

Michal Rataj, Jan Trojan,  
Slavomír Hoříňka, Soňa Vetchá

# Zvuková imerze veřejného a privátního poslechového prostoru

## 1. Úvod

Deliverables – kouzelný novotvar, s nímž se dnes setkává každý z tvůrců odevzdávající v digitální podobě své dílo jeho další distribuci. Říká nám, jak připravit digitální formát tvůrčího výstupu tak, aby odpovídal výslednému (technologickému, mediálnímu) kontextu užívání. Ten pojem zdomácněl nejvíce v audiovizuálním průmyslu, ale je v zásadě platný napříč současnou změť audiovizuální tvorby. Stal se součástí každého tvůrčího profesního života a vypovídá mnohé o realitě vztahů mezi tvůrcem a příjemcem jeho díla. Převáděno do čistě hudební sféry – jinak zní dílo v rozhlasovém vysílání, internetovém rádiu v laptopu, příspěvku na sociálních sítích v telefonu, ambisonickém<sup>1</sup> (perifonickém)<sup>2</sup> ozvučení uvnitř koncertního sálu či při sluchátkovém poslechu. Dvě posledně jmenované situace budou v následujícím textu skloňovány nejvíce.

V centru naší pozornosti bude specifický vztah hudby a prostoru. Budeme přemýšlet o tom, jak se proměňuje vnímání prostorových kvalit zvuku v různých poslechových, respektive prostorových situacích. Zejména nás bude zajímat přenos poslechové zkušenosti z ambisonické distribuce prostorového zvuku do binaurální, sluchátkové. Příspěvek se zabývá nejen tím, jak jinak dílo v obou situacích zní, ale především tím, co je třeba udělat, aby byla v obou situacích zachována požadovaná *prostorová exprese*. Tímto pojmem – analogicky k ostatním hudebním parametrům jako melodie, rytmus, dynamik, barva – budeme označovat takové kompoziční a interpretační techniky v hudbě, jejichž funkcí je výrazové tvarování zvuku ve fyzickém či virtuálním prostoru.<sup>3</sup> Budeme přitom uvažovat z pohledu kompozičního a hledat primárně tvůrčí řešení.

Při práci s různými multikanálovými formáty zvuku se setkáváme běžně s nutností převodů mezi formáty. Ve světě filmu se typicky jedná o konverze různých forem sférického či surroundového zvuku (Dolby Atmos, 7.1, 5.1) do stereofonního formátu uplatnitelného v internetovém vysílání. Komerční rozvoj virtuální / rozšířené reality a s ní spojené sférické mikrofonie napomohl většímu zájmu o technologii binaurálního sluchátkového poslechu.<sup>4</sup> Jako hudební skladatelé či zvukoví designeři si však stále více uvědomujeme disparitaci mezi existujícími technologiemi umožňujícími různé typy formátových prostupností na straně jedné a dopady takové konverze na reálnou zvukovou podobu díla na straně druhé. Níže budeme přemýšlet, jak tuto disparitaci

1 Ambisonický formát mikrofonie a reprodukce označuje od 80. let 20. století situaci, v níž je kromě horizontálního rozměru prostorového zvuku reprezentován i rozměr vertikální. Jednotlivé kanály zvuku navíc nereprezentují zvukový obraz jednotlivých reproduktorů, nýbrž na reproduktorech nezávislý obraz celého zvukového pole. Protože je ambisonická reprodukce zpravidla reprezentována tvarem koule či polokoule, často lze narazit i na označení „sféra“, „sférická reprodukce / mikrofonie“. Viz zejm. Zotter, Frank 2019.

2 Tento pojem označující existenci horizontálního rozměru v mikrofonii i reprodukci lze v současné době registrovat stále častěji, viz např. Lord 2022.

3 Velmi blízko je takovémuto uvažování také pojem „spectromorphology“, který v 90. letech minulého století uvedl Denis Smalley. Ten však míří obzvláště na proměny barvy zvuku v čase a prostoru. Viz Smalley 1997.

4 Ta dostala sama masový impuls v podobě ASMR YouTube komunity.

uměnit, jak zajistit, aby se prostorová exprese sférické reprodukce mohla co nejvíce zachovat při jejím přenosu do privátního prostoru sluchátkové reprodukce binaurální.

Tento partikulární směr studia v poslední době nabral na intenzitě a je hluboce zakořeněn v podstatně širším kontextu. Na jedné straně je rámován nárůstem zájmu o rozšířenou a virtuální realitu a s tím spojený rozvoj příslušných AV technologií (Bosman a kol. 2023, Schumacher a kol. 2021). Je až s podivem, s jakou rychlostí se doposud spíše experimentální ambisonické a binaurální technologie, respektive syntéza zvukových polí, staly v průběhu poslední dekády součástí prakticky všech komerčních DAW platforem, ba dokonce průmyslových standardů v podobě Dolby Atmos či systému TiMax.<sup>5</sup> Sledujeme neustálý rozvoj vědění v oblasti akustické ekologie, archivace a dislokace zvukových krajin, stejně jako kompoziční zájem o terénní nahrávky (Brona 2018), jejichž akustická reprezentace si některé z forem sférické mikrofonie a reprodukce (perifonie) vyžaduje zcela typicky.<sup>6</sup> Nežřídka se takové zvukové záznamy používají jako materiál pro techniku partiturové syntézy, což lze považovat za prostorovou konverzi svého druhu. Pojem partiturové syntézy osvětluje např. Martin Supper (2001), zde máme na mysli zejména široký kontext počítačově podporované kompozice využívající spektrální analýzu nahrávek k algoritmické realizaci zvukové struktury.

Celý kontext v poslední době rozšiřuje aktuální badatelský směr, v němž tradiční představa prostoru a času v hudbě doznává radikální proměny uvnitř tzv. „corpus-based“ zvukových databází – ty umožňují nelineární navigaci napříč velikým množstvím zvukového materiálu na základě jeho spektrálního popisu.<sup>7</sup> Ve všech zmíněných oblastech sledujeme široký kontext uvažování o prostorových aspektech hudební, respektive zvukové kompozice. Níže se však soustředíme na sledování oné výše zmíněné prostorové exprese odehrávající se v napětí mezi sférickou a binaurální reprodukcí a tomu odpovídající poslechové situace.

## 2. Ambisonické a binaurální

Odborné studie z posledních dvou dekad celkem přesvědčivě mapují technologický rámec, v němž dnes tvůrci mohou zacházet s různými koncepty tvarování zvuku v prostoru a čase – od jednodimenzionálních softwarových rozhraní dostupných v každém DAW až po komplexní softwarové

5 Zkratkou DAW označujeme běžně používané slovní spojení Digital Audio Workstation. TiMax je komerčně úspěšný audiosystém stejnojmenné britské firmy zaměřený na komerční instalace vysoce náročných audiosystémů pro veřejná auditoria.

6 Viz např. rozsáhlý eko-akustický projekt italského zvukového designéra Davida Mochacchiho *Fragments of Extinction*.

7 Anglický pojem „corpus“ zde označuje veliké množství zvukových souborů shromážděných do zastřešující databáze. Ta se stává nástrojem audio-navigace uvnitř shromážděného zvukového materiálu. Přehrávání zvukového obsahu se neděje ve vztahu k jednotlivým zvukům, ale napříč celým „databázovým tělem“ (corpus) na základě komplexního spektrálního popisu jeho audio obsahu. Tremblay a kol. 2021.

hardwarové systémy čítající stovky reproduktorů (Peters a kol. 2011, Frank a Sontacchi 2017). Samotná technologická řešení zde však nejsou primárním předmětem zájmu, stejně jako oblast kompozičních strategií primárně orientovaných na svět akusmatické hudby (Smalley 2007, Brümmer 2017, Nyström 2011 a 2017, Kang 2023). Následující výzkum přenositelnosti prostorové exprese jde totiž mnohem hlouběji nejen do přemýšlení o proměnách samotné hudební struktury, ale rovněž do oblasti psychoakustického poslechového testu tematizujícího široký kontext vztahů akusmatické hudby a interpretace za přítomnosti interpretů.<sup>8</sup> Autoři této studie přitom navazují na předchozí studie v publikaci *Zvukoprostor, prostorozvuk* z roku 2018 (Rataj a kol. 2018).

Hudebně kompoziční situace, které jsme pro náš experiment vytvořili, propojují

- historický koncept akusmonia<sup>9</sup> s živou hudební performance,
- koncept živé elektroniky s principy akusmatického redukovaného slyšení<sup>10</sup>,
- materiál terénních nahrávek s budováním nenarativní hudební formy,
- vzájemnou přenositelnost ambisonické poslechové zkušenosti v koncertním sále a privátního binaurálního poslechu.

Cílem poslechového experimentu je prověření několika předpokladů, které se vztahují k přenositelnosti hudebního tvaru mezi veřejným (ambisonickým) a privátním (binaurálním) poslechem. Naznačujeme také některé kompoziční, performativní, zvukově designové a psychoakustické strategie představující soubor praktických tvůrčích podnětů.

### 3. Uvnitř sféry

Rozvoj technologií umožňujících sférické nahrávání zvuku a jeho post-produkční tvarování minimálně od roku 2010 napomáhá rozvoji kultury binaurálního poslechu. Rozdíl mezi sluchátkovým poslechem prostého stereoformátu (2D) a binaurálního mixu jako virtuální zvukové sféry (3D) se zvětšuje úměrně tomu, jak rychle si studiová praxe osvojuje sférickou perspektivu přístupu ke zvukové produkci a postprodukcí. Děje se tak ve všech fázích tvorby od nahrávání zvuků (mikrofonie) přes produkci (kompozice, zvukový design) až po prezentaci finálního díla (mediální distribuce, deliverables).

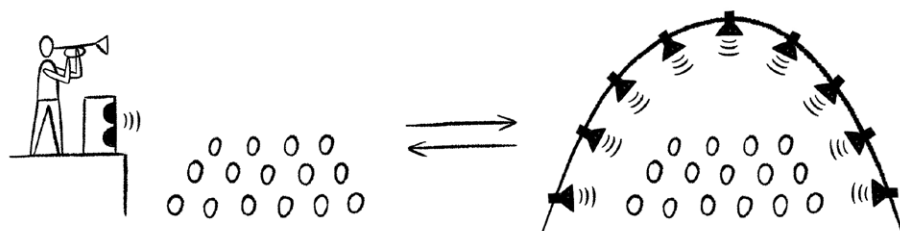
Zažít koncert uprostřed desítek či stovek reproduktorů je stále spíše v kategorii luxusu.

