uživatelsky přívětivé pro mnoho hudebníků. Ačkoliv v práci se zvukem tyto pulty nenabízejí veškeré možnosti, které nabízejí profesionální mixážní pulty, poloprofesionální pulty nabízí částečnou či úplnou vzdálenou kontrolu nad pultem pomocí jiného připojeného zařízení. Tím může být MIDI kontroler, počítač, tablet nebo chytrý telefon. Pult je možné připojit do bezdrátové sítě Wi-Fi a ovládat jej tak prakticky odkudkoliv v dosahu bezdrátové sítě. V dnešní době jsou chytré telefony velmi rozšířené, a tak je pro téměř kohokoliv snadné se připojit k pultu a ovládat si svou či jakoukoliv jinou odposlechovou cestu dle svých potřeb. K některým pultům je možné se připojit jen přes webový prohlížeč, některé vyžadují mít nainstalovanou příslušnou aplikaci.⁹⁸

U profesionálních digitálních mixážních pultů se možnost vzdáleného připojení a ovládání začala objevovat až v nedávné době. Není ale zdaleka tak rozšířená a často neumožňuje kontrolu nad všemi parametry. Poloprofesionální hudební uskupení využívá vzdálené ovládání své odposlechové cesty nejčastěji v kombinaci

⁹⁶ *Hear Back Personal Monitor Mixer System user guide*. Hear Technologies [online]. 2002 [cit. 2021-4-24]. Dostupné z:

https://heartech.atlassian.net/wiki/spaces/KB/pages/37159263/Discontinued+Products?preview=/37159263/37290247/UsersGuide_HearBack.pdf

⁹⁷ *Quick Start Guide POWERPLAY 16 P16-M/P16-I/P16-D* [online]. Music Tribe Global Brands Ltd., 2018 [cit. 2021-4-24]. Dostupné z:

https://mediadl.musictribe.com/media/sys_master/hbb/h23/8849415438366.pdf

⁹⁸ Rozhovor s Ing. Michalem Brúnou, profesionální zvukař v oblasti live ozvučování. Praha 13.4.2021.

s in-earovými systémy. V kombinaci s odposlechovými reproboxy hrozí při neopatrné manipulaci vznik zpětné vazby.⁹⁹

2.3.4 Režimy in-earového poslechu

Většina in-earových odposlechových systémů má možnost volby mezi režimem mono nebo stereo.¹⁰⁰ V oblasti amatérských a poloprofesionálních produkcí se stává, že počet odposlechových cest je značně omezen. Zejména vícečlenné hudební skupiny, kdy každý z členů vyžaduje svou odposlechovou cestu, mohou limitu počtu odposlechových cest dosáhnout velmi snadno. Pokud takováto skupina vlastní nebo má půjčený in-earový systém, jsou odposlechové cesty jejích členů nejčastěji v režimu mono, aby počet odposlechových cest vystačil.

Když jsou interpreti na mono poslech zvyklí, je možné při pořizování bezdrátového systému ušetřit náklady. Většina vysílačů umí vysílat v režimu stereo nebo dual mono. V režimu dual mono je možné do jednoho vysílače přivést dva signály, kdy každý z nich je určen pro jiného umělce. Umělec si poté na svém bodypackovém přijímači nastaví preferenci kanálu, který odpovídá jeho odposlechové cestě.¹⁰¹ Někteří vystupující umělci si mohou zvyknout na mix stejné odposlechové cesty. Tím se dá počet vysílačů ještě více snížit a ušetřit více nákladů.

U profesionálnějších produkcí nebývá problém s počtem odposlechových cest. In-earový systém lze individuálně nastavit do režimu dual mono nebo stereo. V režimu dual-mono jsou oba vstupní kanály smíchány v jeden monofonní signál, který hraje z obou sluchátek stejně. Interpret si může volit poměr hlasitostí mezi těmito dvěma signály. Nejčastěji to může být poměr mezi vlastním nástrojem či zpěvem a celkovým mixem. V režimu stereo jde první kanál do levého ucha a druhý kanál do pravého. V tomto případě lze upravit poměr hlasitostí levého a pravého sluchátka.¹⁰²

Režim stereo podporuje přirozený vjem zvuku. Lokalizace ve stereu pomáhá při rozeznávání barev a hlasitostí nástrojů. Když zní více nástrojů v podobném frekvenčním pásmu a jejich signály se rozprostřou ve stereo bázi, je možné jednotlivé nástroje snáze identifikovat. Výzkumy v této oblasti prokázaly, že lidský

⁹⁹ Rozhovor s Ing. Michalem Brúnou, profesionální zvukař v oblasti live ozvučování. Praha 13.4.2021.

¹⁰⁰ BALLOU, Glen. *Handbook for sound engineers*. 4th ed. Boston: Focal Press, c2008, s. 1419-1422. ISBN 978-0-240-80969-4.

¹⁰¹ Tamtéž

¹⁰² Tamtéž

sluch je schopen rozpoznat jednotlivé signály ve stereu při nižší hlasitosti oproti mono poslechu.¹⁰³

Vývoj in-earového poslechu nadále pokračuje. V 2. polovině 10. let 21. století představila firma Klang svou technologii 3D In-Ear Monitoring. Výstupní signály z mixážního pultu se zapojí do externího hardwarového zařízení, ve kterém interní DSP procesor upravuje vstupní signály na principu binaurální stereofonie. Na výstupu jsou pro každé in-earové zařízení určené dva kanály. In-earový systém musí být nastaven na režim stereo a umělec musí mít nasazená obě sluchátka v uších, aby slyšel výsledný efekt tohoto zařízení.¹⁰⁴

Útlum in-earových sluchátek se pohybuje v rozmezí 20–40 dB.¹⁰⁵ Účelem tohoto tlumení je snížit hladinu akustického tlaku, kterému je vystaven sluch vystupujícího umělce. Akustický tlak během vystoupení hudební skupiny může dosahovat hladiny 110 dB. Někteří umělci vystupují jen s jedním sluchátkem v uchu a druhé ucho si nechávají volné. Nejčastějším důvodem k tomuto kroku je pocit přílišné izolace od zvukové reakce publika či od ostatních umělců na pódiu při používání obou sluchátek. Tato praktika může v dlouhodobém horizontu vést ke zhoršení sluchu interpreta. Zatímco volné ucho přijímá okolní zvuk o určité intenzitě, ucho s in-earovým sluchátkem musí být přibližně o 6 dB hlasitější, aby ho interpret slyšel s obdobnou hlasitostí. Z hlediska ochrany sluchu je efektivita útlumu jednoho ucha v tomto případě prakticky nulová.¹⁰⁶

Při použití obou sluchátek v režimu stereo s vhodně nastaveným odposlechovým mixem bývá hladina hlasitosti vnímána tak, jako mono poslech s hladinou hlasitosti o 6 dB vyšší. Stereo poslech tak může být nastaven na celkově nižší hlasitost a může pomoci šetřit sluch, pokud jeho celková hlasitost není příliš vysoká.¹⁰⁷

Pomocí několika technik lze umělci vykompenzovat pocit zvukové izolace od okolí. Nejběžnější variantou je použití ruchových mikrofonů, které snímají prostor publika. Umístěné bývají nejčastěji poblíž pódia nebo u FOH zvukaře. Signál z nich

¹⁰³ BALLOU, Glen. *Handbook for sound engineers*. 4th ed. Boston: Focal Press, c2008, s. 1419-1422. ISBN 978-0-240-80969-4.

¹⁰⁴ PELL, Becky. Bold Directions: The Future Of Stage Monitoring. *ProSoundWeb* [online]. January 2, 2020 [cit. 2021-4-25]. Dostupné z: <https://www.prosoundweb.com/bold-directions-the-future-of-stage-monitoring/>

¹⁰⁵ *Iam!music* [online]. Katalog produktů [cit. 2021-4-26]. Dostupné z: <https://iammusic.cz/produkty>

¹⁰⁶ BALLOU, Glen. *Handbook for sound engineers*. 4th ed. Boston: Focal Press, c2008, s. 1419-1434. ISBN 978-0-240-80969-4.

¹⁰⁷ Tamtéž

přimíchává zvukař umělci do odposlechové cesty. Se signálem z ruchových mikrofonů je potřeba pracovat během vystoupení. Umělec potřebuje slyšet reakci publika jen v určitých pasážích. Když v prostoru publika převažuje zvuk z hlavního PA, je vhodné ubrat hlasitost ruchových mikrofonů v odposlechu. Pokud se s ruchovými mikrofony nepracuje během vystoupení, může se stát, že v exponovaných místech hudebního vystoupení se umělcův odposlech stane zvukově zastřený až nečitelný kvůli převažujícímu signálu z ruchových mikrofonů. Tato technika tedy vyžaduje vzájemnou souhru umělce a monitorového zvukaře.¹⁰⁸

Alternativou k ruchovým mikrofonům jsou tzv. ambientní sluchátka. Ta mohou být aktivní nebo pasivní.¹⁰⁹

Aktivní ambientní sluchátka mají v každém sluchátku zabudovaný miniaturní kondenzátorový mikrofón z vnější strany. Signál z mikrofonů vede do bodypacku, ve kterém je možné si upravovat poměr signálu z mikrofonů a odposlechové cesty, a poté do sluchátek.¹¹⁰ To vše pomocí jediného kabelu. Na bodypacku bývá přepínač, na kterém lze uložit dvě nastavené pozice poměrů vstupních signálů. Interpret si tak může sám jednoduše přepínat mezi režimy, kdy potřebuje slyšet okolí více a kdy méně. Takovéto zařízení většinou nefunguje jako bodypackový přijímač in-earového odposlechu. Pokud umělec používá bezdrátový přenos in-earového odposlechu, musí mít k tomuto zařízení navíc příslušný bodypackový přijímač, který je se zařízením od aktivních ambientních sluchátek propojen kabelem.¹¹¹

Pasivní ambientní sluchátka mají malý otvor skrz každé sluchátko, kterým zvuk z okolí vstupuje přímo do zvukovodu. Toto řešení je jednoduché, ale nenabízí přílišnou kontrolu nad hladinou akustického tlaku v okolí. Uživatele může vystavit nebezpečně hlasitému zvuku v neočekávaný okamžik.¹¹² Někteří výrobci těchto

¹⁰⁸ Rozhovor s Ing. Michalem Brůnou, profesionální zvukař v oblasti live ozvučování. Praha 13.4.2021.

¹⁰⁹ BALLOU, Glen. *Handbook for sound engineers*. 4th ed. Boston: Focal Press, c2008, s. 1425. ISBN 978-0-240-80969-4.

¹¹⁰ Tamtéž

¹¹¹ 3DME Three dimensional music enhancement Owners Manual. *ASI Audio, Inc.* [online]. 2019 [cit. 2021-4-26]. Dostupné z: <https://cdn.shopify.com/s/files/1/0262/1934/8028/files/3DME-Product-Manual-Android-USB-English-20210111.pdf?v=1610376706>

¹¹² BALLOU, Glen. *Handbook for sound engineers*. 4th ed. Boston: Focal Press, c2008, s. 1425. ISBN 978-0-240-80969-4.

sluchátek dodávají ke svým výrobkům tlumiče těchto otvorů. Bývá jich dodáváno více s rozličnými úrovněmi tlumení.¹¹³

¹¹³ PELL, Becky. Bold Directions: The Future Of Stage Monitoring. *ProSoundWeb* [online]. January 2, 2020 [cit. 2021-4-26]. Dostupné z: <https://www.prosoundweb.com/bold-directions-the-future-of-stage-monitoring/>

3 Používání odposlechových systémů v ČR

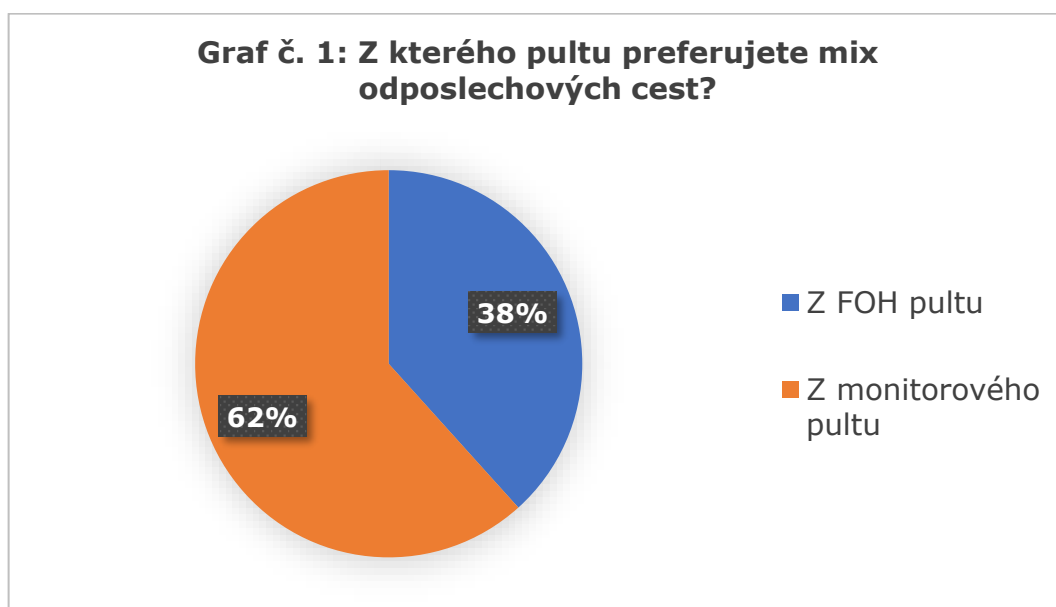
Tato kapitola přináší přehled o používání odposlechových systémů v České republice. Pomocí dvou oddělených dotazníků pro zvukové mistry a pro vystupující umělce mapuje různé zkušenosti a preference příslušných skupin. Průzkum probíhal od 15.4.2021 do 26.4.2021. V obou průzkumech se objevilo několik zajímavých poznatků.