8 Psychoakustika je interdisciplinární vědní obor zabývající se studiem vnímání zvuku. Viz Cook 1999.

9 Pojem „acousmonium“ zavedl v roce 1974 francouzský skladatel Francois Bayle jako označení pro systém pro prostorovou distribuci (akusmatické) hudby za pomoci velkého množství reproduktorů. Často lze rovněž slyšet poetičtější výraz „orchestr reproduktorů“.

10 Pojem redukovaného slyšení zavedl po 2. světové válce a v kontextu rodící se konkrétní hudby skladatel Pierre Schaeffer jako nástroj k mentálnímu oddělení samotného zvuku a jeho zdroje. Ten po zaznamenání zvuku mikrofonom přestává být pro další existenci zaznamenaného zvuku a jeho kompoziční pojednání relevantní. Viz zejm. Chion 2009, 30–32.

Přesto se už dávno nejedná pouze o závistivý pohled do dějin světových výstav (Flašar 2012) či několika slavných reproduktorových koncertních sálů. Různé formy sférického ozvučení rostou jako houby po dešti – úměrně tomu, jak se proměňuje podoba studiové i živé hudební produkce, s tím se rozvíjející zvukové imaginace, a tím pádem i poslechových návyků. Klíčovým aspektem je samotná proměna vztahu mezi hudebníkem / interpretem a jím produkovanou zvukovou realitou. Čím menší je míra identifikace slyšeného zvuku s fyzickou akcí samotného hráče / interpreta, tím méně je relevantní tradiční proscénická orientace koncertu. Mizí-li tato vazba zcela, respektive interpret přestává být na pódiu přítomen (což se děje nezřídka), celková poslechová situace míří zcela přirozeně od kukátkové poslechové situace (zpravidla stereofonní, občas kvadrofonní se zadními reproduktory) do situace sférické s reproduktory umístěnými v horizontále i vertikále *poslechového pole*.<sup>11</sup>



Obr 1. Ilustrace Milan Starý.

Koncertní prostory s velkým množstvím reproduktorů najdeme zpravidla v univerzitních kampusech či experimentálních prostorech, méně často ve veřejných koncertních síních (např. IEM Graz, UC Santa Barbara, CCRMA Stanford University, ZKM Karlsruhe ad., viz Barrett 2016). Stále častěji se však můžeme potkat s různými formami malých ambisonických audiosystémů, které jsou mobilní a mohou být snadno instalovány pro užití v různých koncertních situacích. Autoři této studie mají možnost s podobným systémem experimentovat již od roku 2016 (viz. Trojan 2018). Přemýšlení o přenositelnosti oné prostorové exprese ambisonické reprodukce do zvukových reálií privátního sluchátkového poslechu je tak jen logickým důsledkem tohoto tvůrčího, technologického i estetického směřování.

V řadě situací jsme se jako autoři a interpreti mohli opakovaně přesvědčit, že prostý algoritmizovaný převod surroundové či ambisonické nahrávky do stereofonního či binaurálního formátu (resp. naopak) není uspokojivý a vyžaduje hlubší kompoziční a postprodukční zásahy. Některé z nich jsou technické povahy a vyplývají z teorie ambisonické mikrofonie a reprodukce (Zotter a Frank 2019), resp. teorie a praxe binaurální zvukové produkce.<sup>12</sup> Mnohé

11 Poslechovým polem budeme nadále nazývat celek znějícího prostoru, který může posluchač svým sluchem obsáhnout (analogicky ke sluchovému poli označujícímu zpravidla frekvenční rozsah slyšených zvuků).

12 Zde máme na mysli především konverzní algoritmy převádějící na čistě technické úrovni zvuk z ambisonického záznamu do binaurálního nebo stereofonního, ošetřující s tím spojené ekvalizační a fázové aspekty hudebního signálu, redukující rozměr poslechového pole apod. Viz zejména Blauert 2013.

z nich se však (pro tvůrce podstatně zajímavěji) týkají aspektů kompozičních, a to v širokém slova smyslu. Jde o oblasti polyfonie, instrumentace, dynamiky pohybu zvuku anebo prostorově podmíněné spektrální typologie zvuků.<sup>13</sup> Především touto tvůrčí optikou je níže popsán experiment veden.

#### 4. Vstupní předpoklady a hlavní cíle

Na základě předchozích autorských zkušeností byly zformulovány tři vstupní předpoklady. S jejich vědomím byl sestaven psychoakustický dotazník a také celková struktura poslechového experimentu. Předpoklady nebyly později nijak měněny. V centru jejich zájmu jsou primárně otázky týkající se:

- potenciálu prostorové polyfonie, tj. schopnosti hudebně-informační struktury prostoru,
- prostorové orientace, tedy hledání jemnosti či hrubosti vnitřního prostorového rozlišení<sup>14</sup> poslechového pole a pozice zvuků v něm,
- vlivu přítomnosti či absence živého hudebníka a jeho performanční aktivity na vnímání zvuku v ambisonickém a binaurálním formátu.<sup>15</sup>

Tyto tři oblasti zájmu stojí za třemi níže formulovanými experimentálními předpoklady. Bezprostředně se v nich propojuje světy:

- akusmatické hudby, která buduje dosud neslyšené „zvukoprostory“,
- tradiční instrumentace s technologiemi současného zvukového designu,
- hudební interpretace a současných mediálních a performativních konceptů prostorově-technologické reprezentace zvuku.<sup>16</sup>

##### Předpoklad 1:

Binaurální prostor je z povahy sluchátkového poslechu spojitější než vícevrstevnatý prostor ambisonický.

##### Předpoklad 2:

Binaurální hloubka a šířka poslechového pole má z povahy blízkosti poslechu větší vnitřní rozlišení než podstatně imerzivnější poslechové pole ambisonické.

13 Zde máme na mysli takovou kategorizaci zvuků, která bere především v úvahu proměnu barvy zvuku v závislosti na jeho artikulaci v prostoru – ať už přirozené (terénní nahrávky) či umělé (kompozice). Viz Smalley 1997 a 2007.

14 Prostorovým rozlišením míníme jakousi analogii DPI v počítačové grafice, tj. jak moc lze poslechové pole vnitřně rozčlenit, abychom sluchem byli stále schopni rozeznat rozdíl mezi dvěma sousedícími polohami zvuku? Anebo jak husté musí být takové rozčlenění poslechového pole na diskrétní pozice, abychom pohyb zvuku vnímali plynule?

15 Živý hudebník může být fyzicky přítomný pouze při koncertní ambisonické realizaci. V binaurálním poslechu je však jeho přítomnost zprostředkována nepřímo záznamem zvuku jeho nástroje. Jak níže ukážeme, tento fakt může být zdrojem řady mentálních obrazů, které posluchači nezdídku při binaurálním poslechu popisují.

16 Zde máme na mysli především širokou paletu hudebních technologií, které lze v běžné koncertní situaci využívat pro transformaci zvuku v reálném čase a pro site-specific prostorovou distribuci zvuku.

### Předpoklad 3:

Zvuk živých akustických nástrojů v binaurálním poslechu se spíše pojí se sférickým sluchátkovým prostorem, zatímco v ambisonickém poslechovém poli (a to i s vědomím jejich amplifikace) má tendenci spíše z něj vystupovat (fyzicky / performativně i zvukově).

Poslechový experiment se skládal z pěti fází, během nichž respondenti poslouchali dvě dané kompozice binaurálně ve sluchátkách a živě v ambisonické koncertní situaci. Cílem experimentu bylo potvrdit, anebo vyvrátit tři uvedené předpoklady a na základě statistických i slovních odpovědí respondentů formulovat ve vztahu k tematice sférického a binaurálního poslechu konkrétní kompoziční podněty, které by měly obecnější platnost jako podněty pro umělce pohybující se v dané oblasti tvorby.

## 5. Příprava experimentálního materiálu

Pro účely této studie jsme vyvinuli metodu, která kombinuje reálnou kompoziční praxi s kvantitativním psychoakustickým výzkumem.<sup>17</sup> Nejprve vznikly dvě kompozice pro koncertní realizaci v 16kanálovém mobilním akusmoniu HAMU, *Floating* pro flétnu a live electronics Michala Rataje (ukázka *Floating – binaural*) a *Zvlněné krajiny* Jana Trojana a Romana Zabelova, který je zároveň interpretem sólového akordeonového partu (ukázka *Zvlněné krajiny – binaural*).

Part flétny ve skladbě *Floating* je zakotven v plynulých přechodech mezi zvuky s vysokým obsahem bílého šumu a čistým flétnovým tónem. Bohatá přítomnost vyššího harmonického spektra má zvukově vysoce konkrétní a lokalizovatelný charakter – jedná se tak o jakýsi referenční zvuk pro orientaci v šířce a hloubce prostoru, stejně jako dynamice pohybu. To jsou hlavní důvody pro volbu flétny jakožto nástroje, kolem nějž je patnáctiminutová kompozice vystavěna.

Ve snaze vybudovat prostorově vícevrstevnatou hudební formu byly pro kompozici vybrány především terénní nahrávky včetně lidských hlasů (široký a vzdálený prostor), zvuky hlubokých varhanních píšťal (inverzní barva ve vztahu k flétně) a syntetický zvuk hlubokého bubnu přinášející rytmické impulzy. Paralelně s budováním hloubky prostoru a bohaté spektrální vertikály je celá jedna strukturální vrstva skladby věnována dynamice pohybu jak ve smyslu nepřetržité pomalé rotace zvuků v prostoru, tak časté dislokace zvuku samotné flétny, resp. její zvukově transformované podoby. Jedná se tedy o budování napětí mezi pomalým kontinuálním kruhovým

17 V této souvislosti zmiňujeme výzkum tematizující obdobnou problematiku vztahů mezi ambisonickým a binaurálním poslechem. Jeho premisy se však opět týkají spíše technologických aspektů slyšení prostorového zvuku (Gorbach 2022).



pohybem zvuku a množstvím jeho jednotlivých, spíše hybnějších prostorových výpadů.

Ve skladbě *Zvlněné krajiny* vznikají kompoziční průniky unikátního zvuku speciálně vybaveného akordeonu a herní virtuozity s prostorovou projekcí zvukových krajin. Akordeon osazený elektromagnetickými snímači (Zabelov 2023) vznikl za účelem kompoziční práce s různými koncepty prostorové distribuce zvuku. Osmnáct snímačů je umístěno v bezprostřední blízkosti jazýčků, jejich signál v podobě osmnácti diskrétních audiokanálu pomáhá vytvářet novou zvukově-prostorovou identitu nástroje s charakteristickou barvou.

Virtuozita hry se pojí s polyfonií zvukových krajin a syntetických zvuků. Zadržované harmonie akordeonu se frekvenčně prolínají s rytmickými strukturami šumů upravovaných filtry, jindy jsou dlouhé tóny prolínány krajinami dešťů nebo proměnlivými barvami větru. Na různé zvukové objekty napříč skladbou reagují akcentovaná staccata náhodně rozmístěná v prostoru. Dlouhé plochy jsou statické a vytvářejí podmínky pro imerzní poslech,<sup>18</sup> dynamická artikulace ve vyšších frekvenčních pásmech pak napomáhá výrazné zvukové lokalizaci. Bohatě barevnou kompozici chvílemi projasňuje živý hlas interpreta, radikální proměnu prostorové perspektivy v závěru umožní jemná hra obou autorů prsty na šišky za pomalého odchodu mezi posluchači ven z koncertního sálu.<sup>19</sup>

Obě kompozice byly ke dni experimentu realizovány včetně živé složky také v binaurálním poslechovém formátu, a to zejména na základě předchozí zkušenosti autorů s podobnými formátovými převody. Binaurální realizace obou skladeb (ukázky č. 1 a 2) se uskutečnila jako svébytná studiová produkce se specifickým mixem a při produkci nebyly použity žádné konverzní algoritmy pro převod mezi ambisonickým a binaurálním formátem. Binaurální nahrávka a živý ambisonický poslech obou skladeb se stal materiálem pro srovnávací psychoakustický test, k němuž bylo přizváno 16 respondentů. Těmi byli výhradně aktivní skladatelé, zvukoví designeři, nezávislí hudebníci a producenti, dále pedagogové HAMU a FAMU.<sup>20</sup> Věkové rozpětí respondentů bylo 20–60 let, zúčastnilo se 5 žen a 11 mužů.<sup>21</sup>

18 Pojem *imerze*, *imerzní* chápeme výhradně v jeho fyzickém slova smyslu, tedy pohlující, obklopující, umožňující smyslové ponoření. Širšímu kontextu tohoto pojmu se věnoval ve své disertační práci Tomáš Oramus. Viz Oramus 2022.

19 Jedná se o performativní aspekt, který lze fyzicky sledovat během živého koncertu, na nahrávce je simulován postprodukčně zvuky bližšími a vzdálenějšími.

20 Jádrem respondentů byli akademičtí pracovníci HAMU a FAMU s cílem posílit afilii prováděného výzkumu a zajistit jeho větší relevanci. Respondenti mimo akademickou oblast pocházeli z kruhu nezávislých aktivních hudebníků, divadelníků a hudebních producentů a také pracovníků Českého rozhlasu. Poměr akademických a neakademických respondentů byl 2:1.

21 V průběhu živého koncertu dále zněla v ambisonickém ozvučení ještě třetí kompozice, tato skladba však nebyla předmětem poslechového testu a teprve čeká na svou binaurální podobu.



## 6. Průběh experimentu

Z předpokladů odvozený psychoakustický dotazník svou povahou odpovídal nejlépe typu experimentu, který Daniel J. Levitin nazývá pojmem *Controlled Studies / True Experiments*. Jedná se o typ psychoakustického experimentu, v němž je stabilní skupina respondentů za stejných poslechových podmínek vystavována různým typům akustických impulzů. Snahou je nalézt takové reakce respondentů, které lze nějakým způsobem generalizovat (Levitin 1999). Náš dotazník však nebyl zaměřen na otázky behaviorální, ale primárně kognitivní, respondenti byli především tázáni na to, co slyší a jak to na ně působí. Dotazník byl anonymní a měl pět částí, které se vyplňovaly v pěti fázích poslechového experimentu.

Poslechový test se konal v pátek 21. 10. 2022 od 16 do 21 hodin a byl rozčleněn celkem do pěti částí oddělených nejméně třicetiminutovými přestávkami. Binaurální poslechový test se odehrával hromadně za použití uzavřených studiových sluchátek napojených na centrální playback. Před započítím společného poslechu si respondenti nastavili individuální hlasitost, s níž později nebylo manipulováno. Každý z respondentů měl své určené místo stejné pro úvodní i závěrečnou část binaurálního poslechu. Ambisonický poslech se konal ve stejný den a na stejném místě. Struktura poslechového testu vypadala následovně:

### 1. 16:00–16:30, zácvik posluchačů s předpřipravenými stimuly (dotazník č. 1 – zácvikový test)

Binaurální poslechový zácvik spočívající v poslechu osmi zvukových stimulů, jejichž cílem bylo uvědomit si:

- hloubku binaurálního poslechového pole: zvuky blízké (ukázka 1) a daleké (ukázka 2)
- orientaci zvuku uvnitř poslechového pole: vlevo (ukázka 3), vpředu, vpravo (ukázka 4) a vzadu (ukázka 5)
- dynamiku pohybu: rotace zvuku (ukázka 6)
- polyfonní rozlišení poslechového pole: různé prostorové vrstvy zvuku existující v čase paralelně (ukázka 7).

### 2. 16:30–17:30, binaurální test

Bezprostředně po poslechovém stimulu následoval poslech deseti vybraných úseků z obou skladeb (ukázky 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17), přičemž pět z nich připadlo na skladbu *Floating*, druhých pět na *Zvlněné krajiny*. Ukázky se pravidelně střídaly (nejprve *Zvlněné krajiny*, poté *Floating*). Respondenti vyplňovali první dotazník (dotazník č. 2 – binaural test) během poslechu, respektive individuálně i po něm v závislosti na tom, jak rychle byli schopni na dotazník reagovat.



Obr. 2. Uspořádání ozvučení a míst k sezení v Galerii HAMU. Foto Michal Rataj.

Cílem bylo motivovat posluchače ke specifickému typu slyšení. Poprvé byly tematizovány konkrétní prostorové aspekty zvuku, které byly předmětem našeho zájmu. Zároveň se jednalo o bezprostřední uvedení do zvukového terénu, v němž respondenti strávili několik dalších hodin poslechu.

### 3. 18:00–18:45, ambisonický test

Po třicetiminutové přestávce následovala účast na generální zkoušce koncertu v Galerii HAMU. Průměr ambisonického ozvučení byl přibližně deset metrů, výška elevace čtyři metry (obr. 2). Respondenti vyslechli živou ambisonickou verzi obou skladeb v pořadí *Floating – Zvlněné krajiny*. Při poslechu vyplnili druhý dotazník, v němž se některé otázky opakují, jiné jsou zacílené na specifické podmínky ambisonického poslechu a jeho srovnání s binaurálním (dotazník č. 3 – ambi-test).

V programu zazněla i třetí zmiňovaná kompozice Slavomíra Hoříňky, která ale nebyla předmětem dotazníkového zájmu, na což byli všichni respondenti upozorněni.<sup>22</sup>

### 4. 19:30–20:15, ambisonický re-test

Po další pětáctřicetiminutové přestávce proběhl re-test, respondenti se účastnili koncertu společně s dalšími sedmi desítkami návštěvníků. Nemuseli

22 Pouze v některých případech lze z výsledků dotazníků odečíst, že respondenti na poslech třetí kompozice reagovali, tyto reakce však nadále považujeme za výhradně kontextuální a nejsou předmětem vyhodnocování obou dotazníků z ambisonické fáze experimentu.

sedět na stejných místech, neboť poslechové podmínky se v každém případě proměnily už jen přítomností širšího publika. Změněná kvalita poslechu naopak mohla přispět k identifikaci obecněji platných poslechových skutečností – ostatně nikdo není v běžném životě schopen zopakovat stejnou poslechovou situaci mimo laboratorní podmínky. Respondenti vyplnili třetí dotazník, jehož část opět tematizovala srovnání mezi binaurálním a ambisonickým poslechem (dotazník č. 4 – ambi-re-test).

#### 5. 20:45–21:15, binaurální re-test

Poslední fáze experimentálního poslechu byla re-testem prvního binaurálního poslechu. Jednalo se o sluchátkový poslech dvou předmětných skladeb v plném rozsahu a s vědomím dvou předtím uskutečněných ambisonických poslechů. Záměrně byl zde posílen kontrast mezi dvěma rozdílnými poslechovými situacemi a formáty. Respondenti vyplnili poslední z dotazníků, jehož některé otázky potřeby tematizovaly srovnání mezi binaurálním a ambisonickým poslechem (dotazník č. 5 – binaural re-test).

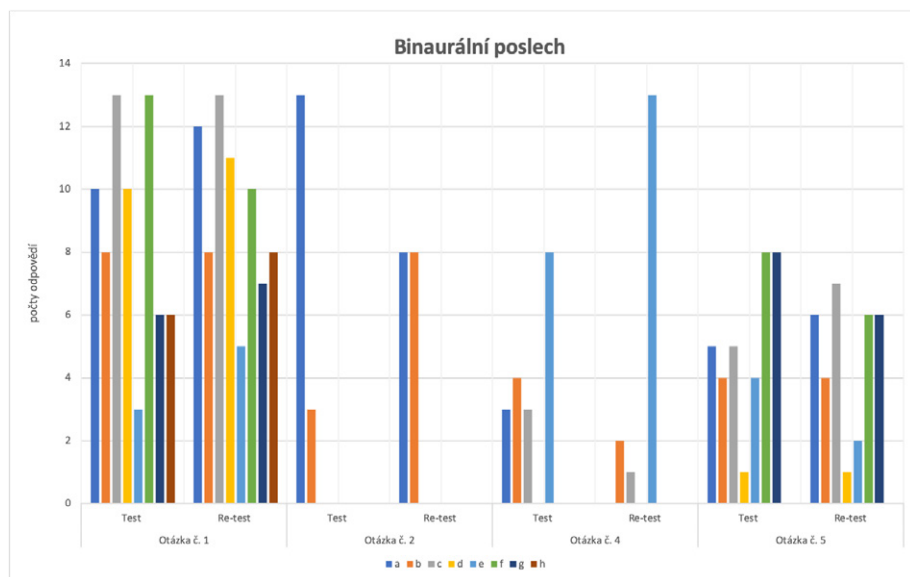
### 7. Vyhodnocení poslechového experimentu

Prvních pět otázek dotazníku se vždy shodovalo. Otázky 1, 2, 4 a 5 byly určeny k přesným, tj. statisticky vyhodnotitelným odpovědím, otázka č. 3 byla určena ke slovnímu popisu. Statistické vyhodnocení jsme provedli nejprve napříč testem a re-testem binaurálního poslechu, poté u poslechu ambisonického a následně jsme provedli vyhodnocení komparovaných výsledků. U statisticky vyhodnotitelných odpovědí uvádíme odpověď zastoupenou nejvíce, při těsném odstupu i druhou nejčastěji užitou odpověď. U každé otázky uvádíme její metodologickou motivaci a vysvětlující komentář k výsledkům. Otázky č. 3 a č. 7 obsahují slovní odpovědi obecnějšího charakteru a jejich vyhodnocení bude provedeno v samotném závěru společně pro oba typy poslechu. Zde je k dispozici kompletní přepis veškerých odpovědí napříč všemi dotazníky a respondenty.