3.1 Zvukoví mistři

Dotazník pro zvukaře byl zveřejněn na stránce Facebookové skupiny Zvukaři, která měla k 26.4.2021 8 574 členů. V této skupině jsou členové s amatérskými zkušenostmi až po profesionály v oboru s mnohaletou praxí. V uvedeném období vyplnilo dotazník 167 respondentů.

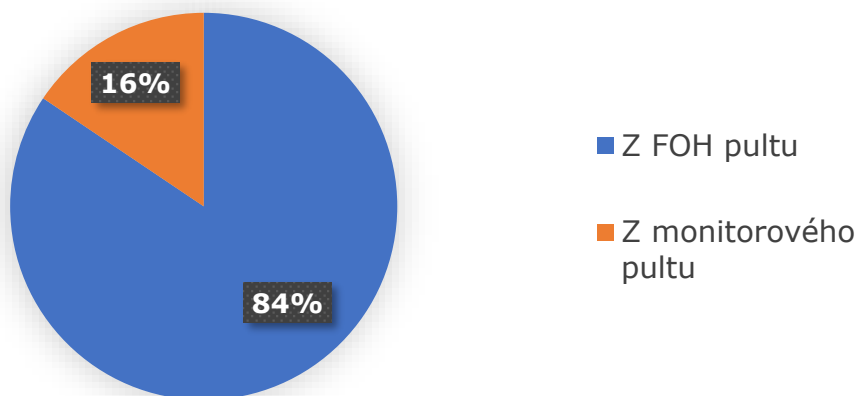
Na základě rozhovoru s profesionálním zvukařem v oblasti live ozvučení, s Ing. Michalem Brůnou, jsou některé informace doplněny o upřesnění stavu daného jevu v profesionální sféře.

Na otázku, zda preferují mix odposlechů z hlavního mixážního pultu (FOH), kde zároveň míchají zvuk pro publikum, nebo preferují mix z monitorového pultu, kde míchají jen odposlechy, odpověděli respondenti dle grafu č. 1:



V následující otázce dotazovaní odpovídali, z kterého pultu míchají odposlechové cesty v praxi nejčastěji, viz graf č. 2:

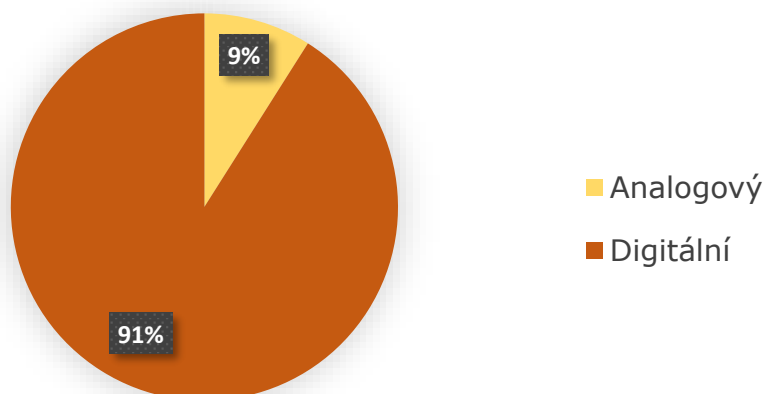
Graf č. 2: Z kterého pultu v praxi nejčastěji mícháte odposlechové cesty?



Z grafů č. 1 a 2 je patrné, že preference zvukařů tíhne k mixu odposlechů z monitorového pultu. V praxi však převažuje mix odposlechových cest z FOH pultu.

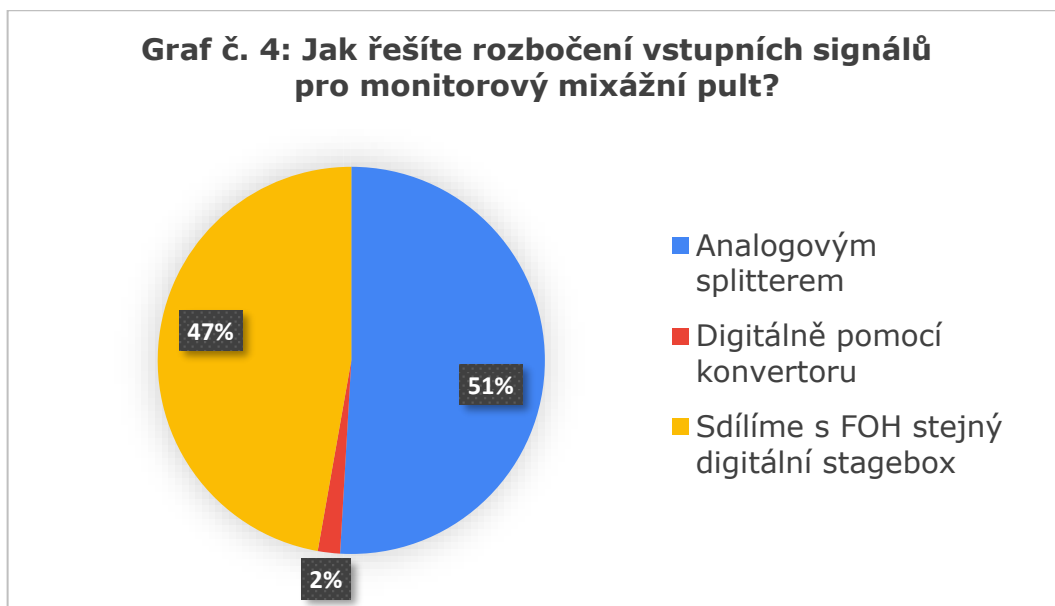
Pro mix odposlechů preferují čeští zvukaři převážně digitální mixážní pulty, viz graf č. 3:

Graf č. 3: Jaký typ mixážního pultu preferujete pro mix odposlechů?



Rozbočení signálů mezi monitorovým a FOH mixážním pultem řeší dotazování nejčastěji dle grafu č. 4:

Graf č. 4: Jak řešíte rozbočení vstupních signálů pro monitorový mixážní pult?



Sdílení stejného digitálního stageboxu pro FOH i monitorový pult je ekonomicky výhodné, pokud oba pulty používají stejný systém přenosu digitálního zvukového signálu. Je to zřejmě důvod, proč je toto řešení téměř rovnocenné analogovému rozbočení. U tohoto řešení se však musí hlavní a monitorový zvukař předem domluvit, z kterého pultu se nastaví vstupní úroveň signálu. Tato část probíhá v analogové části stageboxu před digitalizací signálu.

Pokud je analogová vstupní úroveň signálu příliš vysoká a dojde ke zkreslení, je tento zkreslený signál zdigitalizován a je v obou pultech současně. V momentě, kdy jeden ze zvukařů sníží zesílení na vstupu, sníží tím i úroveň signálu kolegovi u druhého pultu, aniž by o tom kolega věděl. Snížení vstupní úrovně ovlivní další nastavení signálové cesty, zejména pokud jsou do signálové cesty vřazeny dynamické procesory. Několik výrobců nabízí u svých zařízení tzv. gain sharing, kdy jeden pult nebo oba pulty od určitého momentu používají jen digitální korekci vstupního signálu, nebo v případě úpravy na jednom pultu se tato změna vykompenzuje v opačném směru na druhém pultu.¹¹⁴

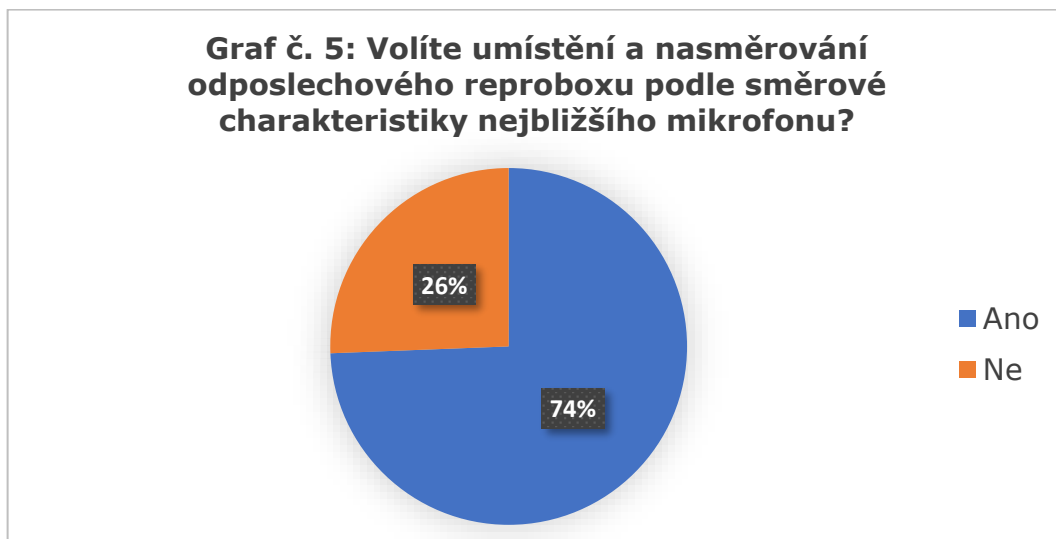
Minimální zastoupení digitálního rozbočení pomocí konvertoru pramení pravděpodobně z důvodu zvyšování latence při konverzi.

U analogového rozbočení signálu výše uvedená rizika nehrozí. Profesionální produkce většinou používají analogové rozbočení.¹¹⁵

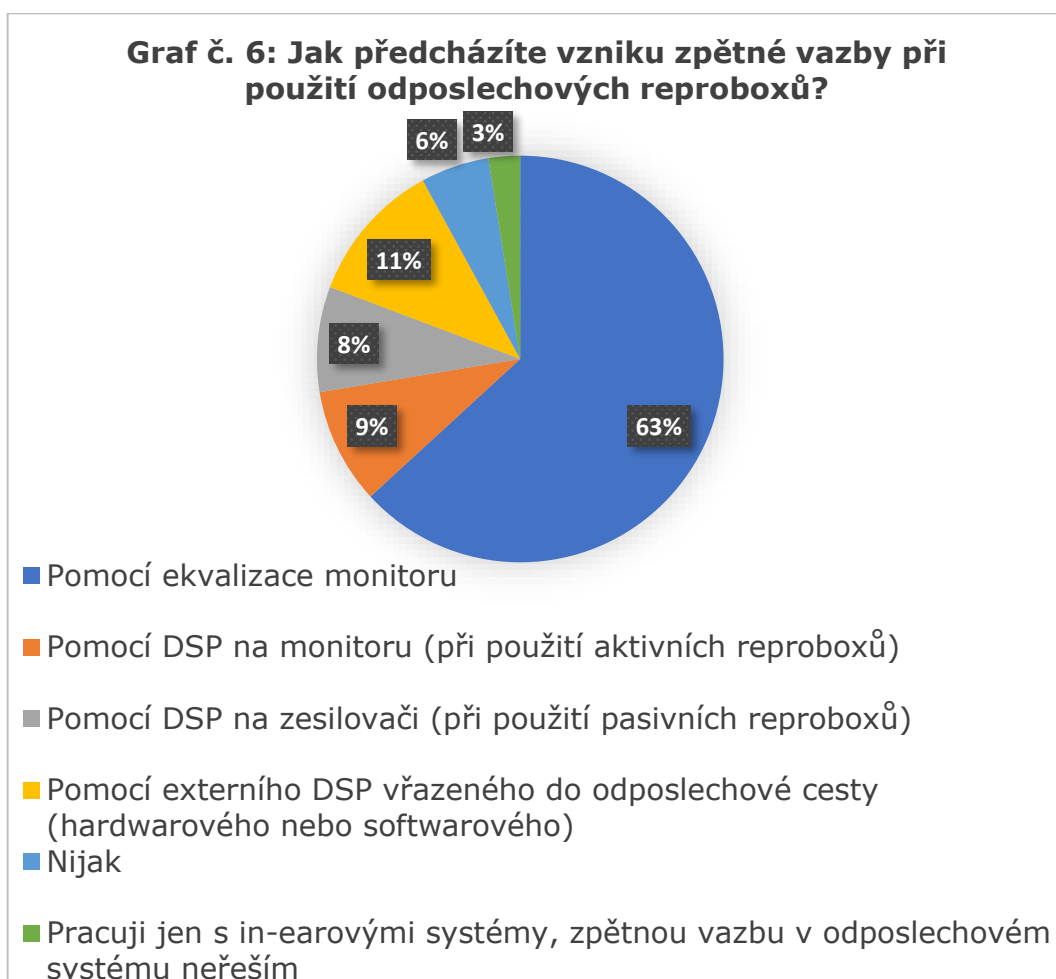
¹¹⁴ Rozhovor s Ing. Michalem Brúnou, profesionální zvukař v oblasti live ozvučování. Praha 13.4.2021.