#### 7. 1. Binaurální poslech

*Otázka č. 1:* „Zakroužkujte všechny parametry, které vnímáte, případně doplňte vlastní slovní popis“ – sloužila k uvědomění si obecné povahy poslechového prostoru ve vztahu ke slyšené hudbě.

V *testu* měly stejný počet odpovědí varianty „c) během poslechu vnímám několik zvukových zdrojů různě umístěných v prostoru“, a „f) různorodý zvukový materiál ve skladbách vnímám jako různé vrstvy poslechového prostoru“.



Obr. 3. Graf znázorňující strukturu odpovědí 1–5 z binaurálního poslechu.

*Re-test* vynesl do popředí odpověď „c) během poslechu vnímám několik zvukových zdrojů různě umístěných v prostoru“. V re-testu je na druhém místě nové tvrzení, že „a) poslechový prostor se skládá z vícero odlišných vrstev“.

**Komentář:** Re-testem potvrzená odpověď c) podporuje dlouhodobou zkušenost, totiž že prostor v kompozici může vykazovat výrazné strukturální znaky, a vyzývá tak skladatele k tomu, aby jej chápali jako další relevantní parametr kompozice vedle tradičních kategorií harmonie, melodie, rytmu či barvy (Hoříňka 2018).

**Otázka č. 2:** „Máte pocit, že hudba, kterou posloucháte, pochází z(e)...“ měla za úkol identifikovat fyzický vztah respondenta k poslechovému poli.

V *testu* je nejčastější odpověď „b) z vícero různých míst (např. představme si různé virtuální prostory a v nich různé zdroje zvuku)“. *Re-test* má stejně četné obě možné odpovědi, tj. „a) ze stejného místa, v němž nyní sedíte (např. z jedné místnosti)“ a „b) z vícero různých míst (např. představme si různé virtuální prostory a v nich různé zdroje zvuku)“.

**Komentář:** Autoři se domnívají, že by vyrovnání obou možných odpovědí při re-testu bylo možné zdůvodnit následovně: druhý z binaurálních poslechů odkazoval v myšlenkách či hudební paměti respondentů k předchozímu koncertnímu prostoru ambisonickému. Z některých slovních komentářů<sup>23</sup>

lze však vyčíst poukazování na fyzickou uzavřenost sluchátek (tedy jakýsi akusticky klaustrofobní poslech), ale také konstatování, že ve sluchátkách zní hudba, která vznikla jinde: to je de facto pojmenování akusmatické situace, jak ji známe z dějin musique concrète.<sup>24</sup> Potvrzuje se veliká moc dislokovaného poslechu, respektive existence onoho virtuálního „závěsu“ oddělujícího slyšené od viděného, nezávislé na intenzitě akusmatického redukováného slyšení.

*Otázka č. 4:* „V rámci poslechového prostoru vnímám...“ – statisticky identifikovala základní typologii zvuků ve vztahu k dynamice jejich potenciálního pohybu uvnitř poslechového pole (statické, pohyblivé, blízké, vzdálené, rychle měnící svou polohu).

*Test i re-test* shodně vynesly jako nejčastější odpověď „e) rozlišuji a vnímám rovnocenně všechny varianty“.

*Komentář:* Re-test potvrdil stejnou odpověď nárůstem z 8 na 13 hlasů, s jeho interpretací jsme se jinými slovy vrátili k otázce první. Vznikl jinak formulovaný apel na typologické členění zvuků na základě jejich potenciálu budovat poslechový prostor. Prostorově podmíněná typologie zvuků není hierarchická, ale vytváří rovnoměrnou paletu.

*Otázka č. 5* – „Poslechový prostor na vás převážně působí...“ – se do určité míry vrátila k otázce úvodní a s vědomím předchozích odpovědí na další partikulární otázky se ptala na celkový formální dojem z prostoru jako kognitivního celku.

*Test* uvádí nejčastěji odpovědi „f) jako neohraničený vícevrstevnatý prostor“ a „g) jako vícevrstevnatý prostor, který působí jako jeden kompaktní celek“.

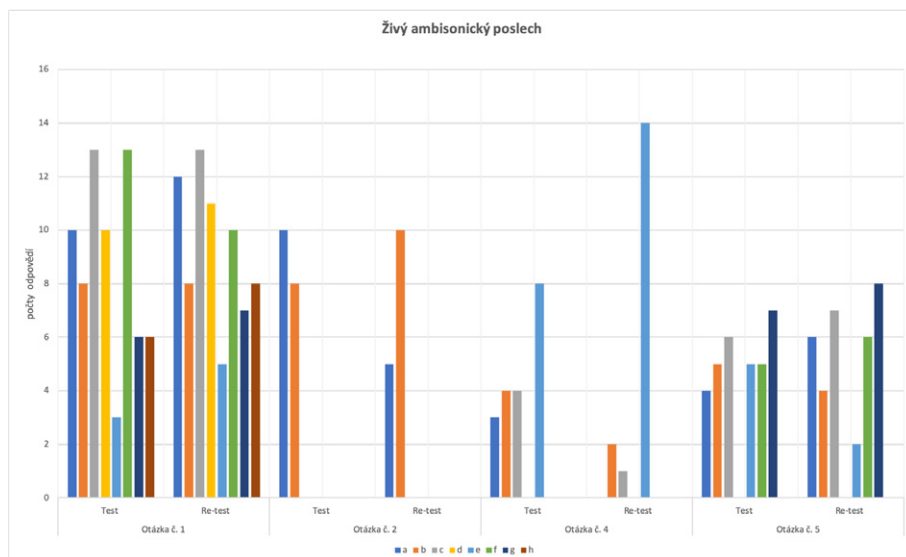
*Re-test* naopak vynesl do popředí odpověď „c) občas jednoduše, občas různorodě“.

Na druhém místě v počtu 6 se shodně umístily tři odpovědi:

„a) homogenně (jednoduše),  
„f) jako neohraničený vícevrstevnatý prostor“,  
„g) jako vícevrstevnatý prostor, který působí jako jeden kompaktní celek“.

*Komentář:* Od testu k re-testu narostla parita mezi homogenností a heterogenností. Jako by to bylo vzájemné napětí obou poloh reprezentující základní princip prostorového kontrastu, který chce být součástí jednoho poslechového prostoru. Tento směr interpretace potvrdily i dva slovní komentáře, které ve vztahu k této otázce uvedl respondent/-ka č. 16:

24 Zde máme na mysli především rámec tzv. akusmatické situace, v níž původce zvuku je vizuálně oddělen od zvuku samotného, který se šíří prostorem a umožňuje vznik praxe výše zmiňovaného redukováného slyšení. Viz zejm. Kane 2016.



Obr. 4. Graf znázorňující strukturu odpovědí 1–5 z ambisonického poslechu.

- cestující zvuky vystupují z prostoru,<sup>25</sup>
- opakovaný binaurální poslech vede k větší jednodlotosti.<sup>26</sup>

Poslední z tvrzení mimo jiné bezprostředně odkazovalo k potvrzení předpokladu č. 3.

## 7. 2. Ambisonický poslech

*Otázka č. 1:* Zakroužkujte všechny parametry, které vnímáte, případně doplňte vlastní slovní popis.

*Test* vynesl do popředí shodně odpovědi „c) během poslechu vnímám několik zvukových zdrojů různě umístěných v prostoru“ a „f) různorodý zvukový materiál ve skladbách vnímám jako různé vrstvy poslechového prostoru“.

*Re-test* přinesl nejčastěji odpověď „c) během poslechu vnímám několik zvukových zdrojů různě umístěných v prostoru“.

*Komentář:* Re-test snížil podíl odpovědi f) ve prospěch odpovědi „a) poslechový prostor se skládá z vícero odlišných vrstev“. Nárůst podílu odpovědi a) v re-testu může hovořit ve prospěch jedné interpretace: strukturální charakter prostoru, který jsme opakovaně identifikovali při binaurálním poslechu, zde dostává vícerozměrný charakter směřující k instrumentační představě

<sup>25</sup> Dotazník 1, otázka 5, respondent 16.

<sup>26</sup> Dotazník 4, otázka 5, respondent 16.

prostoru. Tak jako jedna barva zvuku může být složená z více diskrétních instrumentálních barev, i vjem jednoho prostoru může být tvořen několika současně znějícími diskrétními prostorovými vrstvami. Lze se rovněž domnívat, že větší citlivost vůči rozmístění zvukových zdrojů a existenci vícero zvukových vrstev je způsobena vědomím vlastní fyzické přítomnosti v prostoru a jeho reálných proporcí.

*Otázka č. 2:* Máte pocit, že hudba, kterou posloucháte, pochází:

Zatímco *test* jednoznačně potvrdil většinový dojem, že hudba pochází „a) ze stejného místa, v němž nyní sedíte (např. z jedné místnosti)“, v *re-testu* se respondenti přiklonili naopak k preferenci dojmu, že hudba pochází „b) z vícero různých míst (např. představme si různé virtuální prostory a v nich různé zdroje zvuku)“.

*Komentář:* Domníváme se, že posun v *re-testu* může být způsobený principem tzv. odtělesnění (disembodiment, Harris 2006). Jestliže hudebník sdílí stejný fyzický prostor s posluchačem, celý tento prostor je obklopený reproduktory a nástroj je – byť jen jemně – amplifikován, dojde k situaci, v níž se akustický zvuk nástroje šíří bezprostředně prostorem, ale amplifikovaný zvuk nástroje přichází z reproduktorů. Dochází tak k oddělení technologického zvuku a přirozeného akustického zvuku nástroje. Vzniká dojem prostorového napětí. Totéž lze zažít například i v situaci velkého koncertního prostoru, v němž je hudebník odkázán pouze na amplifikaci a kde zvuk hudebního nástroje přichází ze zcela odlišného místa ve srovnání s fyzickou pozicí interpreta. Takovéto odtělesnění se stává zdrojem „prostorové disonance“.

*Otázka č. 4:* V rámci poslechového prostoru vnímám:

*Test* i *re-test* uvádění shodně jako nejčastější odpověď „e) rozlišuji a vnímám rovnocenně všechny varianty“.