¹¹⁵ Tamtéž

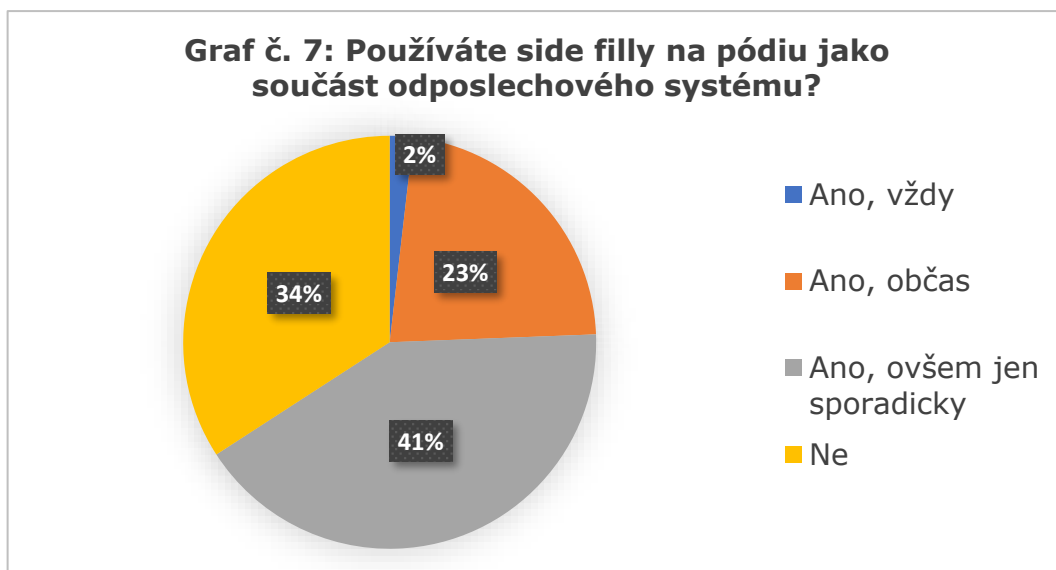
S použitím odposlechových reproboxů se neodmyslitelně váže riziko vzniku zpětné vazby. Elementární metodou je vhodné umístění odposlechového reproboxu vůči směrové charakteristice nejbližšího mikrofonu. Dle grafu č. 5 se v praxi používá převážně tato metoda.



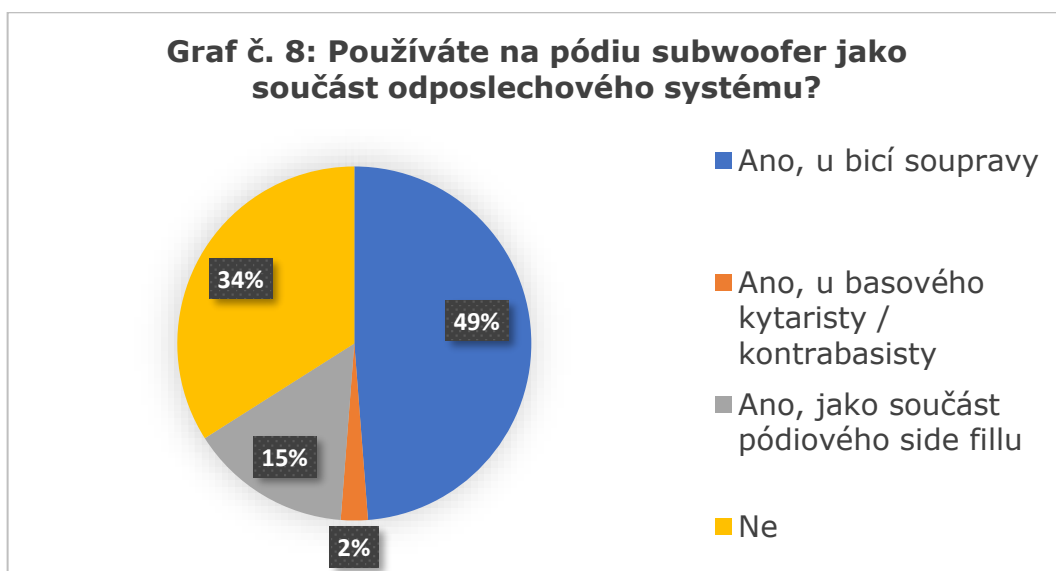
Nejpoužívanější pomocnou metodou pro předcházení vzniku zpětné vazby je ekvalizace odposlechového reproboxu, viz graf č. 6:



Pódiové sidefilly nebývají na pódiu příliš viditelné. Jejich umístění bývá záměrně nenápadné, aby opticky nerušilo pódium či scénu. Míru používání sidefillů zobrazuje graf č. 7:



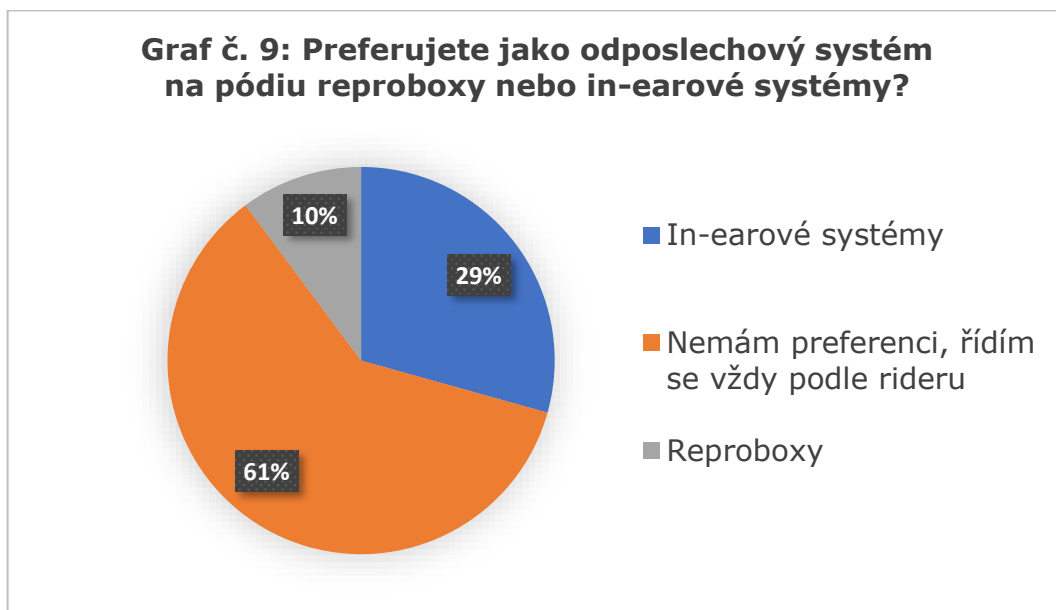
Obdobně je tomu s použitím subwooferů na pódiu. Spodní část slyšitelného frekvenčního spektra bývá na pódiu dostatečně hlasitá díky subwooferům od hlavního PA systému, které se umísťují nejčastěji na kraj pódia či přímo pod pódium. Graf č. 8 znázorňuje, v jakých případech čeští zvukaři přidávají subwoofery na pódiu:



Na festivalech moderní elektronické hudby, kde vystupují převážně diskžokejové se svou tvorbou, bývají odposlechové subwoofery součástí technických požadavků

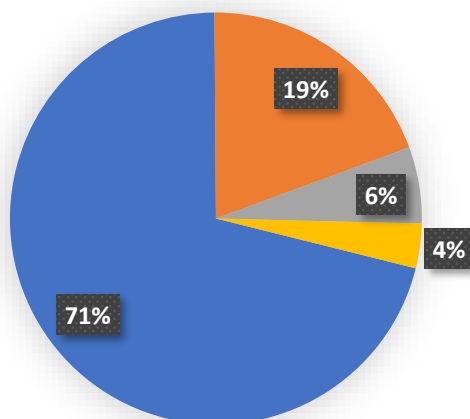
vystupujících umělců. Umisťují se z boků k pozici diskžokeje, z každé strany jeden či dva subwoofery.¹¹⁶

V preferenci použitého odposlechového systému mezi in-earovými systémy a odposlechovými reproboxy převažuje volba in-earového systému. Mnoho zvukařů však osobní preferenci ani jednoho systému nemá a řídí se vždy podle technických požadavků vystupujících interpretů. Ti často vyžadují použití obou reprodukčních systémů současně, viz grafy č. 9 a 10:



¹¹⁶ Rozhovor s Ing. Michalem Brúnou, profesionální zvukař v oblasti live ozvučování. Praha 13.4.2021.

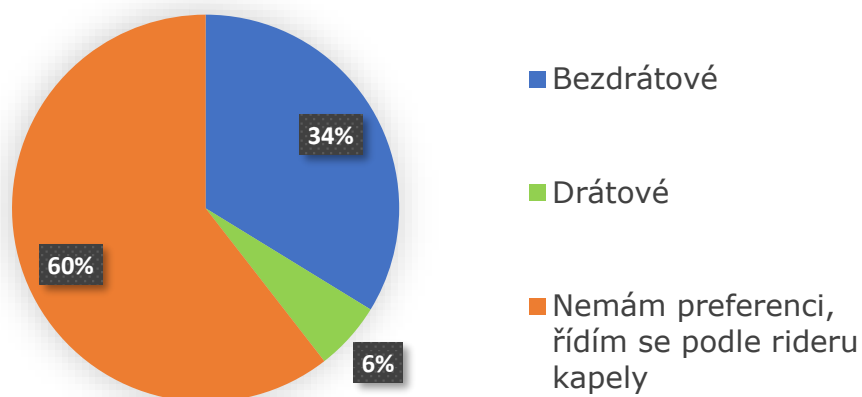
Graf č. 10: Používáte souběžně in-earové systémy i odposlechové reproboxy?