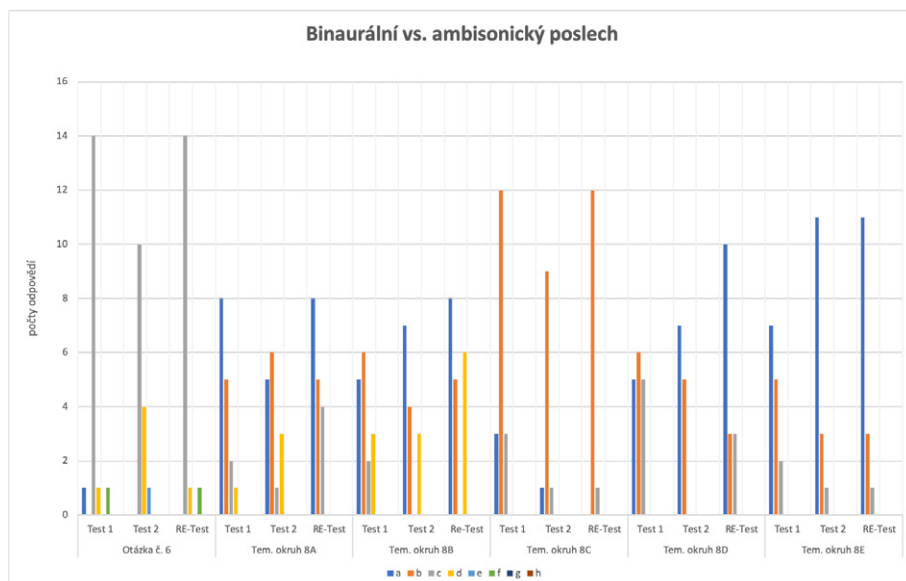
*Komentář:* Čtvrtá otázka potvrdila odpovědi z obou binaurálních poslechů a v *re-testu* dokonce výrazně posílila.

*Otázka č. 5:* Poslechový prostor na vás převážně působí:

*Test* i *re-test* uvádějí shodně jako nejčastější odpověď „g) jako vícevrstevnatý prostor, který působí jako kompaktní celek“. S malým odstupem následuje odpověď „c) občas jednolitě, občas různorodě“.

*Komentář:* Podobně jako při hodnocení binaurálního dotazníku se hodnocení i zde vrací obloukem k první otázce, ovšem na rozdíl od binaurálních odpovědí zde lze pozorovat příklon k „jednotě v rozmanitosti“. Vnitřní prostorová rozmanitost podporuje rámcovou jednotu kompaktního celku, který je zakotven v reálném fyzickém prostoru, jehož byli posluchači součástí.





Obr. 5. Graf znázorňující strukturu odpovědí 6 a 8 napříč třemi testy.

### 7. 3. Srovnávací otázky č. 6–8

Srovnání ambisonického a binaurálního poslechu obou skladeb se neslo napříč třemi poslechovými situacemi. Na první skupinu srovnávacích otázek odpovídali respondenti při prvním ambisonickém poslechu po zkušenosti s předchozím selektivním poslechem binaurálním. Podruhé se tak dělo během druhého ambisonického poslechu – zde je při hodnocení třeba vzít do úvahy fakt, že od prvního poslechu uběhly téměř čtyři hodiny a ambisonická zkušenost předchozího poslechu nutně utlumila prvotní zkušenost binaurální. Naopak třetí (poslední) srovnávací otázky byly vyplňovány během binaurálního poslechu, který následoval bezprostředně po druhém ambisonickém. Tento re-test lze tedy považovat za nejrelevantnější, vyhodnocení se proto bude věnovat nejvíce srovnávání *testu 1* (ambisonického) a *re-testu* binaurálního. Není bez zajímavosti, že vůči subjektivní zkušenosti závěrečného srovnání binaurálního a ambisonického vyjadřovali respondenti silné emoce – několik z nich reflektovalo v osobním rozhovoru po skončení experimentu velmi emotivní překvapení z toho, jak obrovský rozdíl v povaze poslechu vnímali při posledním binaurálním testu v bezprostředním vztahu k předchozímu poslechu ambisonickému.

Jednotlivé fáze vyhodnocení tedy pro účely srovnávací kapitoly označujeme následovně:

*Test 1* = ambisonický poslech na generální zkoušce,

*Test 2* = ambisonický poslech koncertu,

*Re-test* = binaurální poslech bezprostředně po koncertě.

*Otázka č. 6:* „Vyberte variantu, která nejvíce odpovídá vašim pocitům z poslechu přes sluchátka a poté z živého provedení...“ – směřovala k rámcovému kvalitativnímu srovnání, přičemž tematizovala formální povahu prostoru a jeho autenticitu.

V *testu 1* i *re-testu* byla početně shodně, 14krát, označena odpověď „c) poslech přes sluchátka představoval zcela odlišný poslechový prostor než poslech naživo (tj. vnímám dva odlišné poslechové prostory)“.

*Komentář:* Zajímavostí je, že test 2 zvýšil podíl odpovědi „d) poslech přes sluchátka byl stejně autentický/realistický, jako poslech naživo, ale měl trochu jiný výrazový charakter“.

Lze tedy hovořit o jiném výrazovém charakteru při zachování autenticity ve vztahu k živému provedení. Vzhledem k *re-testu* je tato změna dobře vysvětlitelná právě proměnou poslechové zkušenosti během prvního a druhého ambisonického poslechu a zároveň časovým odstupem od prvního binaurálního poslechu. Obecně potvrzuje tato velická shoda v reakcích respondentů fakt, že o u obou situací se jedná o fundamentálně odlišné prostorové reality, jiné „produkční žánry“.

*Otázka č. 8:* V čem je podle vás výrazový charakter poslechového prostoru odlišný, nebo naopak podobný při poslechu přes sluchátka v porovnání s poslechem naživo? – se snažila se strukturovaně postihnout zevrubnější zvukově materiálovou podstatu rozdílů mezi prostorem ambisonickým a binaurálním. V rámci zastřešující otázky rozhodovali respondenti o odpovědích v pěti okruzích tematizujících specifické komparativní aspekty v poli mezi ambisonickým a binaurálním.

*Tematický okruh 8A* vynesl v *testu 1* i *re-testu* do popředí odpověď „a) v živém provedení se oproti poslechu přes sluchátka vytrácejí některé větší zvukové detaily“.

*Komentář:* Naprostá shoda prvního testu a *re-testu* (8 odpovědí) potvrzuje, že blízký sluchátkový poslech umožňuje lepší artikulaci zvukových detailů, zatímco v ambisonickém poslechu a uvnitř reálného akustického prostoru jsou detaily méně výrazné.

Zajímavostí je, že test 2 vynesl do popředí (6krát) druhou z odpovědí, totiž že „b) v živém provedení vynikne více zvukových detailů“. Odpověď a) zvolilo pět respondentů. *Re-test* však naprosto jednoznačně potvrdil poslechový dojem testu 1.

*Tematický okruh 8B* přinesl v *testu 1* jako nejčastější odpověď „b) při poslechu přes sluchátka vnímám bohatší potenciál barevné škály zvuků, hlasitosti a prostorovosti zvuků“, v *re-testu* naopak odpověď „a) v živém provedení vnímám bohatší potenciál barevné škály zvuků, hlasitosti a prostorovosti zvuků“.

*Komentář:* Od testu 1 až po re-test dochází k postupnému nárůstu odpovědi a), v re-testu v počtu 8 hlasů. Zároveň však v re-testu došlo k velikému nárůstu nerozhodnosti volbou odpovědi „d) ani jedno z výše uvedeného“. Z toho lze vyvodit, že přirozenou zvukovou barevnost a dynamičnost akustického prostoru nelze jednoduše nahradit virtuálním sluchátkovým prostorem a zároveň že si v bezprostředním srovnání těchto dvou poslechových situací posluchači uvědomují jejich specifičnost. To se potvrdilo již v otázce 6.

*Tematický okruh 8C* zasahoval do mnohem subjektivnější posluchačské reality a artikuloval rozdílné výrazové vyznění samotné hudby ve vztahu k prostoru. Vynesl shodně v *testu 1* a *re-testu* odpověď „b) v případě poslechu přes sluchátka i naživo nevnímám výrazový charakter skladeb zcela stejně“.

*Komentář:* Re-test koriguje pokles stejné odpovědi v testu 2 oproti testu 1. Zajímavostí byly slovní komentáře identifikující pocitové výrazové rozdíly mezi oběma poslechovými situacemi. Zde jsou klíčové z nich popsány v testu a re-testu u odpovědi b):

- „binaurál – větší cit pro vzdálenost / naživo – větší autentičnost,<sup>27</sup>
- sluchátka – kruhový poslech / naživo – kulový poslech,<sup>28</sup>
- sluchátka – fixní řešení / naživo – vybírám, spolutvořím,<sup>29</sup>
- sluchátka – virtuální, uvnitř hlavy, hyper-realistický prostor, bližší, osobní, zvukově bohatší, halucinace / naživo – zvuky nad hlavou výrazněji oddělené od místa poslechu.<sup>30</sup>“

*Tematický okruh 8D* vynesl v *testu 1* do popředí odpověď „b) v případě poslechu přes sluchátka se detailněji a citlivěji orientuji v poslechovém prostoru“, *re-test* naopak odpověď „a) v případě živého provedení se detailněji a citlivěji orientuji v poslechovém prostoru“.

*Komentář:* V testu 1 se respondenti v počtu 6 přiklonili k dojmu, že se v poslechovém prostoru orientují lépe při binaurálním poslechu (odpověď b). V re-testu ale narostla právě odpověď a). Bezprostřední poslechové srovnání koncertu a následujícího binaurálního poslechu potvrdilo lepší schopnost prostorové orientace ve fyzickém prostoru, jehož „jsme více součástí“ (imerze) a jehož fyzickou realitu jsme schopni lépe pociťovat.

*Tematický okruh 8E* vynesl v *testu i re-testu* do popředí shodně odpověď „a) v případě poslechu přes sluchátka je pocitová šířka a hloubka prostoru menší než při živém provedení“.

27 Dotazník 2, respondent 7.

28 Dotazník 2, respondent 10.

29 Dotazník 2, respondent 13.

30 Formulace napříč respondenty.

*Komentář:* Re-test vykázal nárůst odpovědi a), tj. binaurální poslech bezprostředně realizovaný po živém koncertu potvrzuje pocit menší šířky a hloubky prostoru ve sluchátkách. Mezi poznámkami se opět objevuje poukaz na uzavřenost sluchátek,<sup>31</sup> tedy onen již výše zmíněný „klaustrofobický“ efekt binaurálního prostoru.