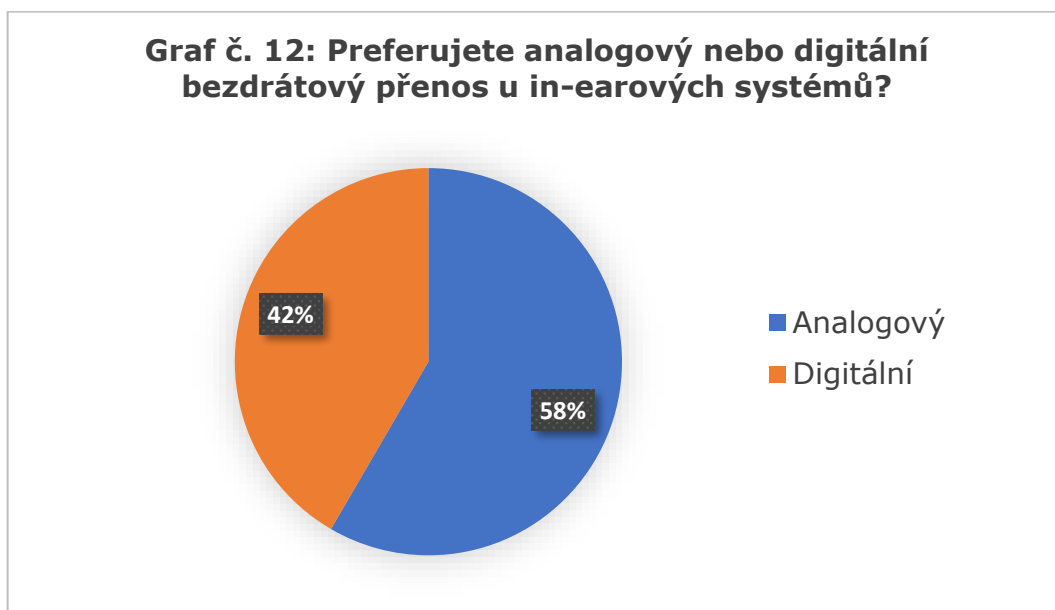
- Ano, v případě, kdy každý z vystupujících umělců požaduje jiný typ odposlechu (někdo chce in-ear, někdo reprobox...)
- Ano, když mají všichni vystupující in-ear, tak odposlechové reproboxy používám jako záložní variantu odposlechu
- Ne, používám jen odposlechové reproboxy
- Ne, používám jen in-earové systémy

Obdobně je tomu v praxi z hlediska preference drátového či bezdrátového in-earového systému. V mnoha případech si vystupující umělci přivážejí vlastní in-earový systém a zvukař tak neovlivní volbu mezi drátovou a bezdrátovou variantou, viz graf č. 11:

Graf č. 11: Preferujete drátové nebo bezdrátové in-earové systémy?



V preferenci typu bezdrátového přenosu signálu mírně převažuje analogová varianta, viz graf č. 12:



Na profesionální úrovni u bezdrátových in-earových systémů jednoznačně převažuje analogový typ přenosu. Digitální typ přenosu se téměř nepoužívá, protože zvyšuje latenci celého odposlechového systému. V odposlechové cestě je snaha zachovat co nejnižší latenci. Nejčastěji se v celém systému používá jediný digitální prvek. Tím je digitální mixážní pult. Jeho možnosti pro mix odposlechových cest výrazně převyšují možnosti analogového mixážního pultu.¹¹⁷

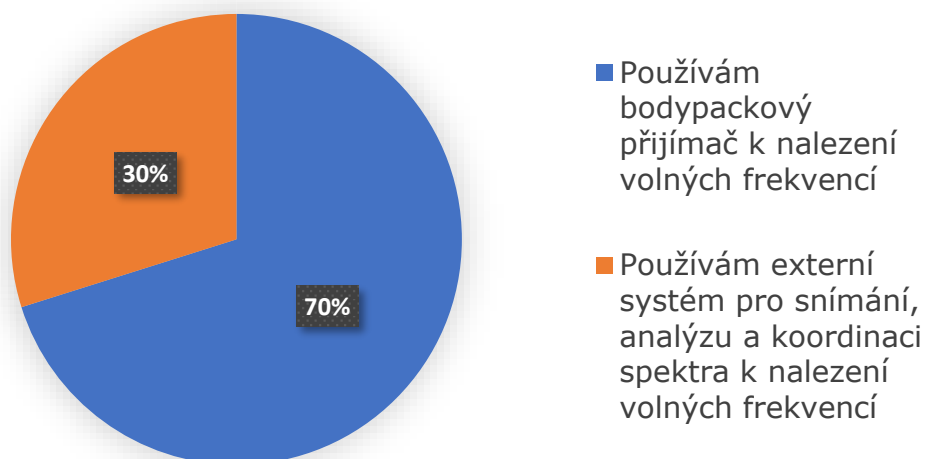
Před samotným spuštěním bezdrátových systémů je nutné najít volné přenosové frekvence v dané oblasti. K tomu se nejčastěji používá bodypackový přijímač od in-earového systému, který tuto funkci nabízí.

Alternativní a profesionálnější variantou je použití externího systému pro snímání, analýzu a koordinaci spektra k nalezení volných radiových frekvencí.¹¹⁸ Toto řešení se v praxi používá méně než vyhledávání pomocí bodypacku, viz graf č. 13:

¹¹⁷ Rozhovor s Ing. Michalem Brúnou, profesionální zvukař v oblasti live ozvučování. Praha 13.4.2021.

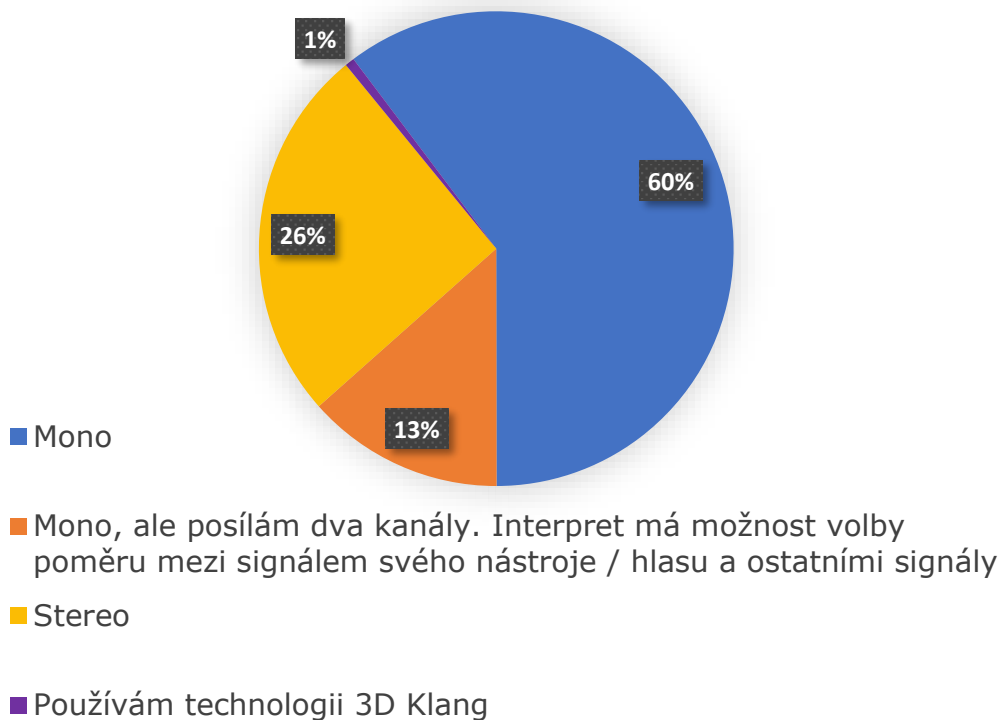
¹¹⁸ Tamtéž

Graf č. 13: Jak vyhledáváte volné přenosové frekvence pro in-earové bezdrátové systémy?



Odposlechové cesty pro in-earové systémy míchají čeští zvukaři převážně mono, viz graf č. 14:

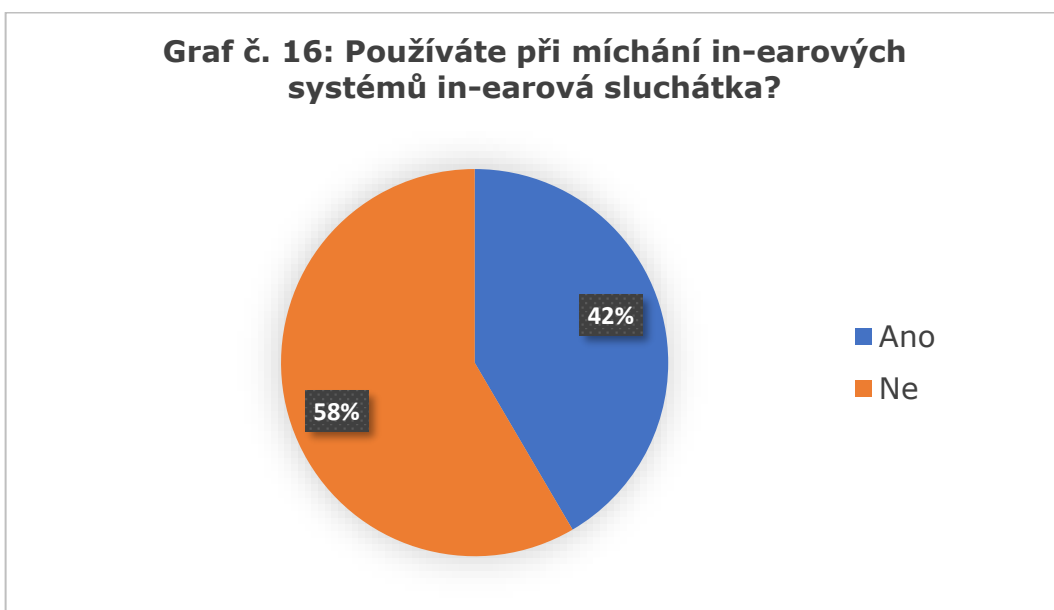
Graf č. 14: Mícháte in-earové odposlechové cesty nejčastěji v monu nebo ve stereu?



Z výše uvedeného grafu je patrné, že technologie 3D Klang, která funguje na principu binaurální stereofonie, v českém prostředí zatím není příliš rozšířená.

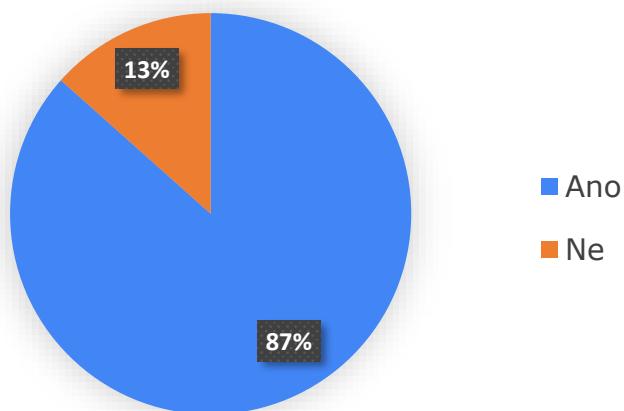
Při míchání odposlechových cest je možné umístit k postu zvukaře kontrolní odposlechový reprobox, aby měl zvukař při úpravách konkrétní odposlechové cesty

přibližně podobný poslech jako umělec na pódiu. Obdobně je tomu u mixu odposlechových cest pro in-earové systémy. V praxi mírně převažuje skutečnost, že zvukař ani nemívá kontrolní odposlechový reprobox. Použití in-earových sluchátek také není dominantní při míchání odposlechových cest pro in-earové systémy, viz níže uvedené grafy č. 15 a 16:



Vzdálené ovládání digitálního mixážního pultu se těší poměrně velké oblibě, viz graf č. 17:

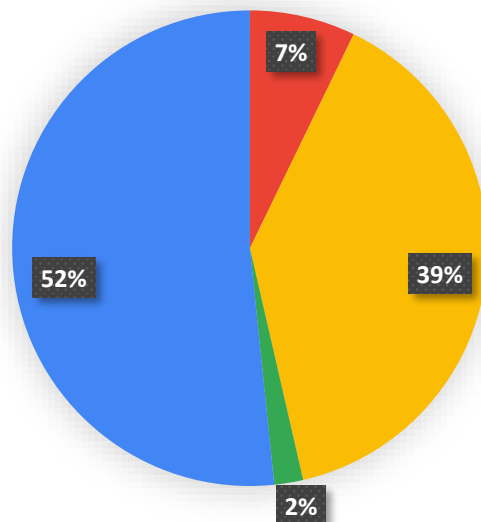
Graf č. 17: Používáte bezdrátové připojení (remote control) k digitálnímu mixážnímu pultu při práci s odposlechovými systémy? (např. pomocí aplikace v tabletu, mobilu...)



Pomocí vzdáleného ovládání může zvukař upravovat jakoukoliv odposlechovou cestu v dosahu bezdrátové sítě, pomocí které vzájemně komunikuje digitální mixážní pult se zvukařovým zařízením. Když zvukový mistr upravuje odposlechový reprobox umělce přímo z místa, kde se umělec pohybuje, je mezi nimi vzájemná komunikace jednodušší a zároveň zvukař lépe odhadne nutnost a míru úprav odposlechu. Vzdálené ovládání lze využít také například při ekvalizaci odposlechového reproboxu pro snížení rizika vzniku zpětné vazby.