#### 7. 4. Shrnutí slovních odpovědí 3 a 7

Otázka č. 3 měla za úkol získat informace o zcela subjektivním vnímání respondenta. Uprostřed bloku prvních pěti otázek hledala potenciální shodu respondentů na materiálové povaze zvuku, respektive jeho typologii, zodpovědné za budování prostorového rozměru poslouchané hudby. Otázka č. 7 hledala potenciální shodu na alespoň některých vysoce individualizovaných a subjektivních pojmech, kterými lze vzájemný rozdíl binaurálního a ambisonického popsat. Slovní odpovědi respondentů jsou velmi subjektivní, individualizované, používají emočně i věcně zabarvené pojmy. Zároveň se však jedná o soubor konkrétních poznatků, které jsou velmi cennými posluchačskými podněty ve vztahu ke kompozičnímu a interpretačnímu utváření obou typů prostorů – veřejného sférického a privátního sluchátkového.

V následující sestavě odpovědí na obě otázky jsou napříč dotazníky vybrána taková vyjádření, která z hlediska významu vykazují vysokou míru opakování výskytu, či dokonce shody.

*Otázka č. 3:* „Popište zvuky, které podle vás vytvářejí šíři a hloubku poslechového prostoru a zvuky, které mají tendenci z prostoru spíše vystupovat či přestávají být jeho homogenní součástí (např. zvuky hlasité, ostré a perkusivní, vzdálené, jemné a tiché, kontinuální či fragmentované, hlasy, hudební nástroje, nahrávky z terénu apod.).“

Vybrané odpovědi:

- zvuky utvářející šíři a hloubku prostoru: „hluboké, kontinuální, statické, tišší, dlouho doznívající, rezonující, terénní nahrávky, pohybem obkreslující celý prostor, krátké zvuky vybuzující prostor“
- zvuky z prostoru vystupující: „pohyblivé / rychle se měnící, fragmentované, suché, hlasité, praskající, perkusivní, šumy, hudební nástroje, hlas, počítačově generované zvuky, mono“

*Otázka č. 7:* „Popište vlastními slovy povahu poslechového prostoru ve sluchátkách a poslechového prostoru v živém provedení.“

31 Dotazník 4: otázka 7 + 8E, respondent 4, podobně otázka 5, respondent 3.

## Vybrané odpovědi:

### Sluchátka:

- „zvukově detailní, výrazné mono zvuky, 2D,
- virtuální, abstraktní, neohraničený, organický, NEobklopující celé tělo,
- menší dynamika a hloubka, invazivní, zmenšující prostor,
- basy ne tak fyzické,
- polyvrstevnatý, pestřejší zvuk,
- intimní, blízký, přilepený na hlavu, uzavřený zvuk, zvuk uvnitř hlavy“

### Živé provedení:

- „méně detailní, vzdálený, fyzický,
- více reálný, autentický, fyzický, obklopující, 3D,
- homogenní, kompaktní, menší vnitřní rozlišení, méně členitý,
- makrostruktura, méně fragmentované zvuky, soustředění v různých směrech,
- větší dynamika, větší prostor, širší, výrazná vertikální dimenze, otevřený,
- separace hudebního nástroje a elektroniky,
- neosobní“

## 8. Vyhodnocení experimentu ve vztahu ke vstupním předpokladům

### 8. 1. Předpoklad 1: Binaurální prostor je z povahy poslechu spojitější než multivrstevnatý prostor ambisonický.

Předpoklad se pokoušel popsat především povahu makroprostorových vztahů. Na potvrzení či vyvrácení tohoto předpokladu se koncentrovala nejvíce otázka č. 5. Binaurální poslech vykazoval v tomto smyslu jistou ambivalentnost (tj. subjektivně vysokou míru spojitosti poslechového prostoru, anebo naopak jeho roztržitost), zatímco ambisonický poslech naprosto jednoznačně podporoval dojem „vícevrstevnatého prostoru působícího jako kompaktní celek“.<sup>32</sup>

Bez zajímavosti však nebyly ani obě odpovědi na otázku č. 2, která řešila prostorový vztah posluchače a znějícího zvuku. Z odpovědi vyplývalo uvědomění, že zvukem hudebních nástrojů při binaurálním poslechu se odkazuje do jiného prostoru. Jinými slovy – zvuk, který posluchač slyší jako součást sluchátkového poslechového pole, vznikl někde jinde. Zvuková spojitost binaurálního poslechu generuje obrazy *mimo* poslechové pole, zatímco heterogenost živého hudebního nástroje v ambisonickém poslechovém poli bere do hry jeho oddělení od zvuku přicházejícího z reproduktorů.

32 Srov. dotazník 2–4, otázka 5, odpověď g).

Srovnávací tematický okruh 8B dále velmi přesvědčivě ukázal „bohatší potenciál barevné škály zvuků, hlasitosti a prostorovosti zvuků“ ambisonického provedení oproti binaurálnímu poslechu. Srovnávací tematický okruh 8D pak toto potvrdil dominancí odpovědi „v případě živého provedení se detailněji a citlivěji orientuji v poslechovém prostoru“.

Odpovědi na srovnávací tematický okruh 8E jasně artikulovaly pocit, že „v případě poslechu přes sluchátka je pocitová šířka a hloubka prostoru menší než při živém provedení“, což implicitně odkazovalo k menší schopnosti vnímat vícevrstevnatost ve sluchátkách.

K dalšímu potvrzení tohoto předpokladu by bylo možné uvést některá opakující se slovní vyjádření jednotlivých respondentů:

- Binaurální prostor je: „detailní, uzavřený, zmenšující, uvnitř hlavy, blízký, opakující se binaurální poslech vede k většímu pocitu jeho jednoduše“,<sup>33</sup>
- Živý prostor je: „separující hudební nástroj a elektroniku, (umožňuje) soustředění v různých směrech“.<sup>34</sup>

Předpoklad 1 byl tedy potvrzen. Podporuje dojem jakési privátnosti, sluchátkového prostoru, který existuje mimo prostor fyzický a má potenciál generovat mentální obrazy mimo sebe sama. Toto privátní akustické uzavření stojí jaksi proti prostorové expanzi budující rozmanité poslechové horizonty a reálnou hloubku prostoru. Naopak podporuje zkušenosti, které máme z kontextu redukováného slyšení, či akusmatické situace, a to navzdory zvuku živého akustického nástroje, který je součástí kompozice. Ambisonické poslechové pole je naopak identifikováno jako prostor vícevrstevnatý, v němž se orientujeme na základě fyzické interakce vlastním poslechem, tj. jsme součástí jeho imerzivní povahy.

## 8. 2. Předpoklad 2: Binaurální hloubka a šířka prostoru má větší vnitřní rozlišení než podstatně více imerzivní ambisonický poslechový prostor.

Poukazem na vnitřní rozlišení byla myšlena schopnost lidského ucha rozlišovat větší množství diskrétních pozic v prostoru ve všech směrech. Jestliže první předpoklad odkazoval více k makrostruktuře prostorového obrazu, respektive jeho existenci v čase, druhý se vztahoval naopak k mikrostruktuře prostoru, schopnosti skladatele jej tvarovat a schopnosti lidského ucha jej vnímat.

Na ověření této premisy zcela přímo mířil srovnávací tematický okruh 8A, z nějž naprosto jasně vyplynulo, že pro většinu respondentů se „v živém

33 Srov. kap. 7.4.

34 *Tamtéž.*

provedení oproti poslechu přes sluchátka vytrácejí některé větší zvukové detaily“.<sup>35</sup> Zároveň se ale ukázalo, že formulace druhého předpokladu byla v něčem zavádějící, neboť předpokládala, že existence většího vnitřního prostorového rozlišení v binaurálním prostoru bude zároveň znamenat vytvoření intenzivnějšího prostorového dojmu oproti živému poslechu. Ukázalo se, že je to přesně naopak.

Přesvědčivý výsledek srovnání v tematickém okruhu 8B říká, že „v živém provedení vnímám bohatší potenciál barevné škály zvuků, hlasitosti a prostorovosti zvuků“;<sup>36</sup> v tematickém okruhu 8E dále že „v případě poslechu přes sluchátka je pocitová šířka a hloubka prostoru menší než při živém provedení“.<sup>37</sup> Srovnání v tematickém okruhu 8C tuto tezi rámcově podpořilo, a to včetně konkrétních individuálních slovních popisů: „přestože v binaurálním poslechu mám větší cit pro vzdálenost, vnímám hyper-realismus, bližší a bohatší zvuk, živý poslech vykazuje větší autenticitu, kreativnější vtažení posluchače, lepší vnímání prostorové vertikály“.<sup>38</sup>

V podobném duchu podporují tento paradoxní rozdíl slovní vyjádření z otázky č. 7:

binaurální poslech je „zvukově detailní, pestřejší, blízký, 2D“;<sup>39</sup> zatímco ambisonický zvuk je „méně detailní a vzdálený, má menší vnitřní rozlišení, ale je fyzický, obklopující, 3D, více reálný, autentický, představuje makrostrukturu, je méně fragmentovaný, má větší dynamiku a prostor, je širší a otevřený“.<sup>40</sup>

Odpovědi na samostatnou otázku č. 5 ukázaly na podobný paradox ještě odjinud. Zatímco povaha prostoru při binaurálním poslechu vykazovala znaky heterogenity (v re-testu působil prostor „občas jednotlivo, občas různorodě“, autoři se domnívají, že to lze chápat jako důsledek blízkého poslechu, a tudíž větší vnitřní srozumitelnosti kompozičně prostorové mikrostruktury), při ambisonickém poslechu dominoval pocit „vícevrstevnatého prostoru, který působí jako kompaktní celek“.

Předpoklad č. 2 tedy nelze v plném rozsahu potvrdit. Zdá se ale, že pokusem o jeho potvrzení byl získán velmi cenný poznatek: schopnost detailně kompozičně tvarovat vícevrstevnatý binaurální prostor nemusí automaticky nutně vést k přesvědčivému vybudování prostorového pocitu při samotném poslechu. Naopak právě příliš detailní mikrostruktura poslouchaná nablízko v uzavřeném sluchátkovém poslechu může umenšit dynamiku, šířku a hloubku výsledného poslechového pole a podepíše se pod jeho fragmentarizaci a heterogenitu.

35 Srov. dotazníky 2–4, otázka 8, tematický okruh 8A, odpověď a).

36 Srov. dotazníky 2–4, otázka 8, tematický okruh 8B, odpověď a).

37 Srov. Dotazníky 2–4, otázka 8, tematický okruh 8E, odpověď a).

38 Srov. kap. 7.3.

39 Srov. kap. 7.4.

40 *Tamtéž.*



Vědomí tohoto prostorově-reprodukčního paradoxu může být nesmírně cenným nástrojem pro každého skladatele, který se ocitne v těchto daných prostorově-tvůrčích realitách.