Vzdálené ovládání může také sloužit přímo vystupujícím umělcům. Z grafu č. 18 vyplývá, že téměř polovina zvukových mistrů nabízí účinkujícím mít mix odposlechové cesty určitým způsobem ve vlastní režii.

Graf č. 18: Dáváte vystupujícím umělcům možnost, aby si sami upravovali svou odposlechovou cestu, když používají in-earový systém?



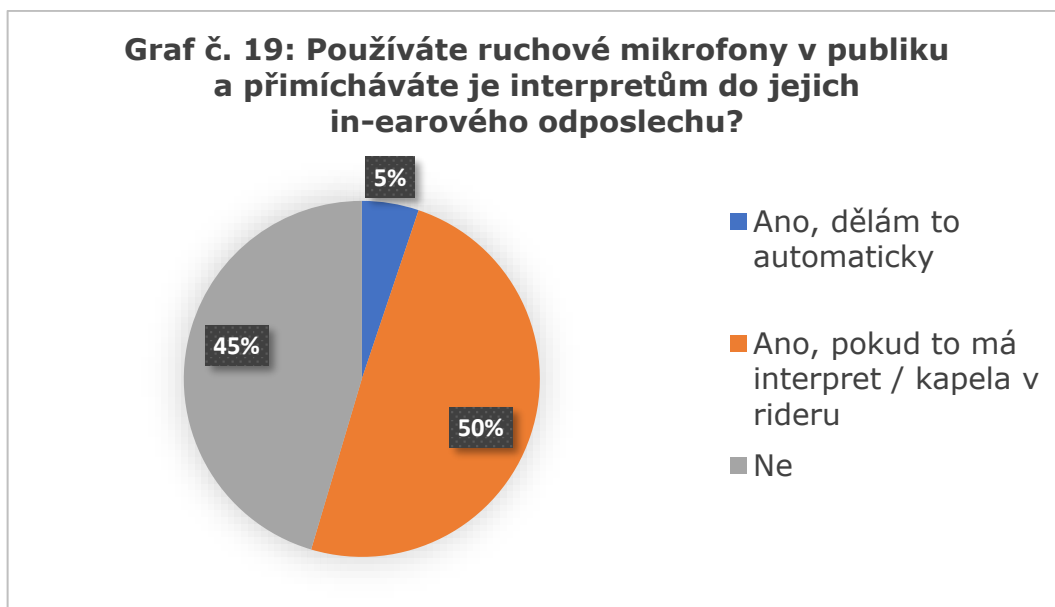
- Ano, mohou upravovat jakýkoliv mix vzdáleně pomocí tabletu nebo mobilu
- Ano, mohou si upravovat jen svůj mix vzdáleně pomocí tabletu nebo mobilu
- Ano, každý interpret si svůj mix řídí kompletně sám pomocí kontroleru Allen & Heath ME 500 či Midas DP 48 či jiným kontrolerem k příslušnému systému
- Ne

Pokud mají účinkující možnost upravovat jakýkoliv mix, musí si zvukař bezpečně předpřipravit přístupová práva k jednotlivým sběrnicím v digitálním mixážním pultu, zejména pokud pro mix odposlechových cest slouží FOH pult. Kdyby měl umělec přístup k celému pultu, mohl by nechtěně zvukaři zasáhnout do globálního nastavení, do nastavení jednotlivých kanálů či do mixu hlavního PA.

Ovládání odposlechu pomocí kontroleru se v praxi využívá nejčastěji v pevných instalacích hudebních divadel, kde bývá jen FOH zvukař a komunikace mezi ním a hudebníky bývá složitá. Na hudebních festivalech se toto řešení prakticky nevyskytuje, protože zapojení a nastavení vyžaduje delší přípravu. Pravděpodobně jedinou výjimkou je zpěvačka a hudebnice Aneta Langerová, která na svých

vystoupení má přidělaný kontroler na mikrofonním stojanu. Pomocí něj si může upravovat poměry hlasitostí vstupních 16 kanálů.¹¹⁹

Poslední otázka v dotazníku mapuje použití a přimíchávání ruchových mikrofonů do in-earového odposlechu během vystoupení, viz graf č. 19:



Graf ukazuje, že polovina dotazovaných tuto techniku používá jen, pokud to má interpret nebo kapela v technických požadavcích.

Přední české hudební skupiny tuto techniku využívají ve velmi malé míře. Plnohodnotně ji aktuálně používá pravděpodobně jen skupina Kabát. Aby použití ruchových mikrofonů v odposlechové cestě zužitkovalo svůj potenciál, musí monitorový zvukař aktivně pracovat se signálem z ruchových mikrofonů. Zvukař musí znát vystoupení hudební skupiny a v domluvených momentech přidávat či ubírat hlasitost ruchových mikrofonů v odposlechových cestách umělců.¹²⁰

3.2 Vystupující umělci

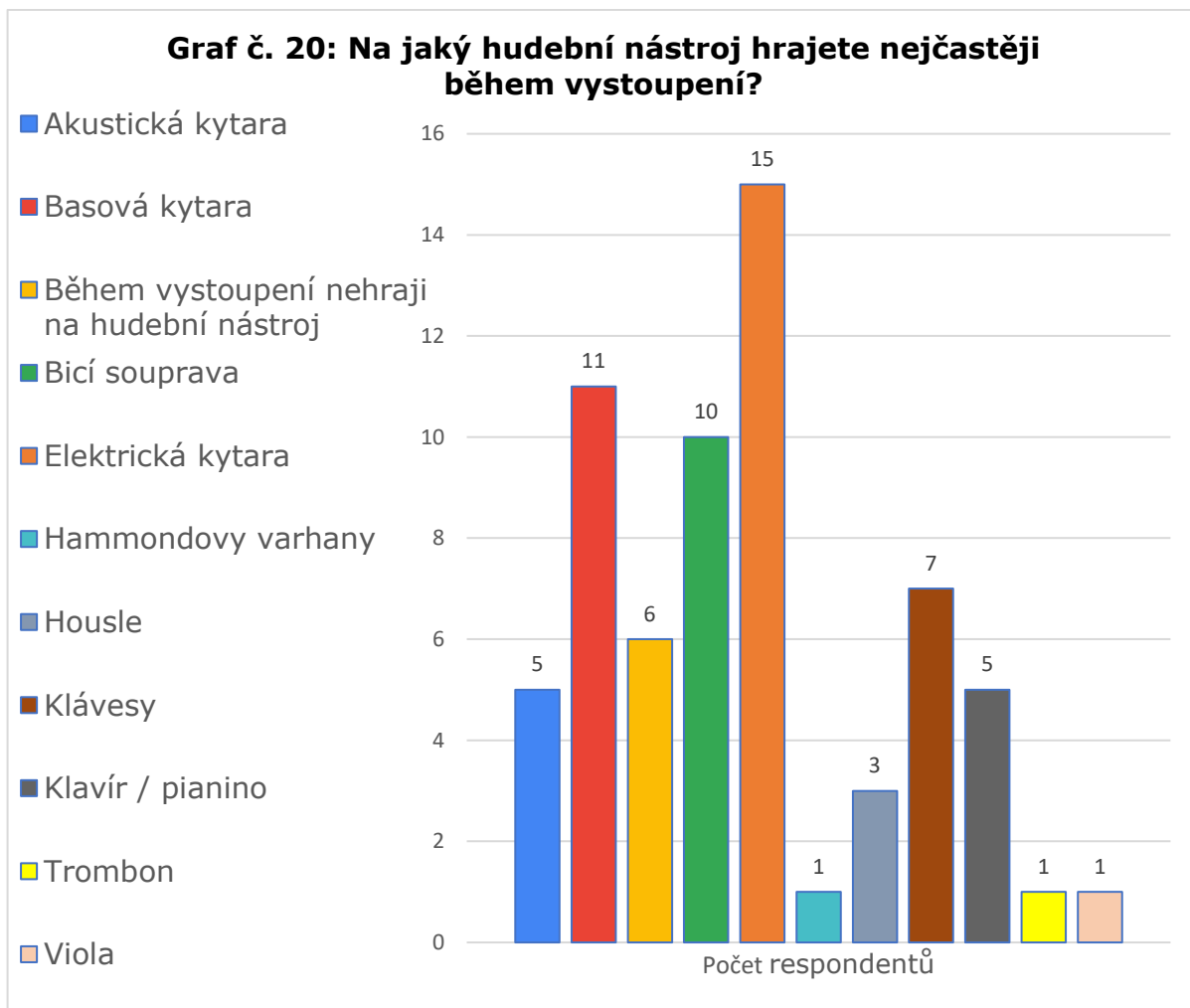
Dotazník pro vystupující umělce byl zveřejněn na stránce Facebookové skupiny Muzikanti a kapely, která měla k 26.4.2021 19 052 členů. Za toto období zodpovědělo otázky 65 respondentů. V této skupině se vyskytují nejen amatérští, ale i profesionální hudebníci.

¹¹⁹ Rozhovor s Ing. Michalem Brůnou, profesionální zvukař v oblasti live ozvučování. Praha 13.4.2021.

¹²⁰ Rozhovor s Ing. Michalem Brůnou, profesionální zvukař v oblasti live ozvučování. Praha 13.4.2021.

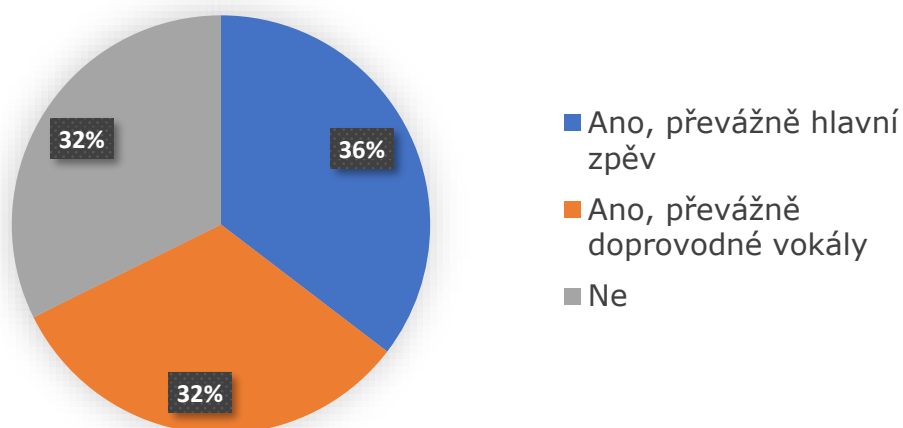
Tento dotazník mapuje uživatelskou zkušenost hudebníků s odposlechovými systémy. U některých otázek byly použity pomocné obrázky uvedených zařízení. Vystupující umělec v praxi nemusí vědět, jak se příslušné zařízení odborně nazývá, případně může znát jen slangové označení příslušného zařízení, což by mohlo snížit relevantnost odpovědí.

Instrumentální zastoupení dotazovaných je zobrazeno v grafu č. 20:



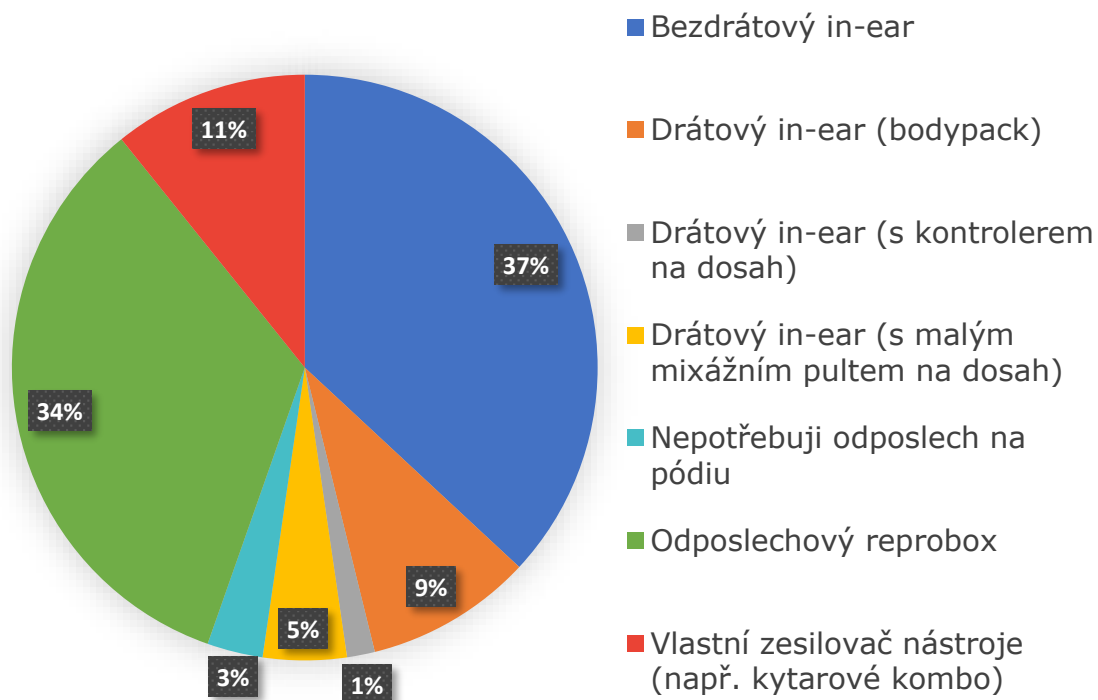
Z toho dvě třetiny během vystoupení zpívají, viz graf č. 21:

Graf č. 21: Zpíváte během vystoupení?

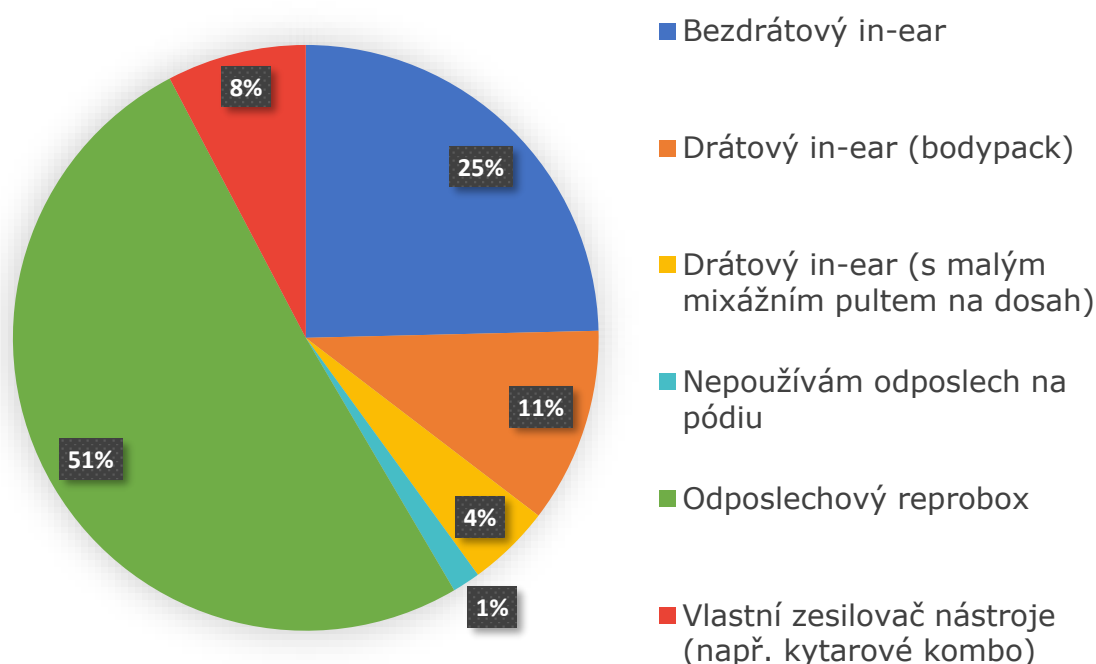


Na otázku, jaký typ reprodukcí části odposlechového systému preferují a jaký typ v praxi nejčastěji používají, odpověděli respondenti dle grafů č. 22 a 23:

Graf č. 22: Co preferujete jako odposlech během svého vystoupení?



Graf č. 23: Jaký typ odposlechu používáte nejčastěji během svého vystoupení?

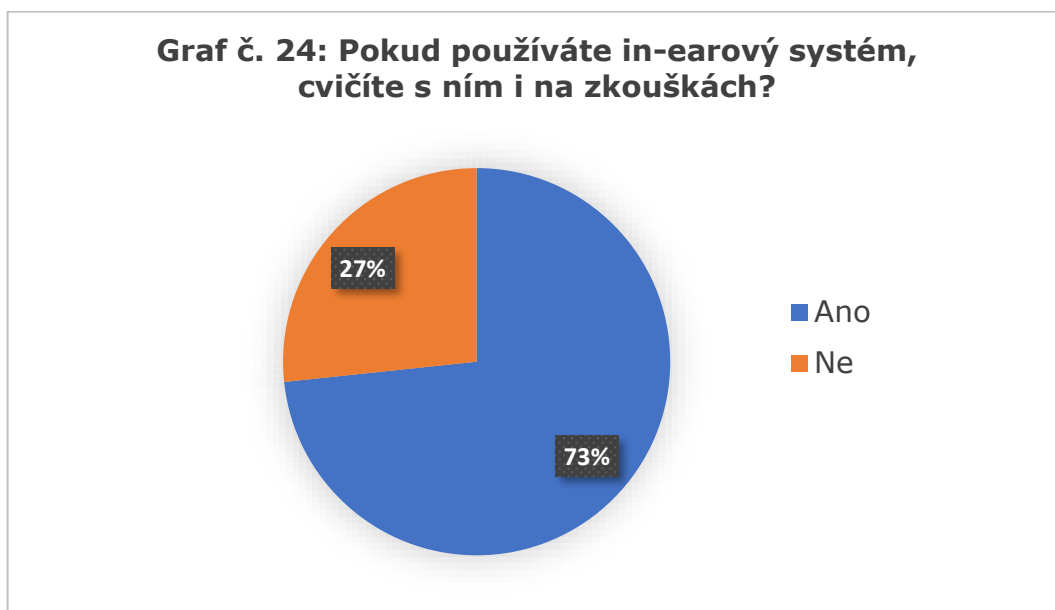


Zde je patrný rozdíl mezi preferencemi a praxí. Preference umělců mírně tíhnou k typům in-earového odposlechu. Oproti tomu je v praxi o něco větší převaha odposlechových reproboxů. Na poloprofesionálních vystoupeních jsou odposlechové reproboxy zavedeným standardem. Pokud na takové akci chtějí mít umělci in-earový odposlech, musí si ho ve většině případů přivést sami. Umělci tak bez ohledu na úroveň profesionality mají více zkušeností s odposlechovými reproboxy. Důvodem převahy odposlechových reproboxů v praxi tak bude nejspíše skutečnost, že in-earový systém si umělci musí vypůjčit nebo pořídit na vlastní náklady.

Přechod z odposlechových reproboxů na in-earový systém není pro většinu vystupujících umělců jednoduchý proces. In-earový poslech nabízí úplně jiný zvukový zážitek. Hudebník si na tento typ poslechu musí postupně zvyknout, aby během vystoupení mohl podat maximální výkon.¹²¹

¹²¹ PELL, Becky. Monitor Transitions: Helping Artists Make The Change From Wedges To IEMs. *ProSoundWeb* [online]. January 19, 2021 [cit. 2021-4-27]. Dostupné z: <https://www.prosoundweb.com/monitor-transitions-helping-artists-make-the-change-from-wedges-to-iems/>

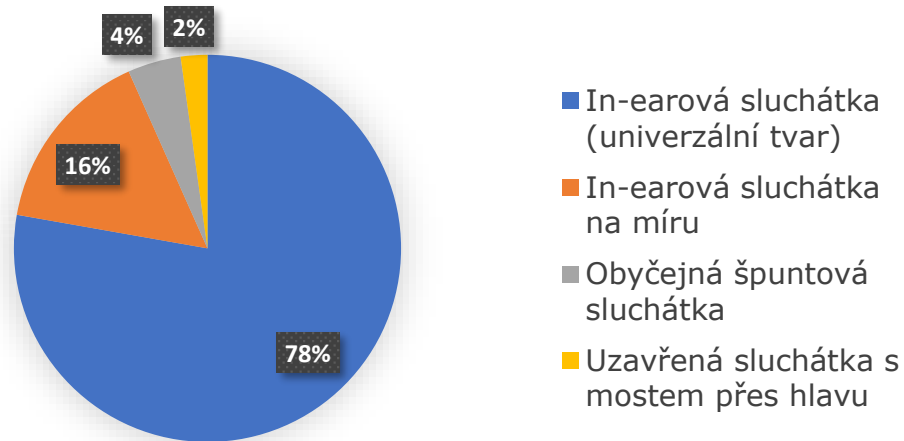
Poměr hudebníků, kteří s in-earovým odposlechem cvičí na zkouškách, zobrazuje graf č. 24:



Převažující používání in-earového odposlechu na zkouškách je dáno pravděpodobně výše zmíněnou změnou ve vnímání odposlechu. Některé hudební skupiny zkoušejí v akusticky naprosto nevhodných prostorech. V těchto případech je použití in-earového odposlechu také výhodné. Hudebník může slyšet dobře ostatní spoluhráče. Navíc in-earová sluchátka zajišťují ochranu sluchu vůči okolnímu hluku, jehož hladina může být v akusticky nevhodných prostorech nepříjemně vysoká.

Ve volbě sluchátek k in-earovému systému dle grafu č. 25 převažují in-earová sluchátka s univerzálním tvarem. Výrazně nižší procento užívání in-earových sluchátek na míru je způsobeno pravděpodobně vysokými pořizovacími náklady. Většinové používání in-earových sluchátek při vystoupeních je pozitivním zjištěním.

Graf č. 25: Jaká používáte sluchátka během vystoupení?



Uzavřená sluchátka s mostem přes hlavu používali v dřívějších dobách především hráči na bicí soupravu. Z odpovědí respondentů vyplývá, že tento trend je již na ústupu.

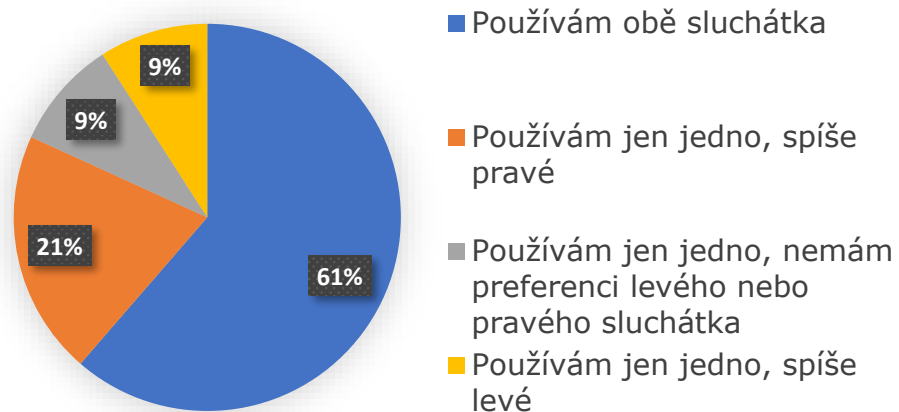
Použití běžných špuntových sluchátek se nedoporučuje pro in-ear monitoring. Účinnost útlumu a frekvenční vyváženost nebývá tak vysoká jako u in-earových sluchátek. Navíc jsou tato sluchátka náchylnější k vypadnutí ze zvukovodu. Na pódiu s vyšší hladinou akustického tlaku uživatel těchto sluchátek mívá tendenci mít hlasitost svého odposlechu značně zvýšenou díky nižšímu tlumení okolí. Může tím dojít rychleji k únavě či dokonce až k poškození sluchu.¹²²

Pokud umělec nemá nasazená obě in-earová sluchátka, jejich efektivita ochrany sluchu se výrazně snižuje.¹²³ U českých hudebníků mírně převažuje používání obou sluchátek, viz graf č. 26:

¹²² BALLOU, Glen. *Handbook for sound engineers*. 4th ed. Boston: Focal Press, c2008, s. 1422-1425. ISBN 978-0-240-80969-4.