8. 3. Předpoklad 3: Zvuk živých akustických nástrojů v binaurálním poslechu se spíše pojí se sférickým sluchátkovým prostorem, zatímco v ambisonickém poslechovém poli (a to i s vědomím jejich amplifikace) má tendenci spíše vystupovat (fyzicky / performativně, i zvukově).

Poslední předpoklad se snažil vzít do úvahy existenci akustického nástroje (hlasu) a jeho interpreta a hledat odpovědi na to, jakým způsobem se podílí na proměnách vnímání prostoru zejména s ohledem na vztah akustického nástroje a elektroakustického zvuku.

Relevanci posledního předpokladu podpořilo několik zjištěných skutečností. Byly to především obě odpovědi na otázku č. 2., která se ptala na prostorovou orientaci v poslechovém poli – odkud zní hudba, kterou slyšíme. V obou odpovědích se respondenti v různých konfiguracích přiklonili k pocitu, že hudba „pochází z vícero různých míst“. Zdrojem tohoto pocitu se zdá být právě existence živého hudebního nástroje, resp. interpreta. V binaurálním případě to byl zjevně odkaz na nepřítomného živého hráče, kterého posluchači slyšeli, ale neviděli. V případě ambisonické reprodukce to byla větší či menší disproporce mezi akustickým zvukem a s ním spojeným fyzickým gestem hráče na straně jedné a amplifikovaným či technologicky transformovaným zvukem na straně druhé.

Jádro třetího předpokladu bylo přímo potvrzeno konkrétními slovními popisy respondentů z otázek 3 a 7. Poukazovali v nich na různé parametry existence živých hudebních nástrojů v poslechovém poli, zejména na to, že:

- zvuk hudebních nástrojů a hlasu z prostoru vystupují (na rozdíl od jiných zvuků, které naopak prostor konstituují),
- ambisonická reprodukce napomáhá separaci hudebních nástrojů a elektroniky.

Znalosti o dějinách akusmatické hudby a specializační praxe v tomto smyslu pomáhají pochopit referenční vztahy, které živý hudebník v dané situaci spoluutváří. Zároveň se však experiment pohyboval daleko za hranici akusmatické hudební tradice a pokoušel se znovu promýšlet nové skutečnosti ve vztazích mezi výsostně technologickou či mediální reprezentací zvuku na straně jedné a tradiční hudební interpretací či performance na straně druhé. Ty vztahy jsou totiž platné v malém měřítku experimentálního koncertu, privátního sluchátkového poslechu, stejně jako na velkém pódiu s libovolnou orientací publika vůči pódiu.

## 9. Závěr

Vytvoření dvou skladeb pro sólové nástroje s živou elektronikou se stalo rámcem pro poslechový experiment v kruhu šestnácti posluchačů / respondentů. Ti hledali metodou psychoakustického dotazníku odpovědi na otázky týkající se přenositelnosti prostorové exprese napříč dvěma formáty její prostorové reprodukce. Výsledky experimentu nejen potvrdily, respektive umožnily korigovat vstupní předpoklady, ale zejména poskytly řadu dalších poznatků, které mohou sloužit skladatelům, intermediálním umělcům a zvukovým designerům v situacích, kdy jejich tvorba (stále častěji) putuje napříč reálnými či virtuálními prostory.

Experimentální poslech v první řadě podpořil dlouhodobě pozorovanou a ověřovanou skutečnost, že „prostor“ jako hudebně strukturální parametr stojí z hlediska kompoziční práce plnohodnotně vedle harmonie, rytmu a melodie a vyžaduje dedikovaný tvůrčí respekt. Vezmeme-li v úvahu polyfonní potenciál tradičních hudebních parametrů (melodie, harmonie, rytmus, barva), atribut prostoru mezi ně určitě patří, zejména výrazně v kontextu ambisonické (perifonické) poslechové situace. Vede nás k tvůrčímu přemýšlení o instrumentaci – nikoliv však ve vztahu k hudebním nástrojům, ale prostoru jako takovému, ať už fyzickému, nebo virtuálnímu. Tak jako výsledná barva vnímaného zvuku může být složená z více diskrétních, současně znějících instrumentálních barev, i pocit jednoho prostoru může být tvořen více diskrétně existujícími vrstvami zvuku v prostoru. Prostorově podmíněná typologie zvukového materiálu přitom není hierarchická, ale vytváří rovnoměrnou paletu.

Oba analyzované typy prostorové kompozice, reprodukce a poslechu reprezentují svébytný tvůrčí žánr, který lze jen obtížně nahlížet pouze optikou technologie, respektive počítačových algoritmů. Podobně jako audiovizuální dílo zpravidla vzniká jiným způsobem pro prezentaci v kině a na internetu, i binaurální dílo představuje jiné nároky na kompoziční a interpretační strategie než komponování pro sférický systém živé reprodukce.

Konkrétně je třeba vzít v potaz prostorově podmíněnou typologii zvukového materiálu, jak ji ve vztahu k binaurálnímu a ambisonickému poslechovému poli označila skupina respondentů. Týká se zvuků, které ze své podstaty utvářejí šíři a hloubku prostoru: „hluboké, kontinuální, statické, tišší, rezonující, terénní nahrávky, pohybem obkreslující celý prostor, krátké zvuky vybudující prostor“. Na druhé straně pak jsou jiné, které z prostoru spíše vystupují: „pohyblivé / rychle se měnící, fragmentované, suché, hlasité, praskající, perkusivní, šumy, hudební nástroje, hlas, počítačově generované a mono zvuky“.

Podobně lze povahu binaurálního poslechového pole vnímat optikou zcela jiných kognitivních postojů než povahu živého poslechového pole ambisonického. Ono *binaurální* popisují pojmy jako:

„zvukově detailní, s výraznými mono zvuky, 2D, virtuální, abstraktní, neohraničený, organický, NEobklopující celé tělo, s menší dynamikou a hloubkou, invazivní, zmenšující prostor, s ne tak fyzickými basy, polyvrstevnatý, intimní, blízký, přilepený na hlavu, uzavřený, zvuk uvnitř hlavy“.

Ambisonický poslech je naopak popisován pojmy jako:

„méně detailní, vzdálený, fyzický, více reálný, autentický, obklopující, 3D, homogenní, s menším vnitřním rozlišením, makrostruktura, s méně fragmentovanými zvuky, umožňující soustředění v různých směrech, s větší dynamikou, větší prostor, širší, s výraznou vertikální dimenzí, otevřený, separující hudební nástroj a elektroniku, neosobní“.

Binaurální poslechové pole je pocitově spjitější, uzavřené, intimní, virtuální, často klaustrofobní – to zejména v situacích, kdy se před binaurálním uzavřením můžeme „nadechnout“ velkého trojdimenzionálního prostoru sférického.

Binaurální prostor umožňuje zároveň skladateli zacílit na podstatně větší strukturální detaily, které mají naopak tendenci se ve sférickém poslechu koncertního sálu vytrácet. Paradoxně však lepší kontrola nad binaurální mikrostrukturou neznamena docílení přesvědčivější prostorové exprese. Naopak – vyšší vnitřní rozlišení binaurálního poslechového pole způsobené bližším sluchátkových poslechem má v důsledku tendenci prostorovou expresi spíše oslabovat. Naopak živý ambisonický poslech umožňuje díky nesrovnatelně vyššímu imerznímu potenciálu vnímat větší hloubku prostoru, jeho vícevrstevnatost, a tudíž lepší barevnou, dynamickou a zvukově typologickou orientaci ve vztahu k prostoru.

Živý hudebník, respektive zvuk hlasu, či akustického hudebního nástroje vytváří v kontextu technologicky transformovaného a prostorově distribuovaného zvuku mocnou síť řady externích referencí. Ty jsou právě typicky prostorového charakteru. Poslech hudebního nástroje v binaurálním prostoru způsobuje referenční odkazy do jiných prostor mimo sluchátka samotná. Vnímání živého hudebníka uvnitř sférické sestavy reproduktorů může vytvářet „prostorovou disonanci“ v napětí mezi zvukem přicházejícím z reproduktorů na straně jedné a konkrétním místem hudební performance na straně druhé. Čím méně jsme schopni audiovizuálně propojit fyzické gesto hudebníka s reálně slyšeným zvukem, tím více chceme vnímat akustickou realitu ambisonické kupole jako dominantní, nezávislou na přítomnosti hudebního nástroje či hlasu. Ty naopak díky své reálné akustické přítomnosti sférické reprodukci unikají, vystupují z ní.

Rámcem popsaného experimentu je beze sporu spíše komorní povahy, má ale podstatně širší platnost a jeho zjištění lze dobře přenést i do realit velkého koncertního nebo divadelního pódia s libovolnou orientací publika vůči

pódium. Získané podněty osvětlují konkrétní kompoziční a interpretační strategie, které lze brát v úvahu při koncipování architektury hudebního díla ve vztahu k oběma typům poslechových polí (ambisonického, binaurálního).

*Tento výzkum se koná v rámci projektu „Zvuková imerze veřejného a privátního zvukového prostoru“, podpořeného z prostředků Institucionální podpory na dlouhodobý koncepční rozvoj výzkumné organizace, kterou AMU poskytlo MŠMT v roce 2023. Naše poděkování patří Dr. Zdeňkovi Otčenáškově (MARC HAMU).*

Michal Rataj

Hudební skladatel, producent, vysokoškolský pedagog. Vystudoval muzikologii a skladbu u Ivana Kurze a Milana Slavického a absolvoval studijní pobyty ve Velké Británii, Německu a USA. Jako skladatel se věnuje elektroakustické a instrumentální hudbě. Koncertně vystupuje v Evropě a v USA a vede domácí i mezinárodní workshopy a masterclasses. Jako autor filmové hudby se od roku 2001 podílel na realizaci několika desítek hraných a dokumentárních filmů a TV seriálů. Pracoval jako hudební režisér a producent v Českém rozhlase a je autorem desítek zvukových realizací rozhlasových her. V letech 2003–2022 byl producentem pořadu Radioateliér zaměřeného na progresivní formy současných akustických umění. Je pedagogem Katedry skladby HAMU v Praze a NYU Prague.

michal.rataj@hamu.cz

Jan Trojan

Vystudoval skladbu na Konzervatoři v Teplicích a Hudební a taneční fakultě AMU, kde v roce 2012 úspěšně obhájil disertační práci s názvem „Akustická ekologie a soundscape“. Absolvoval stáž na Universität der Künste v Berlíně (2011–2012). V letech 2015–2016 získal Fulbright-Masarykovo stipendium na Center for New Music and Audio Technologies, University of California, Berkeley. Působí jako hudební režisér a zvukový designér v Českém rozhlase a jako asistent na Katedře skladby HAMU se zaměřením na elektroakustickou hudbu a akustickou ekologii.