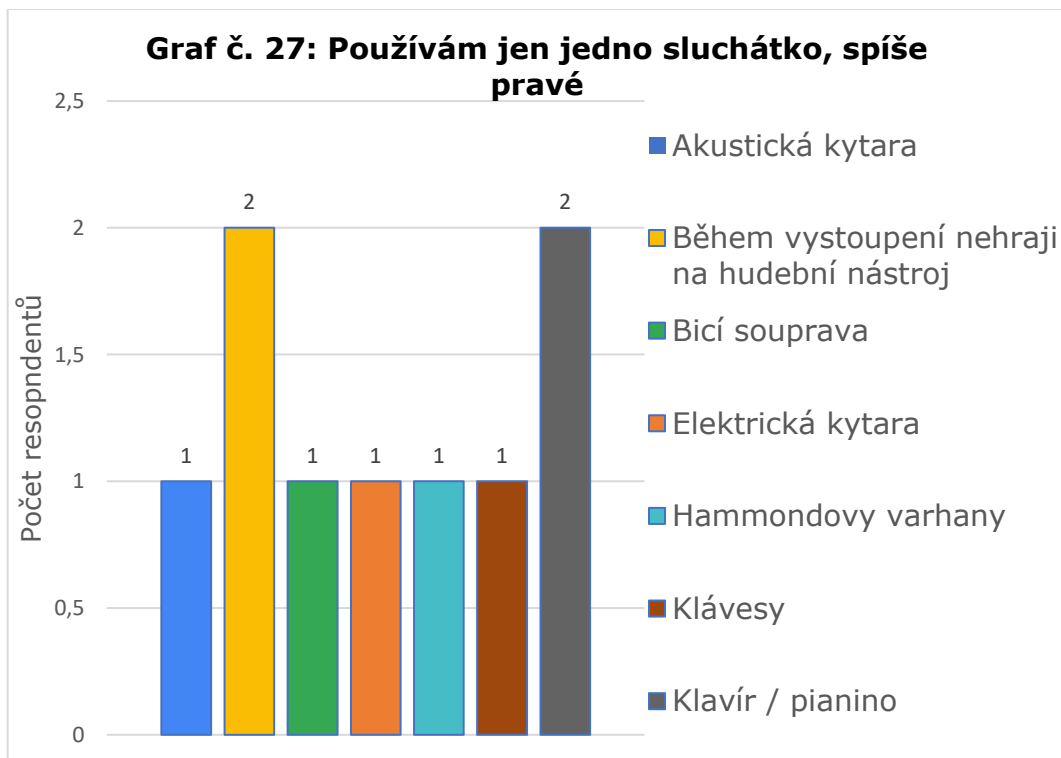
¹²³ viz kapitola 2.3.4

Graf č. 26: Používáte během vystoupení obě sluchátka nebo jen jedno?



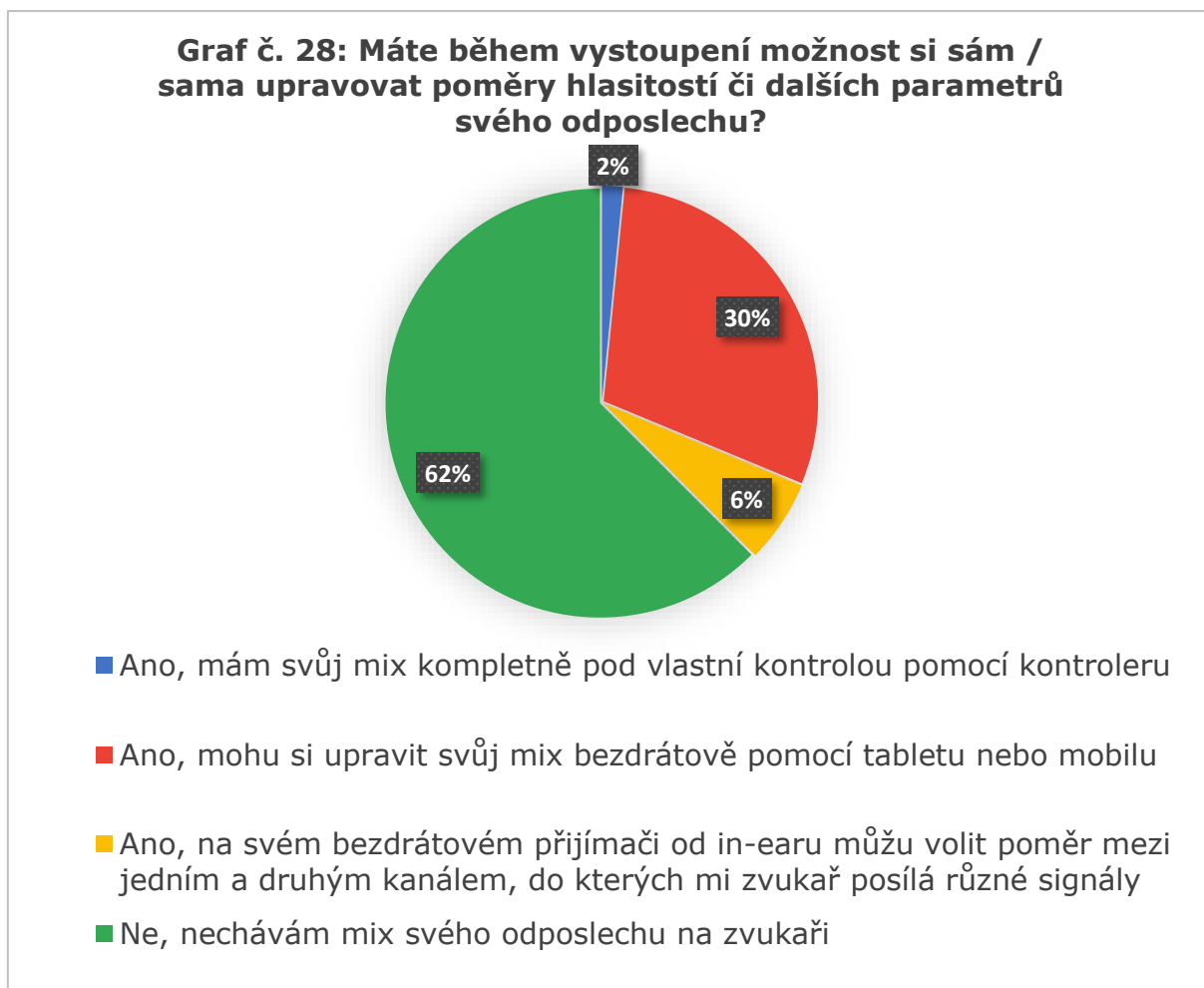
Zajímavé je, že při použití jednoho sluchátka převažuje použití toho pravého. V grafu č. 27 je výčet hudebníků, kteří v odpovědi uvedli tuto variantu:

Graf č. 27: Používám jen jedno sluchátko, spíše pravé



Důvodem této volby bude nejspíše jejich pozice na pódiu, kdy větší nežádoucí hluk přichází z jejich pravé strany. V rozmístění hudebních nástrojů na pódiu v oblasti nonartificiální hudby nejsou ustálená pravidla. Ze získaných dat není možné tuto volbu více zkoumat.

Vystupující umělci měli ve svém dotazníku také otázku, zda mají možnost si upravovat svou odposlechovou cestu během vystoupení. Dle grafu č. 28 více jak polovina dotázaných tuto možnost vůbec nemá.



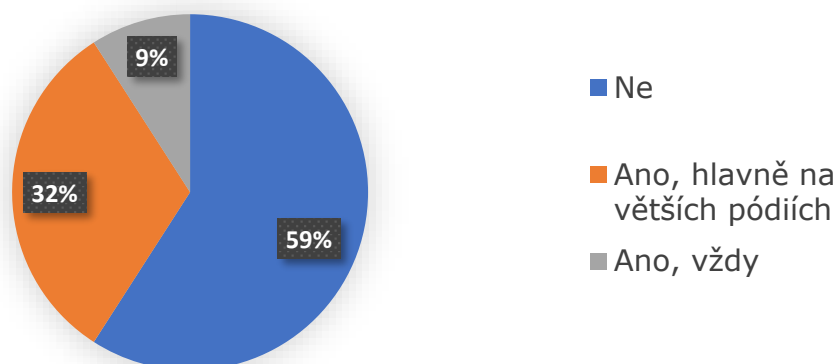
Některé hudební skupiny, které používají in-earový systém, si pořizují vlastní digitální monitorový pult. Na něm mají uložené veškeré nastavení. Pokud používají některé mikrofony na místě¹²⁴, stačí jen upravit vstupní zesílení příslušných kanálů a provést drobnou korekci pomocí ekvalizéru. U komponentů¹²⁵, které si kapela vozí s sebou, je nastavení uložené a stačí je jen zapojit. Často bývá součástí monitorového systému hudební skupiny kompletní analogové rozbočení, aby svůj systém mohla během vystoupení vůbec použít. Ozvučovací společnosti nemívají

Na live ozvučených akcích je možné vidět odposlechové reproboxy před účinkujícími, kteří mají zároveň in-earová sluchátka. Dle odpovědí dotázaných je vyžadují, když vystupují na větších pódíích, viz graf č. 29:

¹²⁴ Nejčastěji mikrofony od bicí soupravy, dále mikrofony na zpěvy, elektrické kytary aj.

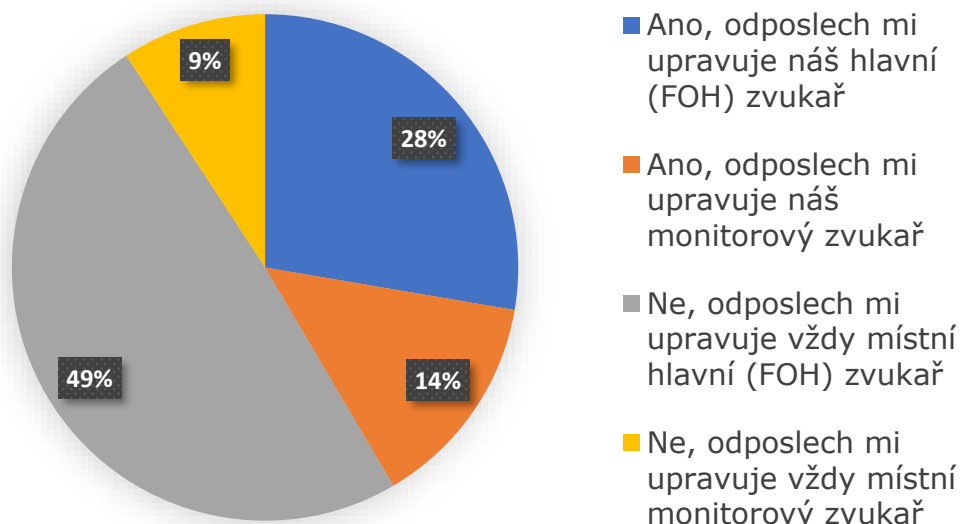
¹²⁵ Typicky klávesové nástroje, linkový výstup ze zesilovače basové kytary aj.

Graf č. 29: Když používáte in-earový odposlech, požadujete na pódiu zároveň odposlechový reprobox?



Někteří umělci a některé hudební skupiny mají svého zvukaře, který s nimi jezdí na vystoupení a pravidelně jim míchá signály do odposlechových cest. Tento jev mapuje graf č. 30:

Graf č. 30: Máte svého vlastního hlavního nebo monitorového zvukaře, kterým Vám upravuje odposlech?



Dle odpovědí respondentů je patrné, že o mix odposlechových cest se starají spíše místní zvukaři na daném vystoupení, a že odposlechové cesty jim míchá většinou hlavní FOH zvukař.