jan.trojan@hamu.cz

Slavomír Hořinka

Skladatel a vysokoškolský pedagog. Vystudoval housle na Konzervatoři Pardubice a skladbu na HAMU, kde od roku 2006 působí jako pedagog. Jeho skladby jsou pravidelně uváděny předními interprety na domácích i zahraničních pódiích. Vedle své kompoziční a akademické dráhy se věnuje práci s dětmi (formou kolektivních workshopů zaměřených na rozvoj slyšení a tvoření, individuální výukou kompozice od raného věku).

slavomir.horinka@hamu.cz

## Soňa Vetchá

Je absolventkou doktorského studia u Slavomíra Hořinky a Zdeňka Otčenáška na HAMU v Praze. V rámci doktorského studia se zabývala psychoakustickými experimenty se stimuly, při jejichž poslechu dochází ke vzniku sluchové iluze. S výsledky těchto experimentů dále kompozičně pracuje ve svých skladbách. Je členkou sdružení KONVERGENCE a Umělecké besedy. Její skladby jsou uváděny na mezinárodních festivalech a koncertech soudobé hudby (Česká republika, Slovensko, Belgie, Švédsko, Spojené státy americké, Hongkong, Itálie, Portugalsko, Malajsie ad.) Mezi její významná ocenění patří 1. cena v mezinárodní skladatelské soutěži GENERACE, 2. místo v mezinárodní soutěži doktorandů Ivan Juritz Prize či cena OSA za nejúspěšnějšího mladého autora do 30 let.  
sona.vetcha@seznam.cz

## Abstrakt

Článek sumarizuje nové poznatky skupiny badatelů, kteří se v průběhu dvou let snažili experimentálně zabývat tématem přenositelnosti akustických prostorů. V centru jejich pozornosti je specifický vztah hudby a prostoru – především pak přenos poslechové zkušenosti z ambisonické distribuce prostorového zvuku do binaurální, sluchátkové. Příspěvek se zabývá nejen tím, jak jinak dílo v obou situacích zní, ale především co je třeba udělat, aby byla v obou situacích zachována požadovaná prostorová exprese. Tímto pojmem – analogicky k ostatním hudebním parametrům jako melodie, rytmus, dynamika, barva – označují takové kompoziční a interpretační techniky v hudbě, jejichž funkcí je výrazové tvarování zvuku ve fyzickém či virtuálním prostoru. O problematice uvažují z pohledu kompozičního a hledají primárně tvůrčí řešení. Vytvoření dvou skladeb pro sólové nástroje s živou elektronikou se stalo rámcem pro poslechový experiment v kruhu šestnácti respondentů. Ti poskytovali metodou psychoakustického dotazníku odpovědi na otázky týkající se přenositelnosti prostorové exprese napříč dvěma formáty její prostorové reprodukce. Výsledky experimentu korigují vstupní předpoklady týkající se psychoakustické povahy ambisonického a binaurálního prostoru. Zejména poskytly řadu konkrétních poznatků, které mohou sloužit skladatelům, intermedialním umělcům a zvukovým designerům v situacích, kdy jejich tvorba (stále častěji) putuje napříč reálnými či virtuálními prostory.

Klíčová slova: hudební vnímání, prostorová exprese, poslechová zkušenost, ambisonický, binaurální, akusmatický, redukované slyšení, psychoakustický experiment

## Abstract

The paper summarizes new findings of a group of researchers who have been experimentally investigating the topic of the portability of acoustic spaces over a period of two years. Their focus is on the specific relationship between music and space – in particular, the transfer of the listening experience from an ambisonic distribution of spatial sound to a binaural. This paper examines not only how differently the work sounds in both situations, but more importantly what needs to be done to maintain the desired spatial expression in both situations. This term – analogous to other musical parameters such as melody, rhythm, dynamics, and timbre – designates those compositional and performance techniques in music whose function is to expressively shape sound in physical or virtual space. The authors think of problems from a compositional perspective and seek primarily creative solutions. The creation of two compositions for solo instruments with live electronics became the framework for a listening experiment in a circle of sixteen respondents. They used the method of a psychoacoustic questionnaire to seek answers to questions about the portability of spatial expression across the two formats of its spatial reproduction. The results of the experiment not only confirm or correct initial assumptions regarding the psychoacoustic nature of ambisonic and binaural space. In particular, they have provided a number of concrete insights that can serve composers, intermedia artists and sound designers in situations where their work (increasingly) travels across real or virtual spaces.

**Key words:** music cognition, spatial expression, listening experience, ambisonic, binaural, acousmatic, reduced listening, psychoacoustic experiment

## Seznam zdrojů

Barrett, Natasha. 2016. „A Musical Journey towards Permanent High-Density Loudspeaker Arrays.“ *Computer Music Journal* 40 (4): 35–46. DOI: [https://doi.org/10.1162/COMJ\\_a\\_00381](https://doi.org/10.1162/COMJ_a_00381).

Blauert, Jens, ed. 2013. *The Technology of Binaural Listening*. Berlin a Heidelberg: Springer.

Cook, Perry R., ed. 1999. *Music, Cognition, and Computerized Sound*. Cambridge, MS: The MIT Press.

Bosman, Isak de Villiers a kol. 2023. „The Effect of Audio on the Experience in Virtual Reality: a Scoping Review.“ *Behaviour & Information Technology*. 2. ledna, 2023. DOI: 10.1080/0144929X.2022.2158371.

Brümmer, Ludger. 2017. „Composition and Perception in Spatial Audio.“ *Computer Music Journal* 41 (1): 46–60. DOI: [https://doi.org/10.1162/COMJ\\_a\\_00402](https://doi.org/10.1162/COMJ_a_00402).

Flašar, Martin. 2012. *Poème électronique (1958): Le Corbusier, E. Varèse, I. Xenakis*. Brno: Masarykova univerzita.

Frank, Matthias a Alois Sontacchi. 2017. „Case Study on Ambisonics for Multi-Venue and Multi-Target Concerts and Broadcasts.“ *JAES* 65 (9): 749–756. DOI: 10.17743/jaes.2017.0026.

Gorbach, Thomas a Enrique Mendoza Mejia. Nd. „The Hybrid Audio Diffusion System (HADS) as a Tool for the Development of the Virtual Vienna Acousmonium.“ *The Acousmatic Project*. Navštíveno 31. května, 2023. <https://theacousmaticproject.at/the-virtual-vienna-acousmonium/?lang=en>.

Harris, Yolande. 2006. „Inside-Out Instrument.“ *Contemporary Music Review* 25 (1–2): 151–162. DOI: 10.1080/07494460600647618.

Hořinka, Slavomír. „Hudba v prostoru, prostor v hudbě.“ 2018. In Michal Rataj a kol. *Zvukoprostor, prostorozvuk*, 19–141. Praha: NAMU.

Chion, Michel. Nd. „Guide To Sound Objects.“ Přeložili John Dack a Christine North. *EARS*. Navštíveno 31. května, 2023. <http://ears.huma-num.fr/onlinePublications.html>.

Kane, Brian. 2016. *Sound Unseen. Acousmatic Sound in Theory and Practice*. New York: Oxford University Press.

Kang, Ji Youn. 2023. „Sound Spatialization in Live Electronic Music.“ *Research Catalogue*, 5. února, 2023. <https://www.researchcatalogue.net/view/1441817/1464267>.

Levitin, Daniel J. 1999. „Experimental Design in Psychoacoustic Research.“ In Perry R. Cook, ed. *Music, Cognition, and Computerized Sound*, 216–227. Cambridge, MS: The MIT Press.

Lord, Jocelyne. 2022. „The Phenomenal Rise of Periphonic Record Production.“ Disertační práce, London: University of West London. <http://repository.uwl.ac.uk/id/eprint/8998/>.

Martin, Brona. 2018. „Soundscape Composition: Enhancing our Understanding of Changing Soundscapes.“ *Organised Sound* 23(1): 20–28. DOI:10.1017/S1355771817000243.

Nyström, Erik. 2011. „Textons and the Propagation of Space in Acousmatic Music.“ *Organised Sound* 16(1): 14–26. DOI:10.1017/



S1355771810000397.

— 2017. „Morphology of the Amorphous: Spatial Texture, Motion and Words.“ *Organised Sound* 22(3): 336–344. DOI:10.1017/S1355771817000498.

Oramus, Tomáš. 2022. „Vliv zvuku na vnímání audiovizuálního díla.“ Disertační práce, Praha: FAMU.

Peters, Nils a kol. 2011. „Current Technologies and Compositional Practices for Spatialization: A Qualitative and Quantitative Analysis.“ *Computer Music Journal* 35 (1): 10–27. DOI: [https://doi.org/10.1162/COMJ\\_a\\_00037](https://doi.org/10.1162/COMJ_a_00037).

Philpott, Carolyn. 2018. „Promoting Environmental Awareness through Context-based Composition.“ *Organised Sound* 23(1): 39–50. DOI: 10.1017/S1355771817000267.

Rataj, Michal a kol. 2018. *Zvukoprostor, prostorozvuk*. Praha: NAMU.

Schumacher, Federico a kol. 2021. „Perceptual Recognition of Sound Trajectories in Space.“ *Computer Music Journal* 45 (1): 39–54. DOI: [https://doi.org/10.1162/comj\\_a\\_00593](https://doi.org/10.1162/comj_a_00593).

Smalley, Denis. 1997. „Spectromorphology: Explaining Sound-shapes.“ *Organised Sound* 2 (2): 107–126.

— 2007. „Space-form and the Acousmatic Image.“ *Organised Sound* 12(1): 35–58.

Supper, Martin. 2001. „A Few Remarks on Algorithmic Composition.“ *Computer Music Journal* 25(1): 48–53.

Tremblay, Pierre Alexandre, Gerard Roma a Owen Green. 2021. „Enabling Programmatic Data Mining as Musicking: The Fluid Corpus Manipulation Toolkit.“ *Computer Music Journal* 45(2): 9–23. DOI: [https://doi.org/10.1162/comj\\_a\\_00600](https://doi.org/10.1162/comj_a_00600).

Trojan, Jan. 2018. „Augmentace zvukové reality.“ In Michal Rataj a kol. *Zvukoprostor, prostorozvuk*, 183–214. Praha: NAMU.

Zabelov, Roman. 2022. „Konstrukce elektromechanického akordeonu a možnosti jeho využití v kompoziční tvorbě.“ *Živá hudba*, 13, 4–30.

Zotter, Franz a Matthias Frank. 2019. *Ambisonics. A Practical 3D Audio Theory for Recording, Studio Production, Sound Reinforcement, and Virtual Reality*. Cham: Springer.