Hudební skupiny, které si mohou dovolit najmout na své vystoupení svého preferovaného zvukaře, jej najímají nejčastěji jako FOH zvukaře. Kvalitní zvuk pro

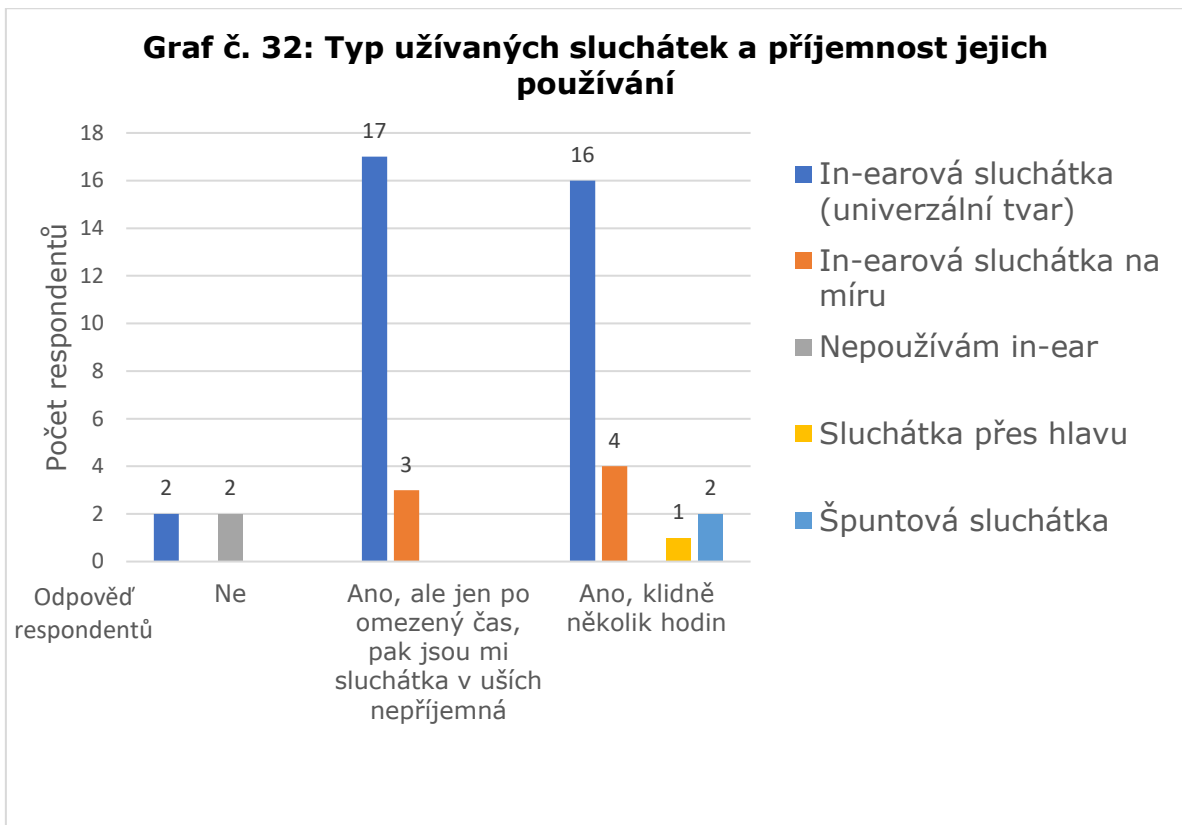
publikum vnímají jako prioritní. Když daný zvukař s kapelou spolupracuje dlouhodobě, zná většinou také odposlechové požadavky jednotlivých interpretů. V praxi tak často tzv. kapelní zvukař, který míchá zvuk primárně pro publikum, míchá také odposlechové cesty pro vystupující.¹²⁶

In-earová sluchátka nemusí být pro každého uživatele pohodlná. Necelé polovině respondentů nedělá problém používat in-earová sluchátka několik hodin, viz graf č. 31:



Graf č. 32 zobrazuje, která sluchátka dotazovaní během vystoupení používají a jak je jim jejich používání příjemné.

¹²⁶ Rozhovor s Ing. Michalem Brúnou, profesionální zvukař v oblasti live ozvučování. Praha 13.4.2021.



Univerzální in-earová sluchátka se vyskytují ve všech třech kategoriích odpovědí. Pro některé hudebníky mohou být nepříjemná právě kvůli tvaru sluchátek, které nemusí sedět dobře každému v uších. Z dat je patrné, že na základě nepříjemného pocitu z nošení in-earových sluchátek je některých hudebníků v praxi nepoužívají. Někomu může vadit jejich přílišné tlumení okolního zvuku, a proto je používají jen po omezený čas.

Závěr

Post monitorového zvukaře je v dnešní praxi zavedenou specializací zvukových mistrů. Profesionál v tomto oboru musí dobře znát zvukovou a bezdrátovou techniku, během probíhajícího vystoupení být pohotový, mít hudební cítění a zároveň mít empatii k vystupujícím umělcům na pódiu. Při sebemenší chybě může negativně ovlivnit celou show.

V českém prostředí je profese monitorového zvukaře známá a mnoho zvukařů se jí věnuje. Na profesionálně ozvučených akcích je přítomnost monitorového zvukaře zavedeným standardem. Pomineme-li největší hudební produkce, na live ozvučených akcích se s postem monitorového zvukaře nesetkáváme tak často. O mix odposlechových cest se stále nejvíce starají FOH zvukaři, kteří ale během produkce nemohou pohotově reagovat na potřeby vystupujících umělců.

Technická úroveň se u nás drží na slušné úrovni. Rezervy českých zvukařů jsou v hlídání latence odposlechového systému. Digitální bezdrátový přenos u in-earových systémů a digitální konverze při rozbočení vstupních signálů přidávají do odposlechové cesty latenci, která v celkovém součtu může hrát významnou roli. Tolerance zpoždění odposlechové cesty je u každého interpreta jiná, ovšem některým vyšší latence může být minimálně poslechově nepříjemná. U některých interpretů může velmi výrazně narušit předvedený výkon.

Nárůst používání in-earových systémů je značný. Pro zvukové mistry i interprety přináší řadu výhod. Pokud si vystupující umělec vystačí s in-earovým systémem a nepožaduje odposlechový reprobox, na pódiu je tak méně hluku, což přispívá k lepšímu zvukovému zážitku pro publikum i pro samotného účinkujícího. Jako reprodukční část odposlechového systému však stále mírně dominují odposlechové reproboxy.

Vystupující umělci by si měli dávat větší pozor na svůj sluch. Použití jen jednoho in-earového sluchátka může pomoci udržet kontakt s publikem a s ostatními účinkujícími na pódiu, ale sluch interpreta je chráněn jen když jsou nasazená obě in-earová sluchátka.

Seznam použitých pramenů

Literatura

BALLOU, Glen. *Handbook for sound engineers*. 4th ed. Boston: Focal Press, c2008, 1778 s. ISBN 978-0-240-80969-4.

EVANS, Bill. *Live Sound Fundamentals*. Boston: Course Technology, a part of Cengage Learning., 2011, 179 s. ISBN 1-4354-5603-3.

NAVRÁTIL, Michal. *Systémy přenosu vícekanálového digitálního zvukového signálu*. Praha, 2019, 43 s. Bakalářská práce. Akademie múzických umění v Praze, Hudební a taneční fakulta. Vedoucí práce doc. MgA. Ing. Ondřej Urban, Ph.D.

NOVÁČEK, Zdeněk. *Elektromagnetické vlny, antény a vedení: přednášky*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav radioelektroniky, 2006, 136 s. ISBN 80-214-3301-9.

VLACHÝ, Václav. *Praxe zvukové techniky*. 3., aktualiz. a dopl. vyd. Praha: Muzikus, c2008. 298 s. ISBN 978 80-86253-46-5.

Rozhovory

Rozhovor s Ing. Michalem Brůnou, profesionální zvukař v oblasti live ozvučování. Praha 13.4.2021.

Internetové zdroje

BRASHLER, Drew. RF COORDINATION TRAINING – ANTENNAS FOR WIRELESS AUDIO. In: *DBB Audio* [online]. September 3, 2018 [cit. 2021-04-21]. Dostupné z: <https://dbbaudio.com/2018/rf-coordination-training-antennas-for-wireless-audio/>

BURTON, Jon. An Introduction To In-ear Monitoring: The Sound In Your Head. In: *Sound On Sound* [online]. February 2013 [cit. 2021-03-24]. Dostupné z: <https://www.soundonsound.com/techniques/introduction-ear-monitoring>

FRANKSON, Richard, LINDOP, Chrys, ed. In Ear Monitors a Brief History. In: *SoundLightUP* [online]. December 2018 [cit. 2021-03-24]. Dostupné z: https://www.soundlightup.com/wp-content/uploads/2018/12/IEM_History.pdf

CHAPPLE, Jon. GENIUS! #25: Chrys Lindop and in-ear monitoring. In: *Pro Sound News* [online]. April 2, 2015 [cit. 2021-03-24]. Dostupné z: <https://www.prosoundnetwork.com/international/genius-25-chrys-lindop-ear-monitoring>

JOHN, Ryan, Brendan DREAPER a Joe SANTARPIA. Live Sound Bootcamp, Episode 6: Monitor Signal Flow. In: *ProSoundWeb* [online]. March 8, 2021 [cit. 2021-04-01]. Dostupné z: <https://www.prosoundweb.com/live-sound-bootcamp-episode-6-monitor-signal-flow/>

JOHN, Ryan, Brendan DREAPER a Joe SANTARPIA. Live Sound Bootcamp, Episode 7: Monitor System Design. In: *ProSoundWeb* [online]. March 8, 2021 [cit. 2021-04-01]. Dostupné z: <https://www.prosoundweb.com/live-sound-bootcamp-episode-7-monitor-system-design/>

LEERMAN, Craig. Stage Monitoring 101: The Essentials. In: *ProSoundWeb* [online]. March 14, 2019 [cit. 2021-04-01]. Dostupné z: <https://www.prosoundweb.com/stage-monitoring-101-the-essentials/>

LEIPER, Hayed. All About Wireless: Antenna Types and Characteristics. In: *Shure Incorporated* [online]. March 14, 2018 [cit. 2021-04-23]. Dostupné z: <https://www.shure.com/en-US/performance-production/louder/all-about-wireless-antenna-types-and-characteristics>

MAIN, Bruce. Tweaking DSP For Stage Monitors: Tips & Tricks To Maximize Potential. In: *ProSoundWeb* [online]. May 3, 2017 [cit. 2021-04-13]. Dostupné z: <https://www.prosoundweb.com/tweaking-dsp-for-stage-monitors-tips-tricks-to-maximize-potential/>

MELLOR, David. Stage Monitoring & Monitor Mixing. In: *Sound On Sound* [online]. December 2005 [cit. 2021-04-11]. Dostupné z: <https://www.soundonsound.com/techniques/stage-monitoring-monitor-mixing>

PELL, Becky. Bold Directions: The Future Of Stage Monitoring. *ProSoundWeb* [online]. January 2, 2020 [cit. 2021-4-25]. Dostupné z: <https://www.prosoundweb.com/bold-directions-the-future-of-stage-monitoring/>

PELL, Becky. Hear At Last: A History Of Stage Monitoring. In: *ProSoundWeb* [online]. December 5, 2019 [cit. 2021-03-11]. Dostupné z: <https://www.prosoundweb.com/hear-at-last-a-history-of-stage-monitoring/>

PELL, Becky. Monitor Transitions: Helping Artists Make The Change From Wedges To IEMs. *ProSoundWeb* [online]. January 19, 2021 [cit. 2021-4-27]. Dostupné z: <https://www.prosoundweb.com/monitor-transitions-helping-artists-make-the-change-from-wedges-to-iems/>

3DME Three dimensional music enhancement Owners Manual. *ASI Audio, Inc.* [online]. 2019 [cit. 2021-4-26]. Dostupné z: <https://cdn.shopify.com/s/files/1/0262/1934/8028/files/3DME-Product-Manual-Android-USB-English-20210111.pdf?v=1610376706>

Hear Back Personal Monitor Mixer System user guide. Hear Technologies [online]. 2002 [cit. 2021-4-24]. Dostupné z: https://heartech.atlassian.net/wiki/spaces/KB/pages/37159263/Discontinued+Products?preview=/37159263/37290247/UsersGuide_HearBack.pdf

Iam!music [online]. Katalog produktů [cit. 2021-4-26]. Dostupné z: <https://iammusic.cz/produkty>

Quick Start Guide POWERPLAY 16 P16-M/P16-I/P16-D [online]. Music Tribe Global Brands Ltd., 2018 [cit. 2021-4-24]. Dostupné z: https://mediadl.musictribe.com/media/sys_master/hbb/h23/8849415438366.pdf

Seriously, What Are Digital Wireless Microphones, and Why Should You Use One? In: *RF Venue, Inc.* [online]. 2014 [cit. 2021-04-21]. Dostupné z: <https://www.rfvenue.com/blog/2014/12/15/digital-wiireless-explored>

SHURE HISTORY. In: *SHURE* [online]. [cit. 2021-03-25]. Dostupné z: <https://www.shure.com/en-GB/about-us/history>

Three Essential Concepts In Wireless Audio. In: *RF Venue, Inc.* [online]. 2016 [cit. 2021-04-21]. Dostupné z: <https://www.rfvenue.com/blog/2014/12/15/digital-wiireless-explored>

Všeobecné oprávnění č. VO-R/10/12.2019-9 k využívání rádiových kmitočtů a k provozování zařízení krátkého dosahu [online]. Praha: Český telekomunikační úřad, 17. prosince 2019. Dostupné z: <https://www.ctu.cz/sites/default/files/obsah/ctu/vseobecne-opravneni-c.vo-r/10/12.2019-9/obrazky/vo-r10-122019-9.pdf>

Videa

The Origin, History and Evolution of In Ear Monitors and Personal Listening Devices. In: *YouTube* [online]. 2.8.2016 [cit. 2021-03-23]. Dostupné z: https://youtu.be/K9_XsecRSsM